

CAIO DANTAS GREGOLIS

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE *LEAN CONSTRUCTION* EM UM
EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL**

São Paulo

2020

CAIO DANTAS GREGOLIS

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE *LEAN CONSTRUCTION* EM UM
EMPREENHIMENTO RESIDENCIAL**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Especialista em
Gestão de Projetos na Construção

Orientador:
Prof. Roberto Mingroni

São Paulo
2020

Catálogo-na-Publicação

Gregolis, Caio

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE LEAN CONSTRUCTION EM UM
EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL / C. Gregolis -- São Paulo, 2020.

161 p.

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) - Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.Construção Civil 2.Construção Enxuta 3.Linhas de Balanço 4.Mapeamento
de Fluxo de Valor 5.Last Planner System I.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Poli-Integra II.t.

DEDICATÓRIA

Dedico esta Monografia, em primeiro lugar, a Deus, por estar onde quer que eu vá, a todos os membros de minha família, que sempre me deram e me dão total suporte para a realização de meus sonhos, especialmente ao meu pai José Nilson, minha mãe Ivanda Maria e minha irmã Mayara, a todos os meus amigos que me deram todo apoio durante esta jornada e ao meu orientador, Professor Roberto Mingroni, pelo tempo dedicado e ensinamentos passados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por me presentear com minha Família e com a oportunidade de poder estudar, fazendo isto ao lado de pessoas especiais.

Agradeço aos meus pais e a minha irmã por sempre estarem ao meu lado, independente de quaisquer circunstâncias, sempre me dando total apoio com muito amor e carinho.

Agradeço aos meus amigos e a minha turma deste curso de Pós-Graduação pelos momentos de união ao longo deste curso.

Agradeço ao meu orientador pela paciência e excelente orientação, sempre muito atenciosa e rica em conhecimentos.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma proposta para implantação de *Lean Construction* em um empreendimento residencial, que poderá ser utilizada em empreendimentos futuros e por outras empresas, através da aplicação dos conceitos do pensamento enxuto e empregando as ferramentas pertinentes. Para a proposta, foram utilizadas as ferramentas (ou técnicas) de Linhas de Balanço (LB), Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e o *Last Planner System* (LPS). Todas estas ferramentas foram relacionadas ao conceito de planejamento, permitindo explicitar os potenciais impactos de suas utilizações, como a redução do prazo de execução do empreendimento em três cenários distintos, a redução do *lead time* da atividade de contrapiso e simular o gerenciamento em três níveis (longo, médio e curto prazos). O objeto do estudo de caso compreendeu um empreendimento residencial vertical (edifício) com alto número de atividades repetitivas, no qual também foram identificadas práticas *lean* e práticas não *lean* por meio de visitas ao empreendimento e conversas com o Engenheiro responsável.

Palavras chaves: Construção Enxuta. Construção Civil. Linhas de Balanço. Mapeamento de Fluxo de Valor. *Last Planner System*. Sistema Toyota de Produção. Produção Enxuta.

ABSTRACT

The main objective of this research is present a proposal for the implementation of Lean Construction in a residential building, that will be able to be used in future enterprises and by other companies, through the application of the concepts of lean thinking and employing the relevant tools. For the proposal were used the tools (or techniques) of Lines of Balance (LB), Value Stream Mapping (MFV) and the Last Planner System (LPS). All these tools were related to the concept of planning, allowing to explain the potential impacts of its uses, such as the reduction of the execution time of the building in three different scenarios, the reduction of the lead time of the activity of screed production and simulate management at three levels (long, medium and short term). The object of the case study comprised a vertical residential building with a high number of repetitive activities, in which lean practices and non-lean practices were also identified through visits to the enterprise and conversations with the responsible Engineer.

Key words: *Lean Construction. Civil Construction. Lines of Balance. Value Stream Mapping. Last Planner System. Toyota Production System. Lean Production.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa da Toyota.....	25
Figura 2 - Compreensão da proporcionalidade entre desperdícios e trabalhos	26
Figura 3 - Exemplo de cartão kanban	30
Figura 4 - Os 4P's do Modelo Toyota.....	41
Figura 5 - Visão convencional da produção em processos de conversão.....	45
Figura 6 - Fluxo de processos da produção	46
Figura 7 - Melhoria de desempenho em três visões.....	47
Figura 8 - Técnicas separadas por suas principais funções.....	50
Figura 9 - Atividades lineares e atividades não lineares	52
Figura 10 - Taxas alvo no diagrama da LB	53
Figura 11 - Cronograma indesejado.....	55
Figura 12 - Cronograma desejado.....	56
Figura 13 - Atividades que dividem recursos	57
Figura 14 - Atividades com diferentes números de equipes empregadas.....	58
Figura 15 - Atividades de mesma duração com intervalos constantes.....	58
Figura 16 - Atividades com diferentes durações – aproximação	59
Figura 17 - Atividades com diferentes durações – distanciamento	60
Figura 18 - Descontinuidades em uma mesma atividade.....	60
Figura 19 - Descontinuidades em uma mesma atividade – dependência da atividade sucessora.....	61
Figura 20 - Tempo de ciclo (T/C).....	64
Figura 21 - Tempo de agregação de valor (TAV)	65
Figura 22 - <i>Lead Time</i> (L/T).....	65
Figura 23 - Etapas iniciais do mapeamento de fluxo de valor	72
Figura 24 - Exemplo de MFV do estado atual	74
Figura 25 - Exemplo de MFV do estado futuro.....	76
Figura 26 - Fases do planejamento na dimensão horizontal	80
Figura 27 - Níveis do planejamento.....	81
Figura 28 - Planta do pavimento tipo.....	91
Figura 29 - Armazenamento de blocos na área externa do canteiro.....	95
Figura 30 - Armazenamento de cimento e azulejo no 1° subsolo	95
Figura 31 - Armazenamento de cal no 2° subsolo.....	96

Figura 32 - Elevador cremalheira	97
Figura 33 - Produção de argamassa no apartamento número 2	97
Figura 34 - Estrutura do cronograma adotado pela empresa	102
Figura 35 - Atividade, duração e datas.....	103
Figura 36 - Sequência de execução proposta pela empresa construtora	104
Figura 37 – MFV do contrapiso da sacada.....	110
Figura 38 – Primeira LB com alterações de baixo porte.....	116
Figura 39 – Sequências de execução do 2º pavimento	120
Figura 40 - Sequências de execução do 15º pavimento	121
Figura 41 - Sequências de execução de FO e AZ no 6º pavimento.....	122
Figura 42 - Sequências de execução de FO e AZ no 7º pavimento.....	123
Figura 43 - Sequências de execução de FO e PC no 9º pavimento	124
Figura 44 - Sequências de execução de FO e PC no 10º pavimento	125
Figura 45 - Sequências de execução de FO, PC, BA e CM no 11º pavimento	126
Figura 46 - Sequências de execução de RA, RG e H no 11º pavimento	127
Figura 47 - Segunda LB com alterações de médio porte	128
Figura 48 - Sequências de execução do 2º pavimento	131
Figura 49 - Sequências de execução do 15º pavimento	132
Figura 50 - Terceira LB com alterações de maior porte	133
Figura 51 - Sequências de execução do 2º pavimento	136
Figura 52 - Sequências de execução do 15º pavimento	137
Figura 53 - Planejamento de médio prazo	141
Figura 54 - Planejamento de curto prazo	144

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Símbolos para o fluxo de materiais	67
Quadro 2 - Continuação do Quadro 1	68
Quadro 3 - Símbolos para fluxos de informações	69
Quadro 4 - Continuação do Quadro 3	70
Quadro 5 - Ícones gerais	71
Quadro 6 - Abreviações das atividades.....	92
Quadro 7 - Símbolos utilizados nos MFVs desta pesquisa	98
Quadro 8 - Práticas <i>lean</i> e práticas não <i>lean</i>	107
Quadro 9 - Continuação do Quadro 8	108
Quadro 10 - Continuação do Quadro 8	109
Quadro 11 - Atividades e durações previstas pela empresa	115
Quadro 12 - Atividades e durações definidas para a primeira LB	118
Quadro 13 - Atividades e durações definidas para a segunda LB.....	130
Quadro 14 - Atividades e durações definidas para a terceira LB	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
STP	Sistema Toyota de Produção
MFV	Mapa de Fluxo de Valor
LB	Linha de Balanço
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
JIT	<i>Just-in-Time</i>
4M's	Materiais, Métodos, Mão de Obra e Máquinas
4P's	Solução de Problemas, Pessoas e Parceiros, Processos e
Filosofia	
TQM	Controle Total da Qualidade
PERT/CPM	Programa de Avaliação e Revisão Técnica / Método do Caminho
Crítico	
T/C	Tempo de Ciclo
L/T	<i>Lead Time</i>
T/T	<i>Takt Time</i>
TAV	Tempo de Agregação de Valor
TNAV	Tempo de Não Agregação de Valor
FP	Fluxo de Processos
E	Esperas
PCMAT	Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho
ES+E+H	Estrutura, Elétrica e Hidráulica
AL	Alvenaria
IE	Instalações Elétricas
IH	Instalações Hidráulicas
CA	Caixilhos

RI	Revestimento Interno
RA	Revestimento em Argamassa
RG	Revestimento em Gesso
AZ	Azulejo
PS	Pingadeiras e Soleiras
IM	Impermeabilização
EGP	Escritório de Gestão de Projetos
PMI	<i>Project Management Institute</i>
FINEP	Financiadora de Pesquisas e Projetos do Ministério da Ciência e
Tecnologia	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVOS	18
1.3 MÉTODOS DE PESQUISA.....	19
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	21
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	23
2.1 O PENSAMENTO ENXUTO	23
2.1.1 O Sistema Toyota de Produção e a Produção Enxuta	23
2.1.2 Os 5 Princípios do Pensamento Enxuto de Womack e Jones – A Mentalidade Enxuta (1998)	33
2.1.3 As 4 Regras de Spear e Bowen – Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção (1999).....	36
2.1.4 Os 14 Princípios de Liker – O Modelo Toyota (2005).....	40
2.2 A CONSTRUÇÃO ENXUTA E SEUS PRINCÍPIOS	43
2.2.1 Construção Enxuta	43
2.2.2 Filosofia de Produção Convencional	44
2.2.3 Nova Filosofia de Produção.....	45
2.2.4 Os 11 Princípios da Construção Enxuta por Koskela (1992).....	47
2.3 FERRAMENTAS DA PRODUÇÃO ENXUTA	50
2.3.1 Linhas de Balanço (LB)	51
2.3.2 Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV).....	62
2.4 PLANEJAMENTO	77
2.4.1 Planejamento e Controle	77
2.4.2 O Planejamento em sua Dimensão Horizontal	79
2.4.3 O Planejamento - Dimensão Vertical e o Sistema <i>Last Planner</i>	80

2.5	GESTÃO DE PROJETOS NO CONTEXTO <i>LEAN</i>	85
2.5.1	Gestão de projetos	85
2.5.2	<i>Lean Design</i>	87
2.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2.....	88
3.	ESTUDO DE CASO.....	89
3.1	IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES ENVOLVIDOS	89
3.1.1	Empresa	89
3.1.2	Objeto de Estudo.....	89
3.2	FERRAMENTAS UTILIZADAS	92
3.2.1	Mapa de Fluxo de Valor (MFV).....	92
3.2.2	Linhas de Balanço (LB)	99
3.2.3	<i>Last Planner System</i> (LPS)	104
3.3	DIAGNÓSTICO	105
3.4	APLICAÇÃO DO MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)	110
3.5	APLICAÇÃO DAS LINHAS DE BALANÇO (LB).....	113
3.5.1	Alterações de Baixo Porte e Planos de Ataque	116
3.5.2	Alterações de Médio Porte e Planos de Ataque	128
3.5.3	Alterações de Maior Porte e Planos de Ataque	133
3.6	<i>LAST PLANNER SYSTEM</i> (LPS)	139
3.6.1	Planejamento de Longo Prazo	139
3.6.2	Planejamento de Médio Prazo.....	140
3.6.3	Planejamento de Curto Prazo.....	143
3.7	BREVE CONSIDERAÇÃO SOB A ÓTICA DO <i>LEAN DESIGN</i>	146
3.8	CONCLUSÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO	146
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	151
5.	REFERÊNCIAS	156
	ANEXO.....	161

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

Frente a um cenário global no qual o mercado da construção civil se mostra altamente competitivo (com prazos e custos exíguos, bem como da maior qualidade dos produtos) e aberto a inovações, promovidas pelo avanço tecnológico dos últimos anos no que tange ao surgimento de novas práticas e ferramentas de planejamento e gestão, a tendência, já evidenciada há certo tempo, é a de que haja um “enxugamento” dos canteiros de obras e das atividades que neles ocorrem, desde que se mantenha um foco direcionado à interação produtividade/racionalização, ou seja, executar tarefas de modo que se minimizem os desperdícios, esforços e retrabalhos, sem comprometer o prazo, custo e qualidade. (LIMA, 2014; BARROS, 1996; SANTANA et al., 2015).

A realidade da construção civil, e que abre espaço para a tendência citada anteriormente, é marcada por desperdícios de naturezas diversas, e que refletem diretamente nos custos de qualquer empreendimento, considerando que possam estar relacionados à perda de materiais e de tempo. Segundo uma pesquisa realizada com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP - de 1996 a 1998), com a participação de dezesseis Universidades, mais de oitenta canteiro de obras, cinquenta e duas empresas e recentemente validada por Matias, Nunes e Cruz (2018), as perdas de materiais refletem em até 8% de perdas financeiras, enquanto os custos relacionados ao retrabalho podem chegar a 30%.

Comparado a outros setores, principalmente ao industrial, a construção civil ainda permanece atrasada e apresentando trabalhos predominantemente braçais e perigosos, fato que se deve, também, às características próprias do setor. (SAAD; XAVIER; MICHALOSKI, 2006).

Koskela (1992) já pavimentava uma comparação mais consistente entre a indústria de manufatura e a construção civil, em que apresentava a construção como um ambiente menos seguro, com condições de trabalho inferiores e de menor qualidade dos produtos. Muito mais do que tecnologia da informação e automação, havia uma

tendência baseada em uma nova filosofia de produção, a qual se apoiava em teorias e princípios básicos relacionados aos processos de produção.

A filosofia enxuta, tanto no Brasil quanto no mundo, persegue um ideal no qual se preza a identificação e eliminação ou mitigação de pontos que produzem desperdícios das mais variadas naturezas, e que não agregam valor algum naquilo que se está sendo produzido, seja este um produto palpável ou um produto informação.

Oriunda do Sistema Toyota de Produção (STP), sistema de produção altamente reconhecido e conceituado, a filosofia enxuta promove aquele que pode ser chamado de *lean thinking* (pensamento enxuto), onde é necessário que novos horizontes sejam enxergados e uma nova cultura seja disseminada diante dos modelos tradicionais de trabalho de uma determinada área de concentração. (PICCHI, 2003).

Para que se entenda a produção e o pensamento enxutos, é necessário entender o STP. Segundo a própria Toyota (2010), o “jeito” Toyota leva em conta cinco principais valores: enfrentar desafios com coragem, aplicar melhoria contínua, ir direto à fonte para tomar as melhores decisões, respeito e trabalho em equipe. A Toyota (2010) ainda define o STP como um sistema que permite que os membros do time otimizem a qualidade através da melhoria contínua e da eliminação de desperdícios, sejam estes de fontes naturais, humanas ou corporativas. Tal sistema apresenta um conjunto de valores, conhecimentos e procedimentos de caráter comum, deixando bem claras e definidas as responsabilidades de cada funcionário em cada etapa da produção e, ao mesmo tempo, incentivando-os a melhorar continuamente de modo geral.

No mundo, esta filosofia (através do STP) nasceu da indústria automobilística no pós-guerra (WOMACK; JONES; ROSS, 2004) e até hoje vem migrando para os mais diversificados setores, lançando vertentes deste pensamento que vão desde sua aplicação em escritórios (*lean office*) até canteiros de obras (*lean construction*), que são ambientes altamente mutáveis.

Para Koskela (1992) a visão convencional do processo de produção é falsa, uma vez que este é visto somente como processos de conversão de matéria-prima em produtos, ao passo que a nova filosofia de produção (construção enxuta) imprime uma visão mais transparente e completa, considerando uma cadeia onde há a movimentação dos materiais, esperas, processamentos e inspeções.

Diferentemente do ambiente fabril automobilístico, local de nascimento do Sistema Toyota de Produção (STP), onde há um grande destaque ao ritmo de produção, na movimentação do produto e no caráter padronizado dos produtos e serviços, a construção enxuta, como o próprio nome evidencia, leva em consideração características peculiares ao ambiente dinâmico da construção, setor no qual está inserida, mais precisamente o canteiro de obras. Neste segundo, o produto edifício não se move e a padronização e o ritmo de produção tornam-se objetivos e desafios a serem alcançados e superados.

Os canteiros de obras são ambientes altamente dinâmicos e interativos, onde circulam uma grande variedade de informações todos os dias. As tarefas realizadas neste ambiente de trabalho dependem diretamente de como os fluxos foram projetados e de como estas informações são processadas. No entanto, o caráter imediatista deste local limita o tempo para o processamento destas, o que espelha em uma falta de planejamento crônica, tornando o canteiro um local que reage mais do que age na maioria das vezes. Para que tal caráter imediatista esteja presente neste ambiente, basta que haja uma desarmonia entre os diferentes níveis de planejamento, ou que este simplesmente não exista. (LIMMER, 1996; SAURIN, 1997).

São considerados 3 (três) níveis principais de planejamento, sendo eles: planejamento de longo prazo (também nomeado planejamento estratégico ou do empreendimento), médio prazo (também chamado de *look-ahead planning*) e de curto prazo (também conhecido como planejamento operacional ou de comprometimento (*commitment planning*)). Estes três níveis são complementados também pelo planejamento de fases (junto ao planejamento de longo prazo) e pelo que foi aprendido no final dos processos destes níveis. Todas estas etapas caracterizam o *Last Planner System* (LPS), desenvolvido inicialmente por Ballard e Howel em 1997.

Tommelein e Ballard (1997) afirmam, em um trecho de seu artigo que, embora seja comum distinguir vários níveis de planejamento, os termos *look-ahead planning* e *commitment planning*, planejamento de médio e curto prazo, respectivamente, referem-se a métodos de planejamento que utilizam diretamente técnicas de construção enxuta. No entanto, vale ressaltar que algumas ferramentas *lean*, como Linhas de Balanço (LB), são bem utilizadas no planejamento de longo prazo.

Outra ferramenta *lean* que pode auxiliar tanto na identificação e eliminação de desperdícios nos fluxos das atividades quanto no planejamento é o Mapa de Fluxo de Valor (MFV).

A LB é uma ferramenta muito útil e é utilizada, principalmente, no planejamento e controle da produção, sendo adotada normalmente para o desenvolvimento do planejamento de longo prazo de empreendimentos cujo grau de repetição das atividades é característica intrínseca. A LB fornece uma gama muito grande de possibilidades, tendo em vista que, além de sua característica gráfica permitir conectar a atividade ao tempo e local de execução, ela proporciona a obtenção ou definição e visualização de dados como ritmos de produção, fluxo contínuo, esperas, lead time e tempos de execução. (LIMMER, 1996; MONTEIRO; MARTINS, 2011; SU; LUCKO, 2015; VARGAS, 2015).

O MFV é uma ferramenta altamente útil para a aplicação dos conceitos da construção enxuta, sendo esta uma ferramenta inicial ideal para se tomar conhecimento do fluxo atual dos processos, a fim de promover um diagnóstico da produção, identificar interferências existentes durante o desenvolvimento das atividades e definir as alterações necessárias que possam ser propostas através de um planejamento para o desenvolvimento de um MFV de estado futuro.

Segundo Araújo, Vivan, Ortiz e Paliari (2015) o mapa de fluxo de valor (MFV) é uma das formas de se perceberem atividades referentes a esperas, estoques, transporte, inspeções e trabalho em progresso, além de facilitar a percepção de desperdícios na produção, o que permite eliminar ou reduzir atividades de fluxo com a devida administração.

Além das ferramentas citadas, há diversas outras ferramentas *lean*; no entanto, este estudo se limita apenas ao *Last Planner System* (LPS), às Linhas de Balanço (LB) e ao Mapa de Fluxo de Valor (MFV), pois foram consideradas pelo autor as mais apropriadas para alcançar o objetivo proposto.

Alguns países, como Japão (berço desta filosofia) e Estados Unidos são tidos como referência. No entanto, a LGN (*Lean Global Network*), comunidade de líderes e praticantes do pensamento enxuto fundada por Jim Womack e Dan Jones em 2007, é composta por quase 30 institutos de diferentes países e mais dezenas de parceiros

colaboradores. (LEAN GLOBAL NETWORK, Institutes: our global partners, <<http://leanglobal.org/affiliates/>>, 2018, acesso em: 21 de out. de 2018).

No Brasil, a filosofia enxuta começou a surgir timidamente na década de 90, quando, em 1998, foi fundado o *Lean Institute* Brasil, com o intuito de propagar os conceitos deste pensamento. Hoje, segundo dados do site do Instituto, o pensamento enxuto está presente em 75 dentre as 100 maiores empresas industriais do país e 27 dentre as 50 maiores de todos os setores. (LEAN INSTITUTE BRASIL, Histórico, <<https://www.lean.org.br/historia-lean-institute-brasil.aspx>>, 2018, acesso em: 20 de out. de 2018).

A *lean construction* é diretamente influenciada pela fase de projetos. O *lean design* busca simplificar os processos e eliminar desperdícios desde as fases iniciais do processo de projeto, de modo que a fase de construção seja pensada de forma prática e integrada aos conceitos da *lean construction*. (BALLARD; KOSKELA, 1998; FREIRE; ALARCÓN, 2000).

Frente ao exposto, esta pesquisa se justifica pela possibilidade e oportunidade que a *lean construction* promove de eliminar desperdícios na construção, aumentar a produtividade e ganhar ritmo de produção, otimizando prazos sem comprometer a qualidade, além de contribuir para a difusão da utilização das ferramentas de LPS, MFV e LB como ferramentas *lean*.

1.2 OBJETIVOS

▪ **Objetivo principal:**

Apresentar uma proposta para implantação de *Lean Construction* em um empreendimento residencial, que poderá ser utilizada em empreendimentos futuros e por outras empresas, através da aplicação dos conceitos do pensamento enxuto e empregando as ferramentas pertinentes.

▪ **Objetivos parciais:**

Destacam-se os objetivos secundários desta pesquisa:

- Apresentar conceitos, ferramentas e métodos consagrados pelo Sistema Toyota de Produção (STP);

- Exibir a relação que o STP pode ter com a construção civil e apresentar um passo a passo para a aplicação dos conceitos, ferramentas e métodos;
- Exibir meios pelos quais se pode aumentar a produtividade de uma construção e reduzir prazos.

Alguns conceitos de gestão de projetos e *lean design* são brevemente explorados nesta pesquisa, mas ressalta-se que o foco principal é no gerenciamento de tempo, dado o acesso limitado do pesquisador às informações referentes ao setor de gestão de projetos da empresa responsável pelo empreendimento utilizado como estudo de caso.

1.3 MÉTODOS DE PESQUISA

Gil (2002) destaca em sua obra que diversas são as justificativas para produção de uma pesquisa, classificando-as em dois grupos, que são:

- Justificativas de ordem intelectual, onde há a necessidade de conhecer simplesmente pela autorrealização do conhecer;
- Justificativas de ordem prática, há a necessidade de conhecer objetivando produzir algo eficientemente.

Esta pesquisa possui duas grandes frentes, com o mesmo grau de importância e apoiadas entre si. Tais frentes compreendem:

- Revisão bibliográfica;
- Estudo de caso.

A primeira grande frente, revisão bibliográfica, foi desenvolvida através de uma busca sistemática da bibliografia pertinente ao tema desta pesquisa. Foram buscados artigos, livros, teses e dissertações com o apoio de bibliotecas físicas, virtuais, periódicos e sites de buscas.

Os principais termos utilizados para busca foram: *lean construction*, pensamento enxuto e Sistema Toyota de Produção (STP).

Quanto ao estudo de caso, neste trecho de seu livro, Gil (2002, p. 54) o define como:

“Consiste no estudo profundo ou exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa

praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados.”
(GIL, 2002, p. 54).

De acordo com Yin (2001), quando perguntas do tipo “por que” e “como” são feitas, os estudos de caso surgem como estratégia preferencial. Ele acrescenta que este tipo de pesquisa também é adotado quando o pesquisador tem um controle raso sobre os acontecimentos e, em suas próprias palavras, quando “o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real”. O autor ainda finaliza classificando os estudos de caso como “exploratórios”, “descritivos” e “explanatórios”. Para Gil (2002), as pesquisas exploratórias têm como objetivo principal desenvolver hipóteses e teorias, as descritivas objetivam, principalmente, descrever as características de um dado fenômeno e as explanatórias, por fim, descobrem fatores determinantes ou contribuintes para o acontecimento do fenômeno estudado.

Segundo Gil (2002), alguns dos propósitos do estudo de caso são:

- Estudar acontecimentos do mundo real que ainda não estão definidos de forma clara;
- Melhorar teorias e criar hipóteses;
- Salvar a natureza intacta do objeto de estudo;
- Retratar o cenário em que o estudo está sendo realizado;
- Explanar variáveis dos fenômenos estudados.

“[...] o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real.” (YIN, 2001, p. 21).

A segunda grande frente, estudo de caso (Capítulo 3), foi realizada inicialmente a partir da escolha do objeto de estudo, o qual configurou-se em um empreendimento residencial localizado na cidade de São Paulo. Foram realizadas visitas de campo, entrevistas e análise dos dados através de documentos fornecidos pela empresa. Posteriormente, foram aplicadas as técnicas de *Last Planner System* (LPS), Linhas de Balanço (LB) e Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), considerando os conceitos de construção enxuta para o desenvolvimento de uma proposta.

Foi possível apresentar os potenciais impactos da compreensão de tais conceitos e utilização destas ferramentas, como a redução do prazo de execução do empreendimento em três cenários distintos, a redução do *lead time* da atividade de contrapiso e simular o gerenciamento em três níveis (longo, médio e curto prazos), além de identificar práticas *lean* e “não *lean*”, adotadas intuitivamente pela empresa construtora responsável pelo empreendimento.

O estudo de caso, citado no parágrafo anterior, apresenta caráter exploratório, visto que, a partir de sua exploração, foi desenvolvida uma proposta com base nas oportunidades identificadas de aplicação das práticas de *lean construction*.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é organizado em um total de cinco capítulos, brevemente descritos a seguir:

1º capítulo – Este capítulo revela-se de forma introdutória, onde são apresentados assuntos relevantes para a compreensão desta pesquisa. Nele estão presentes: introdução, justificativa, objetivo principal, objetivos secundários, metodologia e a estruturação do trabalho como tal;

2º capítulo – Neste capítulo é desenvolvido o referencial teórico dos temas pertinentes a este estudo, a fim de promover uma fundamentação teórica que permita o desenvolvimento da pesquisa e o entendimento dos conceitos por parte do autor e dos leitores. Os principais conceitos abordados dizem respeito: ao Sistema Toyota de Produção (STP), produção enxuta, pensamento enxuto, construção enxuta, planejamento e controle, técnicas e ferramentas da produção enxuta e gestão de projetos.

3º capítulo – No 3º capítulo são descritas todas as informações relevantes ao estudo de caso desta pesquisa, apresentando e descrevendo o objeto de estudo, os principais agentes envolvidos e os procedimentos adotados de acordo com a metodologia aplicada na pesquisa.

4º capítulo – Neste capítulo são apresentadas as conclusões e considerações finais deste trabalho, buscando discutir e evidenciar as respostas para aquilo que foi proposto pelos objetivos desta pesquisa.

5º capítulo – Por fim, este capítulo apresenta as referências bibliográficas utilizadas e consultadas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão fornecidos os embasamentos teóricos essenciais ao entendimento e desenvolvimento desta pesquisa. Os principais temas a serem discutidos neste capítulo são:

- Pensamento Enxuto;
- Construção Enxuta;
- Linha de Balanço;
- Mapa de Fluxo de Valor;
- *Last Planner*;
- Gestão de Projetos e *Lean Design*.

2.1 O PENSAMENTO ENXUTO

Este item abordará todos os assuntos pertinentes ao pensamento enxuto, a partir de suas características gerais e de seus princípios definidos por diferentes autores.

2.1.1 O Sistema Toyota de Produção e a Produção Enxuta

Até o surgimento do Sistema Toyota de Produção (STP), um longo caminho foi percorrido, iniciado em 1929, coincidentemente o ano da “Grande Depressão”. Primeiramente, Eiji Kiichiro, membro da família Toyoda, visitou a fábrica da Ford naquele ano. Em 1937 foi fundada a *Toyota Motor Company* (nome modificado por questões de marketing). Prejudicada durante muitos anos pelos longos períodos de guerra e imposições do governo militar, em 1949 a Toyota colapsou, levando a renúncia de Kiichiro. Em 1950, Eiji Toyoda, sobrinho de Kiichiro e excelente engenheiro, visitou a fábrica Rouge da Ford e concluiu ser possível melhorar o “sistema de produção” da empresa. Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, seu engenheiro de produção, concluíram que não seria possível copiar o sistema de produção em massa, dada a realidade vivida no Japão. Desse experimento, surgiu o Sistema de Produção Toyota, abrindo caminho para a fundamentação da produção enxuta (WOMACK; JONES; ROSS, 1992, p.37).

Ohno (1997) afirma que o STP tinha como principal objetivo produzir vários modelos em pequenas quantidades (atendendo a realidade do mercado japonês) com baixo

custo, ao passo que, o modelo americano havia reduzido os custos produzindo em massa menos tipos de carros.

Naquele tempo, enquanto a Toyota produzia aproximadamente 2.500 carros por ano, a Ford produzia aproximadamente 8.000 por dia. (SAYER; WILLIAMS, 2007, p.20).

A produção enxuta, assim nomeada por Womack et. al (1992), deu seus primeiros sinais a partir de inúmeras experiências realizadas por Ohno com prensas norte americanas já usadas. Seu objetivo era reduzir o tempo de troca de moldes, e assim o fez no final da década de 50. Ohno conseguiu reduzir o tempo de troca de 1 dia para apenas 3 minutos e fazendo com que não houvesse mais a necessidade de especialistas para tal processo. Ao mesmo tempo, Ohno descobriu que ao produzir lotes menores o custo por peça prensada era mais baixo do que na produção de grandes lotes. Isso se explicou pelo fato de que foi possível eliminar os custos com grandes estoques, oriundos da produção de grandes lotes e que, ao produzir lotes menores, os erros de prensagem eram evidentes quase imediatamente antes da montagem de um carro. (WOMACK; JONES; ROSS, 1992, p.43).

A possibilidade de detectar os erros de forma quase que instantânea fez com que o trabalhador se preocupasse muito mais com a qualidade e, conseqüentemente, o desperdício gerado por peças defeituosas fosse eliminado. Ressalta-se que, para que este sistema funcionasse com êxito, era necessária uma mão de obra altamente qualificada e motivada. (WOMACK; JONES; ROSS, 1992, p.44).

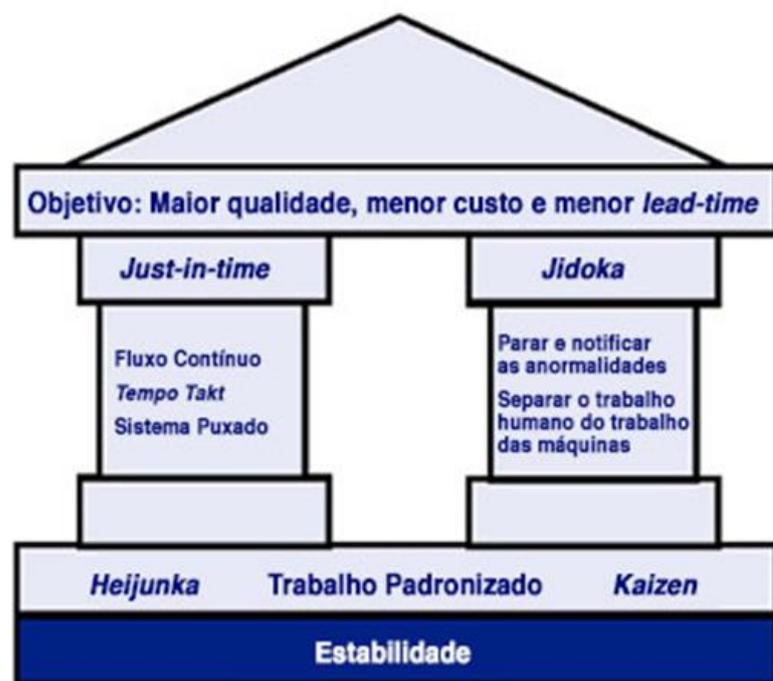
Ohno (1997) é considerado o pai do STP e, segundo ele, a base deste sistema é a completa eliminação do desperdício. O autor ainda acrescenta que o STP é sustentado por dois pilares. São eles:

- *Just-in-time* (JIT);
- *Jidoka* (autonomação).

O STP é comumente representado por uma casa, Figura 1, que apresenta a base, os pilares e aquilo que se quer alcançar com este sistema (maior qualidade, menor custo e menor *lead time* (tempo total, que vai desde o pedido à entrega, passando pela produção, seja um produto ou serviço – tal conceito será abordado mais profundamente no item referente ao Mapeamento do Fluxo de Valor).

O primeiro modelo da casa do Sistema Toyota de Produção foi construído pela própria Toyota, e tem como objetivo retratar de forma gráfica que a qualidade deste sistema é baseada na combinação do *just-in-time*, *jidoka*, o qual os autores chamam de “*built-in-quality*” (qualidade embutida) e funcionários altamente motivados. Todas estas coisas estão apoiadas sobre uma fundação de estabilidade operacional (*heijunka*), melhoria contínua (*kaizen*), trabalho padronizado e gestão visual. (SAYER; WILLIAMS, 2007, p.21).

Figura 1 - Casa da Toyota



Fonte: LIB (2019)

Foram mais de 20 anos de tentativas e erros para a implementação de todas as ideias, para que, no fim, resultados extraordinários fossem alcançados. (WOMACK; JONES; ROSS, 1992, p.53).

Desperdícios

Para Womack e Jones (1998), desperdício é toda e qualquer atividade humana que, ao absorver recursos, não cria valor algum.

Onho havia visitado Detroit várias vezes após o final da guerra e chegara a conclusão de que lá havia um sistema repleto de desperdícios (que em japonês denomina-se

muda), em tempo, materiais e esforços. Para Ohno, somente os trabalhadores estavam agregando valor, tornando a presença de especialistas dispensável.

Shingo (1989) afirma que o movimento dos trabalhadores é classificado como operações e desperdícios, onde ele acrescenta que este último não contribui em nada para as operações, citando como exemplo: esperas, acúmulo de trabalhos em processo, recargas e passagem de materiais de uma pessoa para outra. Shingo ainda acrescenta que há dois tipos de operações, as que agregam e não agregam valor. Para as que agregam valor ele considera as atividades de processamento de materiais, ou seja, que transformam matéria prima em produto e aumentam valor, ao passo que, para as operações que não agregam valor, ele cita operações como buscar materiais e desempacotar que, embora muitas vezes não possam ser melhoradas, também não podem ser totalmente eliminadas.

A Figura 2, a seguir, apresenta uma relação, em proporção, entre desperdícios e trabalhos.

Figura 2 - Compreensão da proporcionalidade entre desperdícios e trabalhos



Fonte: OHNO (1997) - Tradução livre do autor

De acordo com Ohno (1997), no STP a produção deve ocorrer de forma que se produza somente o necessário, de modo que a força de trabalho seja reduzida, cortando excessos.

Ohno (1997) identificou 7 desperdícios, o que ele julgou como o primeiro passo para a aplicação do STP. Tais desperdícios correspondem são caracterizados como:

Superprodução

- Segundo Picchi (2017) esta é a “mãe” de todos os desperdícios. A demanda deve ser atendida precisamente, ou seja, o processo anterior não deve e não pode produzir a mais ou a menos do que o exigido na etapa posterior. Caso a produção seja superior, mais recursos serão utilizados e mais estoques serão gerados. Ortiz (2013) afirma que a superprodução ocorre pela relação desconexa entre demanda e produção;

Espera

- Este tipo de desperdício está conectado principalmente às esperas entre um processo e outro, seja por falta de material, problemas com equipamentos, falta de conhecimento ou por pura e simples ausência de planejamento. Para Picchi (2017) o desbalanceamento entre os processos é uma das principais razões para ocorrerem as esperas, eliminando assim o fluxo contínuo;

Transporte

- Os desperdícios causados por transporte podem estar relacionados a um *layout* mal planejado, excesso de atividades de processamento e a presença de estoques intermediários entre processos de produção. Todo tipo de transporte deve ser eliminado ou reduzido, se possível;

Processamento

- Desperdícios causados por processamento referem-se às atividades de processamento desnecessárias para o desenvolvimento do produto final, isto é, atividades que continuam consumindo recursos sem agregar valor algum, sendo totalmente dispensáveis do ponto de vista da produção;

Estoques

- Este tipo de desperdício ocorre quando há a necessidade de se criar estoques, seja para matérias primas, estoques intermediários (produtos não acabados) ou estoques para produtos acabados, gerando gastos excessivos de tempo e

dinheiro com transportes, manutenção e controle, além de utilizar áreas que poderiam ser aproveitadas para fins realmente produtivos. Segundo Picchi (2017), este é o desperdício mais evidente, visto que é um capital parado gerando custos, podendo ainda levar a uma detecção tardia de defeitos, exigindo a reparação de lotes muito maiores;

Movimentação

- Os desperdícios por movimentações são oriundos das movimentações desnecessárias de um trabalhador, ou seja, que não agregam valor algum, seja durante ou não o processamento da matéria prima em produto. Pode-se citar, como exemplo, um pedreiro executando a atividade de revestimento em argamassa. Caso a argamassa esteja apoiada no chão, o trabalhador precisará agachar repetidas vezes para pegá-la, movimento este que pode ser eliminado apoiando-se a argamassa em algum suporte elevado;

Produção de produtos defeituosos

- A produção de produtos defeituosos é um tipo de desperdício que se conecta diretamente a muitos outros. Quando se produz algo que não atenda aos requisitos mínimos de qualidade e desempenho, é necessário que haja um trabalho de reparação ou reposição (ambos se configuram em retrabalho). E quando isso ocorre, fica evidente que envolverá a utilização de recursos materiais, humanos, financeiros e temporais.

Ao se aprofundar um pouco em cada desperdício, fica claro que todos se conectam entre si e que, em muitos casos, um é responsável por potencializar o outro, criando um ciclo altamente nocivo para a produção.

Pilar 1: *Just-in-time*

Sayer e Williams (2007) consideram este como provavelmente o pilar mais famoso do STP. Para os autores, *just-in-time* (JIT) tem o significado de produzir apenas aquilo que é necessário, quando necessário e na quantidade necessária, ou seja, nem mais nem menos do que o processo solicita. Isto explica, de forma bem clara, o conceito que está por trás do sistema puxado.

Em sua obra, Shingo (1989) faz uma breve explanação a respeito dos conceitos por trás do JIT:

“Em japonês, as palavras “just-in-time” significa “feito a tempo”, “no momento certo” ou “bem na hora”, exatamente na hora agendada. O termo conota muito mais do que “pontualidade”, entretanto, por se concentrar apenas no tempo de entrega, pode estimular a superprodução precoce e então resultar em atrasos desnecessários. Mas o Sistema Toyota de Produção é um “não estoque” ou “sem estoque”. Isso significa que cada processo deve ser abastecido com os itens requeridos, na quantidade requerida e no tempo requerido – “bem na hora”, sem acúmulo.” (SHINGO, 1989, p.69, tradução livre do autor).

Ohno (1997) define JIT como um processo de fluxo, onde as partes certas, essenciais para a montagem, estejam no local certo e na hora correta. Caso isto seja respeitado, é possível alcançar o estoque zero. Ohno (1997) salienta que a aplicação do JIT não é tão fácil como aparenta ser em teoria, visto que, em uma linha de produção com diversos processos envolvidos, há muitos problemas tais como falhas na previsão, produtos com defeito, retrabalho, problemas com máquinas e materiais, eventuais ausências de trabalhadores, etc. Caso estas e outras situações fossem desconsideradas, haveria um imenso problema com desperdícios, sem haver diferenças entre um estado normal e outro anormal.

Womack et. al (1992) explica que a ideia de Ohno era transformar um imenso aglomerado de fornecedores e fábricas de peças em uma grande máquina. Para isto, Ohno determinou que a produção das peças seria restrita a cada etapa anterior, a fim de suprir a necessidade, de forma imediata, da etapa seguinte.

A solução para a implementação eficaz do JIT foi a criação do sistema *Kanban*, segundo Ohno (1997), o qual consiste basicamente em um meio usado para transmitir informações sobre apanhar e receber os materiais e produtos dentro de uma ordem de produção, frequentemente utilizado em forma de cartões. A Figura 3, a seguir, apresenta um exemplo de cartão *kanban*.

Figura 3 - Exemplo de cartão kanban

Hora da Entrega 10:30	Área de Estocagem A 1 - 1		Fábrica Central da Toyota Motors
 Fundação Ohashi Prateleira nº 1 - Embaixo	Número do Item 53018-60011	Identificação	Montagem nº 2
	Nome do Item Linha de pressão do radiador	Usado em FJ Carro tipo (I)	
	21	Tipo de caixa Especial	50
		Capacidade da caixa 30	
<i>Kanban de pedido de peças</i>			

Fonte: OHNO (1997)

Vale lembrar que, em nenhum momento a qualidade deva ser tratada como mero acaso, mas sim como requisito obrigatório do sistema.

Dentro deste pilar (JIT) da casa do STP, há 3 conceitos importantes a serem entendidos para sua efetiva implementação, sendo um deles o sistema puxado, citado no início deste item:

- Fluxo contínuo: refere-se a um fluxo sem interrupções, isto é, um fluxo constante de produtos e serviços do início ao fim da produção;
- Tempo *takt*: refere-se ao ritmo e a taxa de produção, e é obtido através da divisão entre tempo disponível para a produção de determinado item ou produto e sua demanda.

Estes itens serão abordados de forma mais aprofundada no item referente ao Mapeamento de Fluxo de Valor.

Pilar 2: *Jidoka* (Autonomação)

Jidoka, ou autonomação (diferente de automação), refere-se a máquinas com um “toque humano”, ou seja, certa independência do ponto de vista da produção.

Para ficar mais claro, Ohno (1997) propôs que as máquinas devessem possuir certa autonomia de modo que, caso alguma anormalidade fosse detectada, ela parasse instantaneamente, visto que a capacidade de desempenho das máquinas é tamanha que um pequeno defeito possa produzir, em massa, produtos defeituosos, caso não se interrompa a produção. Ohno (1997) ressalta que tal ideia surgiu a partir de uma máquina de tecer autoativada pelo fundador da Toyota, Toyoda Sakichi.

Nas fábricas da Toyota, uma máquina automatizada é aquela em que há um dispositivo de parada automática. Desse modo, não é necessário que haja um trabalhador durante o funcionamento da máquina, desde que esta esteja funcionando normalmente. Caso alguma anormalidade ocorra, a produção para e é dada a devida atenção humana para o problema. Tal fato reduz drasticamente o número de operadores, visto que um único pode atender várias máquinas. (OHNO, 1997, p.28).

Segundo Ohno (1997) a automação ainda exerce outro papel fundamental, evitando o desperdício ligado a superprodução, desde que haja procedimentos de trabalho padronizados.

Para Sayer e Williams (2007), *jidoka* significa que a qualidade deve ter sua origem diretamente da fonte. Depois que um produto (acabado ou não) deixa sua estação, já é tarde demais. Ao implementar *jidoka*, os defeitos jamais serão passados para o próximo passo do processo. Os autores consideram que a gestão visual também faz parte e tem papel importantíssimo nesta prática.

De acordo com Shingo (1989), foi percebido pelos desenvolvedores do STP que os trabalhadores precisavam monitorar as máquinas, já que estas não tinham capacidade de detectar anormalidades. Implementar “inteligência humana” nas máquinas eliminaria a necessidade de tais operários. Portanto, mecanismos sofisticados foram acoplados às máquinas com o intuito de dar-lhes certa “função cerebral humana” a fim de detectar anormalidades na produção.

Base: estabilidade, *heijunka*, trabalho padronizado e *kaizen*

A fundação da casa do STP deve apresentar uma base estável através da aplicação dos conceitos de *heijunka*, trabalho padronizado e *kaizen*. Tais conceitos são discorridos a seguir.

- **Estabilidade:** a estabilidade, denominada por Sayer e Williams (2007) de estabilidade operacional, parte do ponto de que as variações inerentes a todos os processos e aspectos das operações estão sob controle. Alcançar tal estabilidade não é fácil e, para os autores, para se ter um fluxo sem obstruções, os pedidos devem ser feitos na hora certa e de forma precisa, os cronogramas não devem apresentar variações, sendo estáveis e bem nivelados, os equipamentos devem estar em pleno funcionamento, para que trabalhem como

o planejado, a equipe deve ser qualificada e disciplinada e deve haver implementação de trabalho padronizado. Smalley (2005) usa a denominação “estabilidade básica” e afirma que, basicamente, trata-se da previsibilidade e disponibilidade de forma constante dos 4M’s (materiais, métodos, mão de obra e máquinas);

- **Heijunka:** Ballé e Evesque (2016) afirmam que *heijunka* consiste em programar e melhorar o planejamento com o intuito de nivelar os altos e baixos da produção, de modo que seja aprendido a dividir e distribuir o trabalho, a fim de deixá-lo próximo ao *takt time*. Ohno (1997) considera que nivelar a produção é essencial para evitar flutuações e eliminar desperdícios na mesma;
- **Trabalho padronizado:** para Ballé e Evesque (2016) é importante que haja um foco nas soluções individuais de problemas no que diz respeito aos desempenhos diários, pois isto permite evidenciar padrões, lacunas e como eliminar estas, fazendo com que haja um aprofundamento do entendimento dos trabalhadores no que tange às especificidades de seu trabalho e às habilidades básicas requeridas para tal. Segundo Ohno (1997), para que um trabalho seja padronizado, é necessário que haja uma definição precisa de 3 elementos: tempo de ciclo (tempo para se produzir uma unidade – este conceito será abordado de forma mais aprofundada no item referente ao Mapeamento de Fluxo de Valor), sequência de trabalho (sequência propriamente dita dentro do fluxo da produção) e inventário padrão (mínima quantidade de materiais ou produtos (acabados ou não) para que a continuidade dos processos seja mantida);
- **Kaizen:** a tradução para *kaizen* é “mudança para o melhor”, mas no contexto da mentalidade enxuta, trata-se como “melhoria contínua”. O principal objetivo do *kaizen* é eliminar todo e qualquer desperdício. Trata-se de uma filosofia, a qual encoraje a pessoa a buscar a melhoria contínua através de mudanças nos mais variados aspectos. (SAYER; WILLIAMS, 2007, p.118). Segundo Sayer e Williams (2007) há dois tipos de “*kaizens*”: o de manutenção, cujo foco é manter os níveis de performance, e o de melhoria, cujo foco é a melhoria contínua propriamente dita dos processos que já existem ou da criação de novos ainda melhores. Ainda, de acordo com os autores, as razões para se promover o

kaizen é melhorar a qualidade, segurança e reduzir os custos, através, por exemplo: da implementação do *just-in-time*, padronização do trabalho, nivelamento e obtenção de ritmo de produção, dimensionamento das equipes de forma precisa e da redução ou eliminação de trabalho em progresso e estoques. Segundo Womack et. al (1992), Ohno deixava horários reservados com certa periodicidade para as equipes sugerirem medidas que fossem capazes de melhorar os processos.

2.1.2 Os 5 Princípios do Pensamento Enxuto de Womack e Jones – A Mentalidade Enxuta (1998)

No livro “A Mentalidade Enxuta”, Womack e Jones (1998) iniciam discorrendo sobre o conceito de “*muda*” (desperdício) e o quão Ohno o considerava nocivo. Os autores ainda afirmam que os desperdícios estão em toda parte e que há mais ao nosso redor do que podemos imaginar.

“Felizmente, existe um poderoso antídoto ao desperdício: o pensamento enxuto. O pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Em suma, o pensamento enxuto é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço – e, ao mesmo tempo aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam.” (WOMACK; JONES, 1998, p.3).

Para Womack e Jones (1998), o pensamento enxuto retroalimenta o processo rapidamente, possibilitando a transformação do desperdício em valor. Outro ponto abordado é o de que este pensamento não destrói empregos em nome da eficiência, mas cria novas formas de trabalho.

Para tanto, os autores definiram 5 princípios do pensamento enxuto:

- Especificar valor;
- Identificar cadeia de valor;
- Fluxo;
- Produção puxada;

- Perfeição.

Especificar valor

Womack e Jones (1998) tratam “valor” como o ponto de partida principal para o pensamento enxuto, afirmando que só quem pode definir valor é o cliente final a partir de um serviço ou produto que atenda os requisitos e as necessidades dos clientes em um determinado momento por um determinado preço.

O teste final para o valor é a comprovação da satisfação ou insatisfação do cliente com relação a um produto ou serviço. A busca por processos ou produtos ditos inovadores nem sempre refletem as necessidades dos clientes, portanto, para que se entenda valor, é preciso antes entender quem é o “alvo”.

Quem cria valor é o produtor, mas há uma certa dificuldade em especificar quem é o produtor propriamente dito, assim como há distorções por parte das empresas em especificar valor, dada as necessidades imediatas de acionistas e a mentalidade financeira dos gerentes. Tais distorções ocorrem por considerarem que o cliente está sujeito ao produto e não que o produto está sujeito ao cliente. O maior exemplo disso são as empresas aéreas. (WOMACK; JONES, 1998, p.5).

Identificar cadeia de valor

A “cadeia de valor” ou “fluxo de valor” é todo o caminho percorrido pelo produto ou serviço, do início, desde sua concepção, ao fim, até as mãos dos clientes, passando por etapas que agregam ou não algum valor. Para que desperdícios sejam identificados, é imprescindível que se conheça detalhadamente todas as etapas e processos dentro da cadeia de valor.

Segundo Womack e Jones (1998), a cadeia de valor, segundo passo no pensamento enxuto, é o conjunto de todas as ações que são essenciais para levar um produto (bem ou serviço) passando por 3 tarefas críticas de cunho gerencial. A primeira tarefa refere-se à solução de problemas (concepção, projeto, engenharia e lançamento do produto). A segunda tarefa refere-se ao gerenciamento da informação (pedido e entrega do produto, respeitando um cronograma). Por fim, a terceira tarefa refere-se à transformação física (matéria-prima ao produto acabado).

De acordo com Womack e Jones (1998), ao analisar a cadeia de valor ocorrem 3 tipos de ações no decorrer de sua extensão:

- Várias etapas agregam valor;
- Várias etapas não agregam valor, no entanto, não podem ser dispensadas com o risco de comprometer a produção;
- Várias etapas não agregam valor e podem e devem ser eliminadas o mais rápido possível.

Fluxo

Tendo valor sido especificado de forma precisa, a cadeia de valor devidamente mapeada e desperdícios eliminados, o terceiro passo é fazer com que as etapas que agregam valor fluam continuamente. (WOMACK; JONES, 1998, p.10).

O grande vilão que age contra o fluxo contínuo é o pensamento departamentalizado e em lotes, aparentemente inerente à natureza das pessoas desde os primórdios. Os lotes mantêm os produtos parados, gerando grandes esperas de trabalho em processo. (WOMACK; JONES, 1998, p.11).

O fluxo contínuo permite que todos os recursos (humanos, materiais – por unidade ou em lotes muito pequeno) permaneçam em movimento e agregando valor, eliminando estoques, esperas e atrasos da produção. Para que seja possível implementar o fluxo contínuo é necessário que haja um dimensionamento balanceado das etapas de processamento, isto é, em outras palavras, balanceamento dos tempos de ciclo. (WOMACK; JONES, 1998, p.13).

Produção puxada

Este é o quarto e princípio está completamente atrelado ao conceito de just-in-time, discutido anteriormente.

“Na verdade, é porque a capacidade de projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente quer quando o cliente quer, significa que você pode jogar fora a projeção de vendas e simplesmente fazer o que os clientes lhe dizem que precisam.” (WOMACK; JONES, 1998, p.14).

A implementação da produção puxada indica o fim dos estoques e acelera o retorno do investimento. Nesse esquema, o produto ou serviço é “puxado” pelo cliente, ou seja, é dada a ordem para a produção daquilo que foi desejado, ao contrário do que ocorre tradicionalmente, em que o produto é empurrado para os clientes, mesmo que estes já não o queiram mais. (WOMACK; JONES, 1998, p.14).

Ainda, para Womack e Jones (1998), as demandas tendem a tornar-se mais estáveis quando os clientes sabem que podem ter aquilo que desejam de forma imediata e quando aqueles que produzem deixam de fazer campanhas de descontos a fim de empurrar produtos estocados que mais ninguém quer.

Perfeição

Este último princípio está atrelado ao conceito de *kaizen* (melhoria contínua), discorrido anteriormente.

Acontecimentos como redução de tempo, custo, esforço e espaço passarão a ocorrer conforme o valor seja precisamente especificado, a cadeia de valor fielmente identificada, o fluxo contínuo efetivamente implementado e a produção sendo puxada pelos clientes. Isso fará com que os envolvidos tenham a impressão de que estes processos de redução são infundáveis, tornando a perfeição um desejo possível. (WOMACK; JONES, 1998, p.15).

Há uma tremenda interação entre os 4 primeiros princípios, ao ponto de que, os desperdícios ocultos aparecerão cada vez mais, conforme a velocidade de fluxo do valor aumente. Quanto mais se puxa, mais desafios aparecem para serem resolvidos. (WOMACK; JONES, 1998, p.16).

Para Womack e Jones (1998), quando os envolvidos passam a perceber a satisfação dos clientes, através de um *feedback* imediato, políticas de estímulo e reforço por recompensa financeira tornar-se-ão desnecessárias.

2.1.3 As 4 Regras de Spear e Bowen – Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção (1999)

Spear e Bowen (1999) afirmam que diversas empresas tentaram adotar o STP, mas poucas obtiveram sucesso. Mesmo aquelas consideradas como tendo uma mentalidade aberta a novas práticas falharam, fazendo com que executivos frustrados

atribuíssem a culpa do fracasso em raízes culturais. Mas tal argumento não é válido e cai por terra ao se comparar outras empresas japonesas que ficaram muitos distantes dos padrões da Toyota, passo que esta conseguiu introduzir seu sistema em todo o mundo, inclusive na América do Norte, onde a produção foi extremamente alta.

Segundo Spear e Bowen (1999), a explicação para tal falta de sucesso de outras empresas em implementar este sistema se dá pela confusão que elas fazem entre as ferramentas e as práticas. Womack e Jones (1992) já haviam afirmado sobre uma confusão comum que as empresas faziam entre *just-in-time* e *kanban*, acreditando que a implementação dos cartões já solucionaria muitos dos problemas.

As especificações, consideradas muito rígidas, é que tornam possíveis a criatividade, flexibilidade e adaptabilidade. As atividades, conexões e fluxos são roteirizadas de modo rigoroso. (SPEAR; BOWEN, 1999. p.97).

A fim de tornar explícito aquilo que está implícito, Spear e Bowen (1999) tentam descrever o STP através de 4 princípios, que eles também chamam de regras, sendo as três primeiras como sendo regras de projeto, explicando a preparação das operações, e a última como regra de melhoria, a qual descreve como o STP é ensinado para os trabalhadores em cada nível.

1ª Regra – Como as pessoas trabalham

Esta regra implica que todo o trabalho deva ser extremamente especificado quanto ao seu conteúdo, entradas, sequência de produção, tempo e saída (resultados), no entanto, é comum, em muitas empresas, que o funcionários mais antigos ensinam aos recém-chegados sua forma de trabalhar, ou seja, aquela que ele mesmo descobriu ser a mais “fácil e eficiente”, do ponto de vista do próprio trabalhador, no entanto, tal prática (mais antigos ensinando os mais novos) resulta em uma alta variabilidade na força de trabalho, visto que, um mesmo serviço poderá ser feito de várias maneiras diferentes por diferentes pessoas que aprenderam com diferentes “professores”. Isto evidencia uma clara falta de padronização do trabalho. (SPEAR; BOWEN, 1999, p.98).

Segundo Spear e Bowen (1999), na Toyota, tanto os operadores e supervisores mais antigos e mais novos seguem sequências bem definidas para a realização de cada serviço, fazendo com que qualquer mudança no roteiro, mesmo as mais sutis, sejam aparentes no sistema e então corrigidas.

Os gerentes da Toyota não dizem para os supervisores e trabalhadores como exatamente eles devem realizar seus trabalhos, eles utilizam uma técnica de ensino e aprendizagem que faz com que os funcionários descubram a regra através da solução de problemas. Isso ocorre por meio de perguntas que o gerente faz aos funcionários, pertinentes ao seu trabalho. (SPEAR; BOWEN, 1999, p.99).

De acordo com Spear e Bowen (1999), apesar desta regra ser aparentemente simples e intuitiva, a maioria dos gerentes das empresas não a aplicam, mesmo acreditando estarem colocando-a em prática.

2ª Regra – Como as pessoas se conectam

Neste contexto, a conexão entre pessoas pode ser expressa como a comunicação entre elas.

Ao passo que, na regra anterior (1ª regra) é especificado como as pessoas trabalham, nesta regra (2ª), é explicado como elas devem se conectar entre si, visto que a relação entre pessoas é inevitável. Esta regra pode ser explicada fazendo as seguintes considerações: as conexões (isto inclui todas) devem ser diretas e padronizadas, deixando bem claro quem são as pessoas envolvidas, o modo como os bens e serviços são prestados, bem como sua quantidade, a forma que os pedidos são realizados pelo cliente e, por fim, o tempo esperado para que os pedidos sejam efetivamente atendidos. Tal conexão é imprescindível para o funcionamento pleno do sistema. Muitas empresas investem uma grande quantidade de recursos para a coordenação de pessoas, mas suas conexões normalmente não são tão diretas e muitas vezes equivocadas. (SPEAR; BOWEN, 1999, p.100).

Segundo Spear e Bowen (1999), esta regra cria uma relação entre o fornecedor e o cliente, trazendo como resultado a eliminação das dúvidas de quem fornece o que e para quem será fornecido.

3ª Regra – Como a linha de produção é construída

“O caminho para todos os produtos e serviços deve ser simples e direto.” (SPEAR; BOWEN, 1999, p.98, tradução livre pelo autor).

De acordo com Spear e Bowen (1999), na Toyota toda linha de produção deve ser preparada e configurada para que o fluxo do produto respeite um caminho

previamente definido. É ressaltado que esta regra vale não somente para produtos, mas também para serviços. Os produtos e serviços não são encaminhados para a próxima pessoa ou máquina que esteja disponível, e sim para as pessoas e máquinas específicas. É visto como um problema quando não há a disponibilidade destas, o qual pode levar até a recriação de um novo projeto da linha de produção.

É fato que, caso haja um desvio do trabalhador dentro da linha de produção, tal como, desviar a produção para outra máquina ou estação, ou se comesçassem a ajudar outros que não fossem ajudantes designados, concluir-se-á que há incompatibilidades entre a demanda real e a expectativa, evidenciando a necessidade de revisão da linha de produção. A primeira, segunda e terceira regras permitem que a Toyota realize experimentos e continue a ser responsiva e flexível. (SPEAR; BOWEN, 1999, p.102).

4ª Regra – Como melhorar

Na concepção de Spear e Bowen (1999), a 4ª regra afirma que quaisquer melhorias nas atividades de produção, nas relações entre trabalhador/máquina e trabalhador/trabalhador e em percursos na produção, devem ser realizadas através de métodos científicos por meio da orientação de professores, no nível mais baixo que houver da organização.

O primeiro passo em direção a um processo de melhoria é a identificação de problemas no sistema. Saber o que mudar, quando mudar, como mudar e quem são os responsáveis pelas mudanças são pré-requisitos para que qualquer pessoa as realize de modo que sejam efetivas. A Toyota não espera que os trabalhadores aprendam a melhorar através de suas experiências pessoais, mas sim as ensinam como devem proceder para alcançar a melhoria desejada. As melhorias são realizadas pelos próprios trabalhadores nas suas próprias funções, com a orientação e assistência de seus supervisores (SPEAR; BOWEN, 1999, p.102).

Spear e Bowen (1999) finalizam afirmando que, através das 4 regras, fazendo com que os trabalhadores tornem-se responsáveis e capazes de realizar as melhorias em seus próprios trabalhos, padronizando as conexões e levando a solução dos problemas de fluxo e conexão para os níveis mais inferiores, é possível obter uma organização com uma estrutura altamente unida e conectada.

2.1.4 Os 14 Princípios de Liker – O Modelo Toyota (2005)

Para Liker (2005), em “O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo”, a maioria das tentativas de implementar a produção enxuta não deram muito certo por terem ocorrido de formas muito superficiais. Segundo o autor, esta superficialidade se dá pelo fato das empresas terem dado foco principal nas ferramentas de aplicação, e não na mentalidade enxuta propriamente dita, isto é, sem compreender a mentalidade enxuta como um sistema inteiro que deve percorrer todas as veias da cultura de uma organização para efetivamente funcionar.

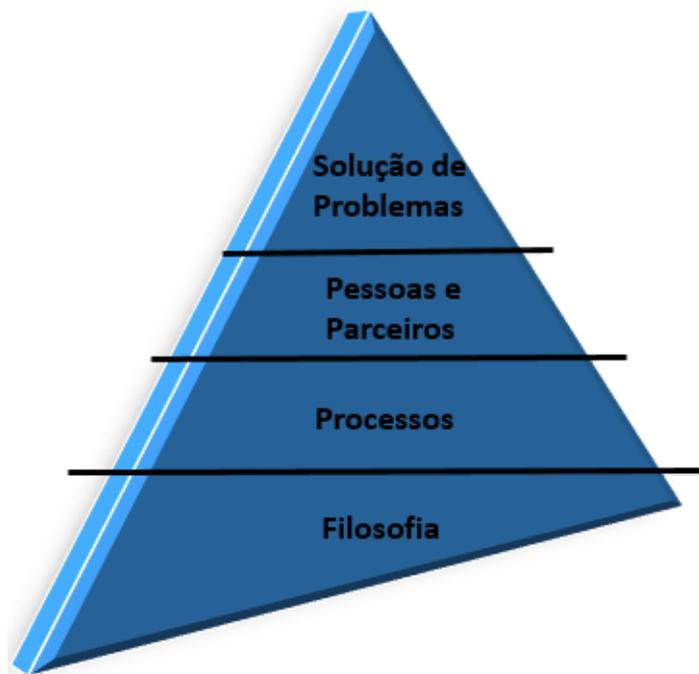
Liker (2005) acrescenta que, para ser um “fabricante enxuto” é imprescindível ter um pensamento focado em fazer o produto ou serviço fluir através de processos que agreguem valor, ocorrendo sem interrupções em um sistema puxado e disposto a melhorar continuamente.

Com base em 20 anos de experiência estudando a Toyota, Liker (2005), descreve em 14 princípios aquilo que ele considera a fundação do STP, divididos em 4 categorias com o intuito de facilitar o entendimento. Todas as categorias são nomeadas com palavras que, na língua inglesa, se iniciam com a letra “p”, o que Liker (2005) chama de 4P’s, que correspondem a:

- *Philosophy* (filosofia);
- *Process* (processos);
- *People/partners* (pessoas/parceiros);
- *Problem solving* (solução de problemas).

Os 4P’s são representados por uma pirâmide dividida em 4 seções, apresentada a seguir, na Figura 4:

Figura 4 - Os 4P's do Modelo Toyota



Fonte: LIKER (2005)

Liker (2005) aponta as 4 categorias do seguinte modo:

A primeira categoria, filosofia, é a base da pirâmide e do sistema e se apoia no pensamento filosófico de longo prazo.

A segunda categoria, processos, fica acima da base e refere-se à eliminação de desperdícios, levando em consideração que os processos certos produzirão os resultados esperados.

A terceira categoria, pessoas e parceiros, fica acima da segunda e refere-se ao respeito, desafios e crescimento, considerando que se deve agregar valor a empresa desenvolvendo as pessoas e os parceiros.

A quarta e última categoria, solução de problemas, fica no topo da pirâmide e se apoia na melhoria contínua e no aprendizado, partindo da premissa de que resolver os problemas pela raiz leva a aprendizagem organizacional.

A partir desta categorização, Liker (2005), descreve seus 14 princípios, explicados a seguir:

Filosofia

- **1° Princípio:** basear todas as decisões, no âmbito do gerenciamento, em filosofias de longo prazo, mesmo que seja às custas dos objetivos financeiros de curto prazo.

Processos

- **2° Princípio:** desenvolver processos de fluxo contínuo para fazer com que os problemas se tornem evidentes;
- **3° Princípio:** adotar um sistema de produção puxada, a fim de evitar a superprodução;
- **4° Princípio:** nivelar a carga de trabalho. Este princípio refere-se ao conceito de *heijunka*;
- **5° Princípio:** desenvolver a cultura de parar e resolver os problemas, com o intuito de alcançar a qualidade desde o início;
- **6° Princípio:** padronizar atividades, a fim de obter melhoria contínua e desenvolver a capacidade dos trabalhadores;
- **7° Princípio:** adotar técnicas e ferramentas de controle visual para que os problemas não permaneçam escondidos;
- **8° Princípio:** utilizar tecnologias confiáveis, de qualidade comprovada, com o objetivo de auxiliar as pessoas e os processos.

Pessoas e parceiros

- **9° Princípio:** desenvolver líderes que compreendam sistematicamente a filosofia e ensinem demais pessoas;
- **10° Princípio:** desenvolver pessoas e equipes notáveis que sigam e respeitem fielmente a filosofia da empresa;
- **11° Princípio:** tratar com muito respeito seus parceiros e fornecedores, sempre os ajudando e incentivando a melhorar continuamente.

Solução de problemas

- **12° Princípio:** Ir ver o que está realmente acontecendo para compreender sistematicamente a situação;
- **13° Princípio:** tomar decisões com calma, em senso comum, mas implementá-las rapidamente;
- **14° Princípio:** transformar-se em uma organização de aprendizagem, por meio de muitas reflexões e da melhoria contínua.

2.2 A CONSTRUÇÃO ENXUTA E SEUS PRINCÍPIOS

Este item abordará todos os assuntos pertinentes ao pensamento enxuto aplicado no ambiente da construção civil (construção enxuta), apresentando seus princípios do ponto de vista de Koskela (1992), o pioneiro da aplicação do pensamento enxuto neste setor tão diversificado.

2.2.1 Construção Enxuta

Em “Aplicação da Nova Filosofia de Produção na Construção”, Koskela (1992) faz uma crítica aos processos tradicionais adotados na construção civil e propõe uma nova abordagem, com base na mentalidade enxuta e seus principais conceitos, até então aplicados no ambiente fabril, principalmente nas indústrias do ramo automobilístico. A partir disso, ele apresenta 11 princípios para a implementação daquela que hoje é conhecida como “construção enxuta”.

Os problemas daquela época (1992) persistem até hoje, mesmo que, de algum modo, tenham diminuído, o que está relacionado também ao país e região em que se vive. Tais problemas são velhos conhecidos como: falta de mão de obra especializada, condições de trabalho não muito boas, planejamento informal ou simplesmente ausente, falta de empresas sérias administradas por pessoas capacitadas no setor, enorme rotatividade de trabalhadores, entre outras dezenas ou centenas de problemas.

A construção enxuta busca, através de uma nova filosofia de produção e da aplicação de ferramentas que permitam que os processos funcionem segundo seus conceitos, “enxugar” a construção de modo que a produtividade, agilidade, máxima eliminação

de desperdício, agregação de valor, controle, qualidade e variedade de produtos presentes nas indústrias, sejam características também do setor da construção civil.

Para desenvolver sua ideia, Koskela (1992), baseou-se em dois conceitos raízes do STP, que são: *Just-in-Time* (JIT), discutido anteriormente, e *Total Quality Control* (TQM) que, traduzido, significa “controle total da qualidade”. Ainda segundo o autor, o movimento inicial para o controle da qualidade foi a inspeção de matérias primas e produtos através de métodos estatísticos. De acordo com Shingo (1988) apud Koskela (1992), o controle da qualidade deve ir da produção até os departamentos, dos trabalhadores até a gerência e o conceito de qualidade deve abranger todas as etapas e processos realizados dentro da organização.

Antes de partir para a nova filosofia de produção e para os 11 princípios propriamente ditos, é essencial que se entenda a filosofia de produção convencional.

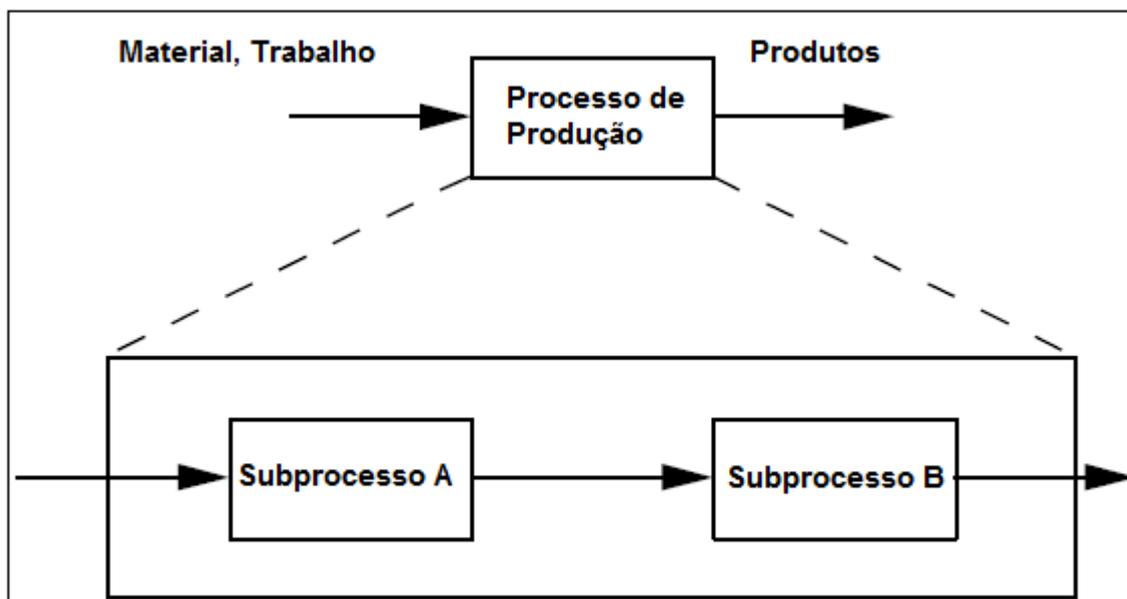
2.2.2 Filosofia de Produção Convencional

Segundo Koskela (1992), o modelo de produção convencional é evidente e baseado em conversões, associadas aos conceitos de organização e gerenciamento. Ele ainda define processos de conversão como:

- Conversão de uma entrada para uma saída, isto é, transformação da matéria-prima (entrada) em produto (saída);
- Há a possibilidade de dividir os processos de conversão em subprocessos de conversão;
- Ao diminuir os custos dos subprocessos, é possível minimizar os custos do processo total;
- Os custos ou valores de saída estão diretamente ligados aos custos ou valores de entrada do processo, ressaltando-se que valor não é considerado tão importante no modelo convencional.

A Figura 5, a seguir, representa o processo de conversão de uma entrada para uma saída e seus possíveis subprocessos.

Figura 5 - Visão convencional da produção em processos de conversão



Fonte: KOSKELA (1992)

Koskela (1992) chama esse modelo de falso, considerando críticas do ponto de vista do JIT e do TQC. No primeiro (JIT), ele afirma que o foco nas conversões faz com que os fluxos físicos entre elas sejam desconsiderados, ou seja, atividades de movimentação, espera e inspeção, as quais não agregam valor algum. Ou, até mesmo, todas as atividades são consideradas de conversão, inclusive as de fluxo, o que, na teoria, só agregam valor. Mas esta é uma interpretação altamente falha. No segundo (TQC), o autor afirma que a saída (produto) sofre variabilidades, não atendendo requisitos e especificações, sendo necessário retrabalho e que as especificações das conversões são falhas e com imperfeições, atendendo só parte do que é requisitado.

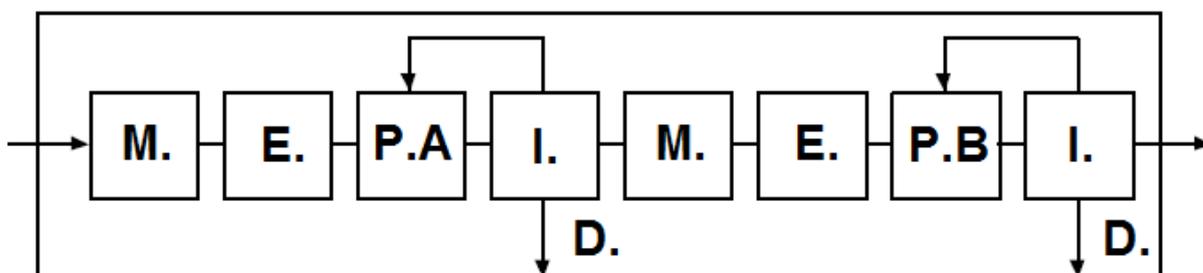
2.2.3 Nova Filosofia de Produção

Para Koskela (1992) o modelo da nova filosofia de produção deve corrigir as imperfeições do modelo convencional. Este novo modelo de produção é visto como conversões e fluxos e pode ser definido da seguinte forma:

A produção é considerada um fluxo de materiais e informações, que vai da matéria-prima ao produto, onde o material é processado, inspecionado, se movimenta ou está esperando (esperas). Há diferenças entre estas atividades, ou seja, os materiais sendo processados representam as conversões, ao passo que, esperas, movimentos e inspeções correspondem aos fluxos. Os fluxos de processos são definidos por valor,

tempo e custo, sendo que o valor está relacionado em atender ou não os requisitos dos clientes. Apenas as atividades de processamento agregam valor na esmagadora maioria das vezes. Tais atividades representam alterações do material do ponto de vista do fluxo de materiais. (KOSKELA, 1992, p.15).

Figura 6 - Fluxo de processos da produção



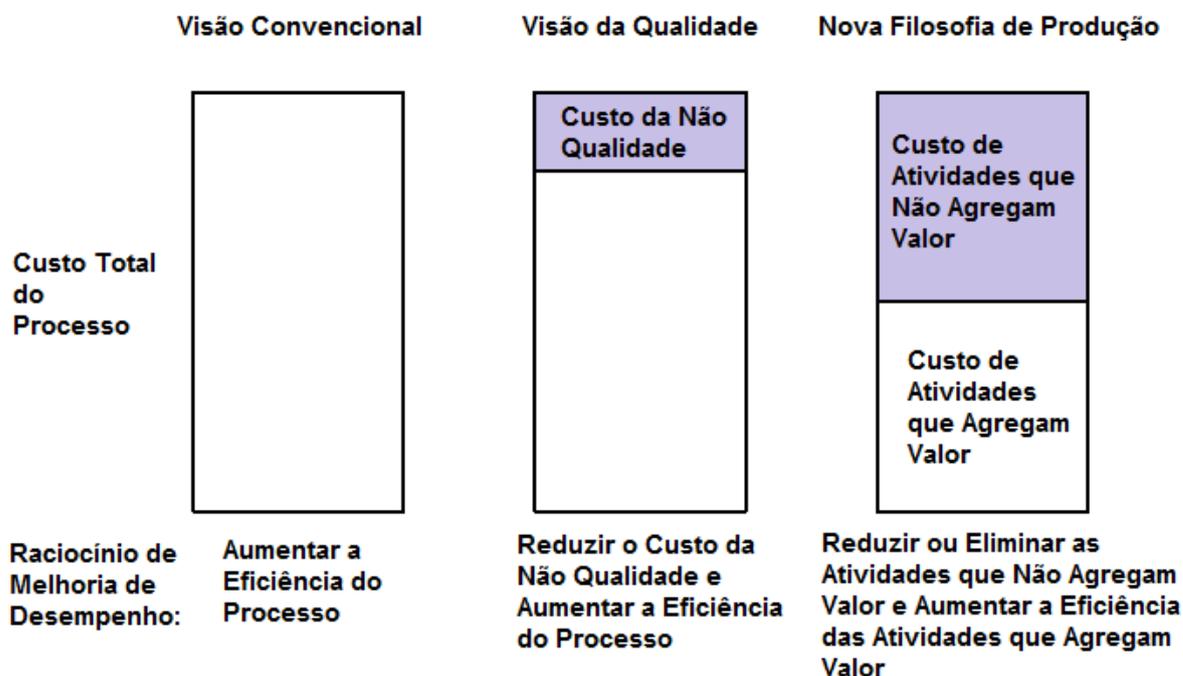
Fonte: KOSKELA (1992)

A Figura 6, acima, representa o fluxo de processos da produção, onde “M.” é movimentando, “E.” é esperando, “P.A” é processando A, “I.” é inspecionando, “D.” é descarte e “P.B” é processando B. Nota-se que somente “P.A” e “P.B” estão agregando valor.

“Enquanto todas as atividades gastam dinheiro e consomem tempo, somente as atividades de conversão agregam valor ao material ou parte da informação sendo transformada em produto. Logo, a melhoria das atividades de fluxo deve focar primordialmente na sua redução ou eliminação, ao passo que, as atividades de conversão devem ser feitas de modo mais eficiente.”
(KOSKELA, 1992, p.16, tradução nossa).

A Figura 7, a seguir, representa a ideia da nova filosofia de produção, em comparação com a visão convencional e com a visão da qualidade. É fácil perceber que na visão convencional e da qualidade, não há divisão entre atividades que agregam e não agregam valor.

Figura 7 - Melhoria de desempenho em três visões



Fonte: KOSKELA (1992)

2.2.4 Os 11 Princípios da Construção Enxuta por Koskela (1992)

Para projetar, aprimorar e controlar os processos de fluxo, Koskela (1992), propôs 11 princípios, descritos a seguir:

Reduzir ou eliminar atividades que não agregam valor

Consiste em reduzir ou eliminar atividades que consomem materiais, espaço e tempo, mas que não agregam valor, também conhecidas como desperdícios. As atividades que agregam valor convertem materiais e informações em produtos ou serviços que atendam aos requisitos dos clientes. Ainda para Koskela (1992), há 3 causas para atividades que não agregam valor, que são natureza de produção (imprevistos), desenho de organizações hierárquicas e ignorância.

Aumentar o valor da produção, considerando os requisitos dos clientes de forma sistemática

Há dois tipos de clientes, que são aqueles que realizarão as próximas atividades na produção e o cliente final. Este princípio prega que aumentar o valor é atender os requisitos esperados e até não esperados pelos clientes. Estes deverão ser

precisamente definidos em cada estágio e seus requisitos sistematicamente analisados.

Reduzir a variabilidade da produção

Produtos de mesmo tipo podem apresentar diferenças devido a variabilidade dos processos de produção, os quais englobam matéria prima, tempo e serviços que variam. A importância de se diminuir a variabilidade está conectada ao ponto de vista do cliente final, que considera melhor um produto uniforme, e à diminuição de atividades que não agregam valor. A variabilidade é abordada por teorias de controle estatístico (consiste na variabilidade de medição com a identificação das causas raízes) e pode ser reduzida através da padronização das atividades.

Reduzir o tempo de ciclo

O tempo de ciclo é o tempo que um determinado produto ou material leva para atravessar todo o fluxo de produção. Ele é composto pela soma dos tempos de processamento, inspeção, espera e movimentação. Logo, a redução destes tempos, reduz o tempo de ciclo. Alguns benefícios que podem ser obtidos pela redução deste tempo são: reduzir tamanho dos lotes, atividades em paralelo, mudança nos *layout*, aprimorar controle e adotar *just-in-time*.

Simplificar os processos, diminuindo o número de etapas e ligações

Este princípio é entendido como a redução do número de etapas em fluxo de material e/ou informação ou a redução do número de componentes de um produto e está diretamente ligado ao primeiro e ao segundo princípio, onde são reduzidas ou eliminadas atividades que não agregam valor e, as que agregam, são reconfiguradas para serem melhoradas. Algumas abordagens para simplificação dos processos são: padronizar peças e materiais, diminuir a quantidade de informações de controle necessárias e diminuir fluxo pela consolidação das atividades.

Aumentar a flexibilidade de saída

Segundo Formoso (2002), este princípio refere-se a capacidade de diversificar e alterar as características dos produtos, garantindo a variedade de escolhas, sem aumentar exponencialmente o custo de produção. Para Koskela (1992), é possível aumentar a flexibilidade de saída a partir da redução de lotes (se aproximando da

demanda), mão de obra polivalente, customizar o produto o mais tarde possível nos processos e diminuir as dificuldades de ajustes e troca.

Aumentar a transparência dos processos

A baixa ou ausência de transparência nos processos maximiza as chances de erros ocorrerem e dificulta a visibilidade destes. Aumentar a transparência da produção facilita o controle da mesma. Algumas práticas a serem adotadas são: controle visual, reduzir interdependência da produção, tornar o processo facilmente observável e incluir informações dos processos nos locais de trabalho.

Ter foco e controle em todo o processo

Neste princípio, é pregado que o controle deve ser concentrado em todo o processo. Para isto, deve ser possível que o processo total possa ser medido e que haja uma autoridade de controle sobre ele. Lembrando que o fluxo de materiais, informações e produtos atravessa fronteiras que vão do fornecimento para produção e até o cliente final.

Melhoria contínua dos processos

Reduzir ou eliminar atividades que geram desperdício e aumentar o valor da produção são atividades internas e interativas que não devem ser interrompidas, mantendo um ciclo contínuo de melhoras. Algumas medidas que auxiliam para implementação deste princípio são: adotar padronização, melhorar o controle, definir metas, recompensas e premiações, atribuindo responsabilidades pelas melhorias aos funcionários.

Nivelar a melhoria de fluxos com a melhoria de conversões

O fluxo e as conversões estão fortemente conectados e, dependendo da situação, a melhoria em um pode ser muito mais rentável do que no outro. A melhoria no fluxo gera mais impactos quando há um processo de produção mais complexo e quando há mais desperdícios inerentes a este processo, além de requerer investimentos menores, necessitando, no entanto, de mais tempo. Vale ressaltar que, a capacidade de conversão é menos exigida quando se tem melhores fluxos e, quando se tem fluxos controlados, é facilitada a implementação de novas tecnologias para conversão, as quais tornam possíveis as reduções na variabilidade.

Benchmarking

Consiste em aprender com exemplos bem sucedidos, conhecendo e compreendendo os processos utilizados, a fim de incorporar à realidade da empresa, copiando ou modificando as melhores práticas em busca de resultados similares.

2.3 FERRAMENTAS DA PRODUÇÃO ENXUTA

Este item abordará todos os assuntos pertinentes às técnicas e ferramentas da produção enxuta utilizadas para a obtenção de um diagnóstico sob a ótica de tal filosofia. As técnicas e ferramentas em questão são: Linhas de Balanço (LB) e Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), as quais são utilizadas para o desenvolvimento da metodologia da atual pesquisa. No entanto, vale ressaltar que há muitas outras para diferentes fins, de acordo com as necessidades e objetivos de cada projeto.

Segundo Bulhões (2009) a técnica de LB foi criada há algumas décadas, entretanto, não faz muito tempo que ela passou a ser utilizada pela comunidade envolvida com o pensamento e produção enxutas. Ressaltando que, na construção civil, ainda carece de mais divulgação de sua existência e benefícios para o planejamento. Já a técnica de MFV é uma velha conhecida no “meio *lean* (enxuto)”.

Ortiz (2013) dividiu algumas técnicas de acordo com suas principais funções, tais como: técnicas de planejamento, técnicas de diagnóstico e técnicas operacionais, apresentadas na Figura 8, a seguir.

Figura 8 - Técnicas separadas por suas principais funções



Fonte: ORTIZ (2013)

2.3.1 Linhas de Balanço (LB)

Limmer (1997) salienta que, apesar das atividades na construção civil terem um grau de repetitividade muito baixo, em um contexto geral, obras lineares, tais como edifícios, rodovias, ferrovias, conjuntos habitacionais e tubovias tem um grau de repetitividade consideravelmente alto. O autor acrescenta que, para o planejamento de obras não repetitivas, é usual a utilização da técnica integrada Gantt - PERT/CPM, ao passo que, para obras repetitivas é possível, e recomendável, a utilização da técnica de linhas de balanço (LB), também conhecida como “tempo-caminho”.

A técnica de LB consiste em linhas ou barras traçadas ou desenhadas em um plano cartesiano, no qual o eixo das abscissas representa o tempo, enquanto o eixo das ordenadas representa a localização. Cada linha ou barra representa um tipo de atividade e sua inclinação acusa seu ritmo de produção. (LIMMER, 1997, p. 51).

A LB é um método de planejamento gráfico que leva em conta a localização de forma explícita, considerando esta como uma dimensão a mais do planejamento, o que permite que os recursos sejam planejados de forma que sejam usados de modo contínuo, podendo reduzir os custos e problemas com agendamento de mão de obra. (SOINI; LESKELA; SEPPANEN, 2004, p.2).

De acordo com Su e Lucko (2015), a técnica de LB é uma ferramenta analítica de grande utilidade para o planejamento de atividades repetitivas na construção civil que, entre outras possibilidades, permite mostrar “quais” equipes trabalharão “o que” em “quais” localidades.

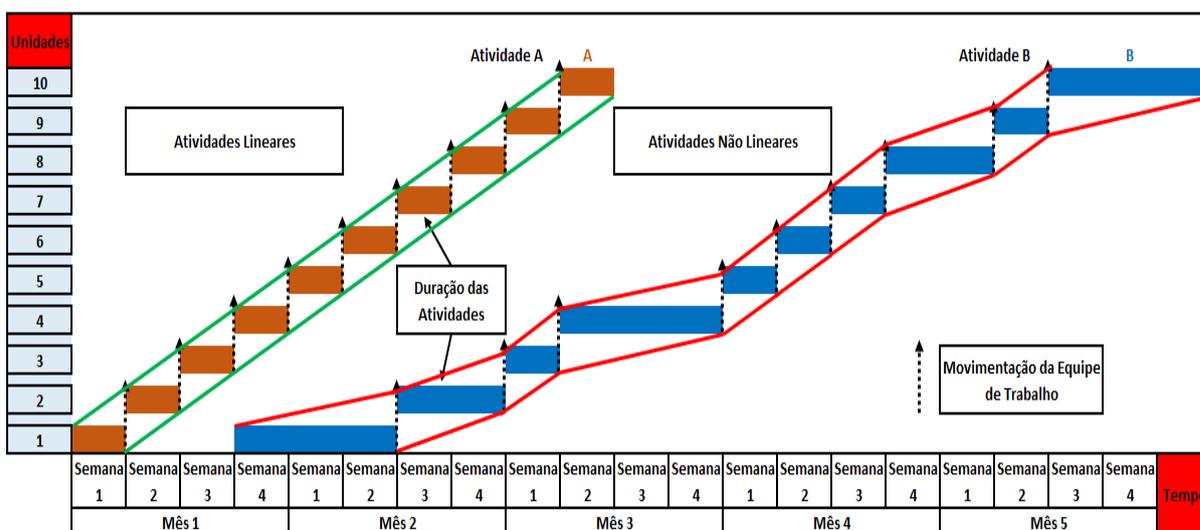
Vargas (2015) afirma que a utilização da técnica de LB está conectada às tentativas de se incorporar os conceitos de construção enxuta. Vale ressaltar que ela é utilizada principalmente no planejamento de longo prazo.

Segundo Monteiro e Martins (2011), tal técnica permite entender com mais clareza as relações entre uma atividade e outra e torna graficamente simples compreender o que está acontecendo no empreendimento, visto que torna possível que sejam realizados paralelos entre o planejado e o executado, o que leva a um aumento do controle sobre o próprio empreendimento.

Ainda de acordo com Monteiro e Martins (2011), através da técnica de LB é possível ter acesso a informações como:

- Ritmo de produção;
- Dependências entre atividades;
- Intervalos espaciais ou temporais entre atividades;
- Comparação de ritmos entre atividades;
- Descontinuidades em uma mesma atividade;
- Comparação entre planejado, previsto e realizado;
- Programação das atividades para uma determinada data e localização;
- Datas limites evidenciadas no gráfico.

Figura 9 - Atividades lineares e atividades não lineares



Fonte: Baseado em ARDITI et al. (2001)

A Figura 9, acima, apresenta uma comparação entre a “Atividade A” e a “Atividade B”, sendo a primeira “linear” e a segunda “não linear”. No “Eixo Y” estão representadas as unidades, isto é, a localização da realização das atividades, ao passo que, o “Eixo X” representa o tempo (em semanas e meses neste exemplo) e a duração do empreendimento. As barras, marrons e azuis, representam as atividades e suas durações em cada unidade, enquanto as setas tracejadas apontadas para cima representam a movimentação da(s) equipe(s) de trabalho. (ARDITI et al., 2001, p.94).

As atividades não lineares são definidas por um caráter repetitivo das operações que, no entanto, apresentam saídas não regulares (ou não uniformes) em cada unidade. É

possível notar, na Figura 9, um padrão de conclusão constante (ou igual) na atividade A (atividade linear) e outro padrão de conclusão desigual na atividade B (atividade não linear). Exemplo de atividade não linear: construção de uma rodovia, onde o trabalho de terraplenagem variar-se-á de uma seção para outra. (ARDITI et al., 2001, p.94).

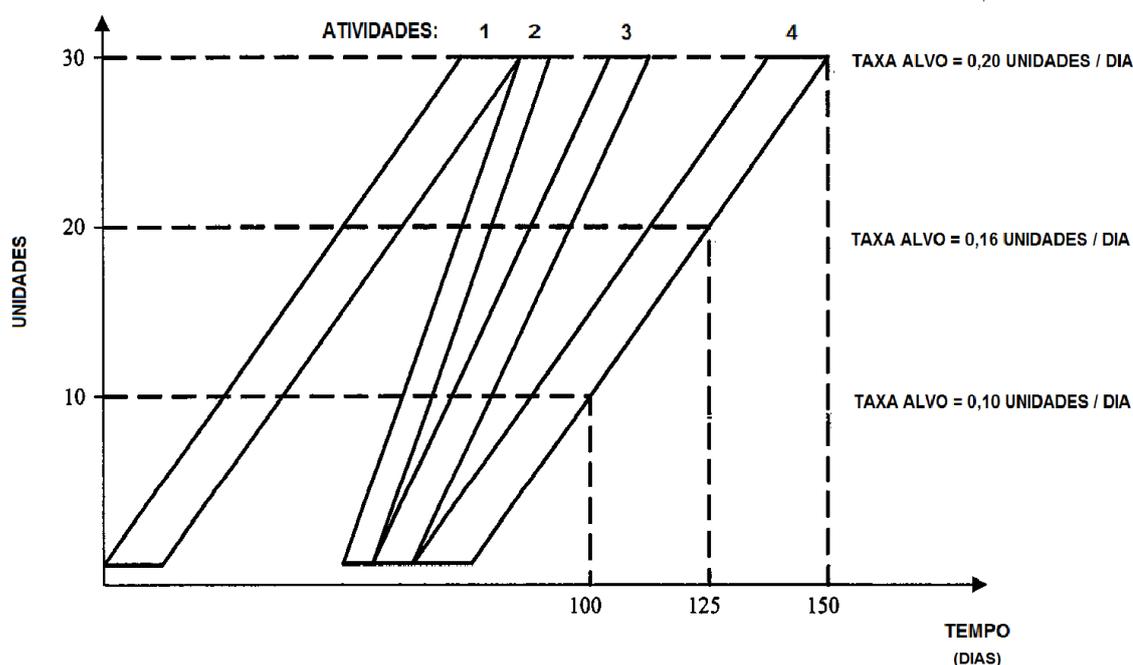
Taxa de produção

Segundo Arditi et al. (2002), a LB permite que seja feito um balanceamento entre as atividades, a fim de manter um fluxo contínuo, além de fornecer uma taxa de produção (unidades/dia, unidades/semana, unidades/mês), a qual pode ser ajustada em cada uma das atividades para melhorar o fluxo dos recursos.

No caso de um diagnóstico, como neste trabalho, é possível identificar a taxa de produção atual, enquanto que, na fase de planejamento, é possível determinar uma taxa de produção ótima.

De acordo com Lumsden (1968) apud Arditi et. al (2002), a LB é guiada pelas entregas solicitadas de unidades concluídas, baseadas na informação de qual número de unidades devem ser concluídas em um determinado tempo (Ex.: dia) para que as metas sejam alcançadas como programado. Sendo a “taxa alvo” determinada, as taxas de produção de cada atividade não devem ser inferiores a esta.

Figura 10 - Taxas alvo no diagrama da LB



Fonte: Adaptado de ARDITI et. al (2002)

A figura 10, acima, mostra que, para se produzir 10 unidades em 100 dias, é necessária uma taxa alvo de 0,10 unidades/dia (10/100). Caso sejam acrescentadas mais 10 unidades e mantendo-se a taxa de produção das primeiras 10 unidades, é possível que sejam produzidas 20 unidades em 125 dias, cuja taxa alvo é de 0,16 unidades/dia (20/125). Acrescentando-se mais 10 unidades e, novamente, mantendo-se a taxa de produção das 20 primeiras unidades, é possível produzir 30 unidades em 150 dias, cuja taxa alvo é de 0,20 unidades/dia (30/150).

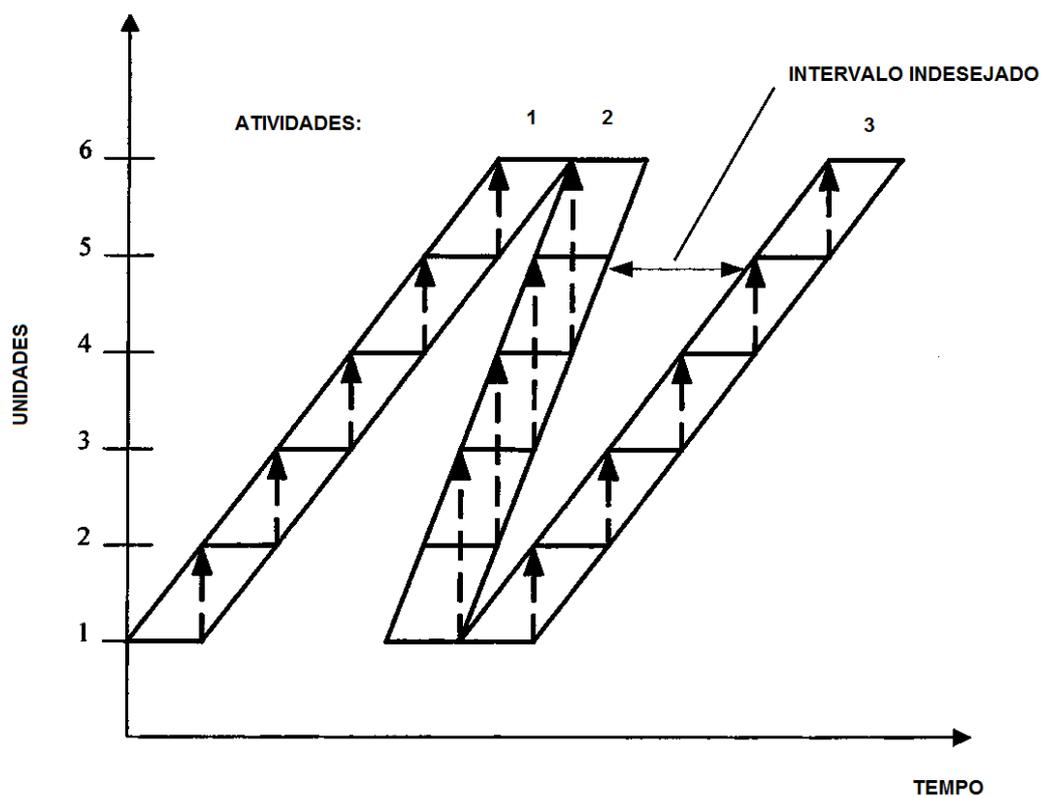
Curva do efeito aprendido

Arditi et. al (2002) afirmam ainda que a técnica de LB assume que a relação entre tempo/unidade é linear, isto é, que a taxa de produção é constante e invariável, no entanto, não é o que ocorre na realidade, visto que, quanto maior o número de vezes em que um trabalho é realizado, menor será o tempo requerido para sua finalização, o que é conhecido como "*learning curve effect*", ou curva do efeito aprendido. Tal efeito assume que há uma melhora no desempenho dos trabalhos devido ao alto grau de repetitividade que os trabalhadores estão submetidos.

Dependência entre atividades

A dependência entre atividades ocorre quando uma atividade só pode ser realizada depois de uma outra atividade precedente, havendo uma dependência de tempo. A atividade com dependência de tempo não pode ser realizada considerando sua própria taxa de produção, ou seja, deve-se unificar a taxa de produção, adotando aquela da atividade dominante. Deste modo, a atividade que teve sua taxa ajustada sofrerá inevitavelmente com ociosidades. As Figura 11 e 12 representam a dependência de tempo entre as atividades 2 e 3, sendo esta última a dominante. (ARDITI et al., 2002, p.547).

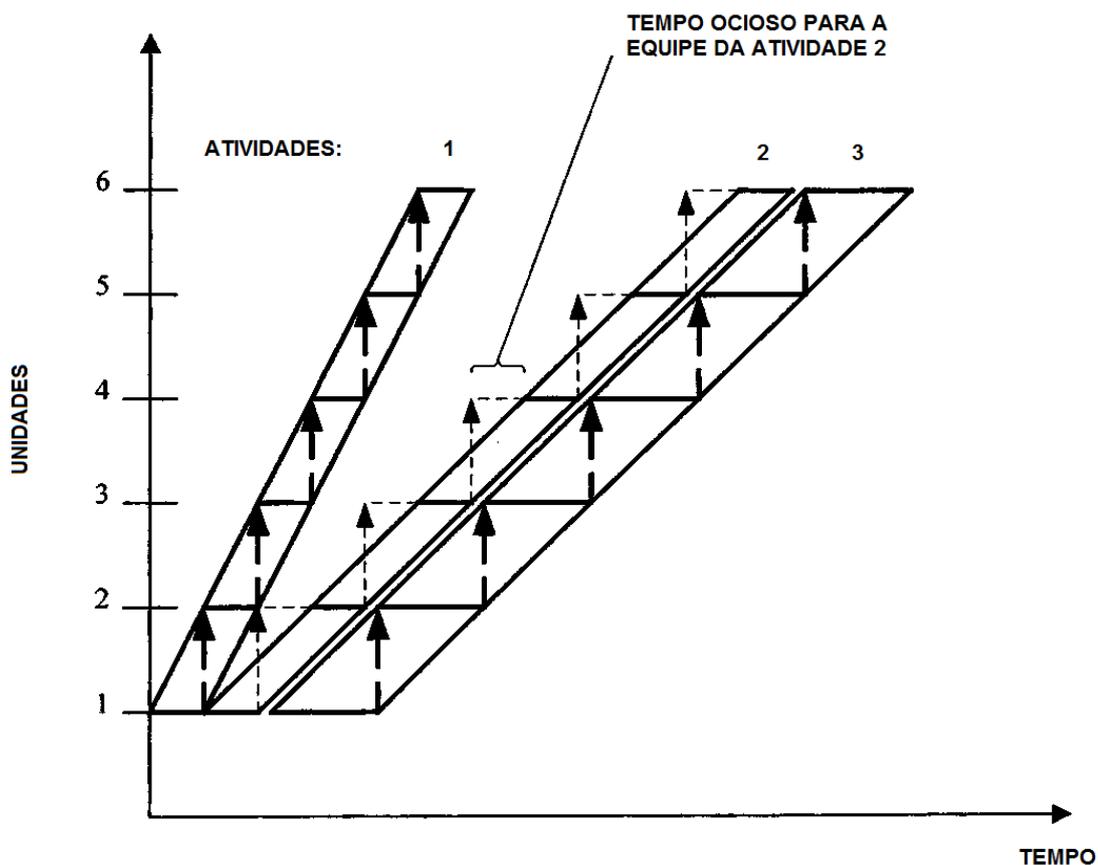
Figura 11 - Cronograma indesejado



Fonte: Adaptado de ARDITI et. al (2002)

A Figura 11, acima, apresenta um cronograma não recomendado entre atividades dependentes (2 e 3), visto que há um intervalo indesejado entre elas.

Figura 12 - Cronograma desejado



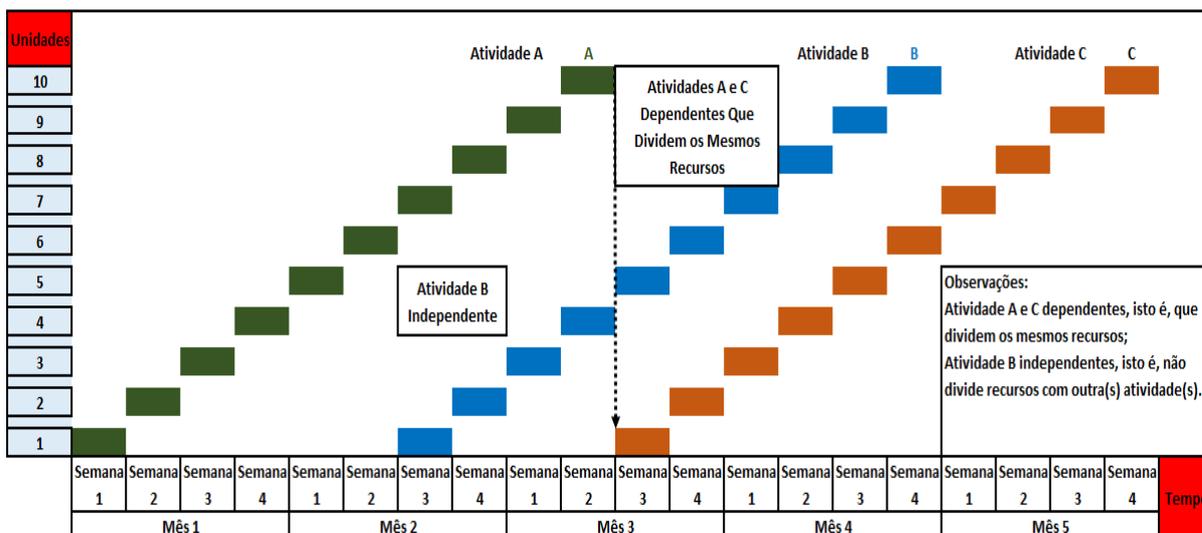
Fonte: Adaptado de ARDITI et. al (2002)

A Figura 12, acima, apresenta um cronograma recomendado entre atividades dependentes (2 e 3), onde há a unificação das taxas de produção, sendo a atividade 3 a dominante. Nota-se, também, que há tempo ocioso na atividade 2, como previsto e explanado nos parágrafos anteriores.

Em casos que há limitações de recursos, é comum que algumas atividades se dividam, o que espelha diretamente no cronograma, visto que o início de uma atividade dependerá do fim da outra.

A Figura 13, abaixo, apresenta 3 atividades, sendo que a atividade C divide recursos com a atividade A, sendo assim, a atividade C só poderá iniciar ao fim da atividade A, enquanto que a atividade B é independente, ou seja, não divide recursos com nenhuma outra atividade.

Figura 13 - Atividades que dividem recursos



Fonte: Baseado em ARDITI et. al (2001)

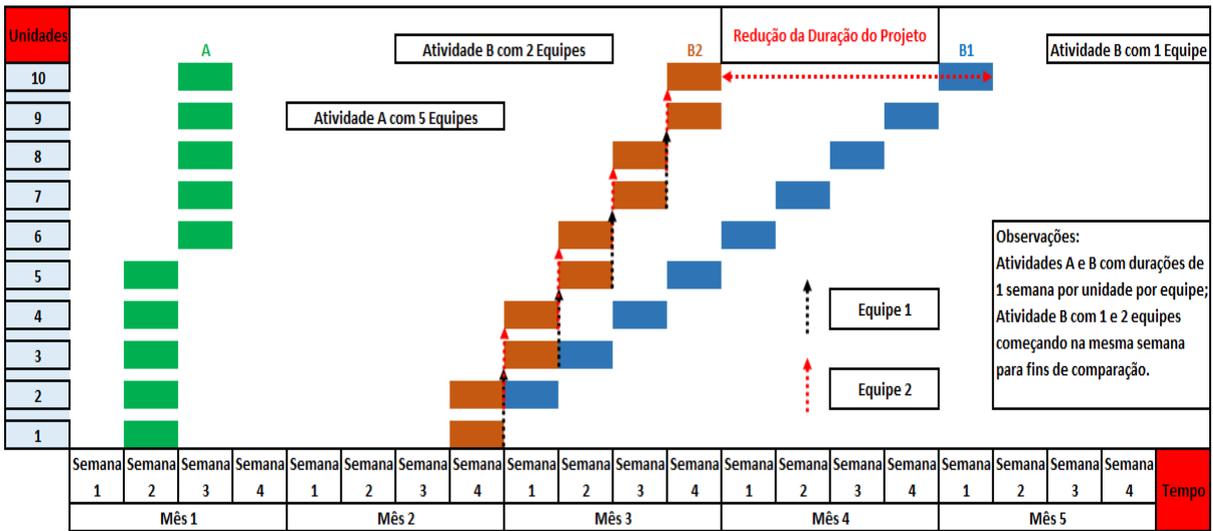
Empregando mais de uma equipe de trabalho

Ao empregar mais de uma equipe de trabalho, é possível reduzir o tempo de finalização da atividade em questão e, por consequência, reduzir o cronograma, no entanto, é preciso analisar outras variáveis, pois nem sempre a redução do tempo de execução de uma atividade refletir-se-á em mudanças na data final do cronograma.

A Figura 14, abaixo, tem o intuito de representar somente a variação do tempo para finalização e a taxa de produção de cada atividade, empregando diferentes números de equipes.

A Figura 14 apresenta todas as atividades com duração de uma semana por unidade por equipe, no entanto, a atividade A (verde), emprega 5 equipes, apresentando uma taxa de produção de 5 unidades/semana, o que reflete em 2 semanas para a finalização das 10 unidades. As atividades B1 (marrom) e B2 (azul) são iguais e com a mesma data de início, no entanto, para fins de comparação, a atividade B1 emprega 1 equipe e a B2, 2 equipes. Ao empregar 1 equipe, a atividade B1 apresenta uma taxa de produção de 1 unidade/semana, o que equivale a 10 semanas para a finalização de todas as unidades, enquanto que a atividade B2 emprega 2 equipes, apresentando uma taxa de produção de 2 unidades/semana, o que equivale a 5 semanas para a finalização de todas as 10 unidades, isto é, uma redução de 5 semanas em comparação com o emprego de 1 equipe.

Figura 14 - Atividades com diferentes números de equipes empregadas

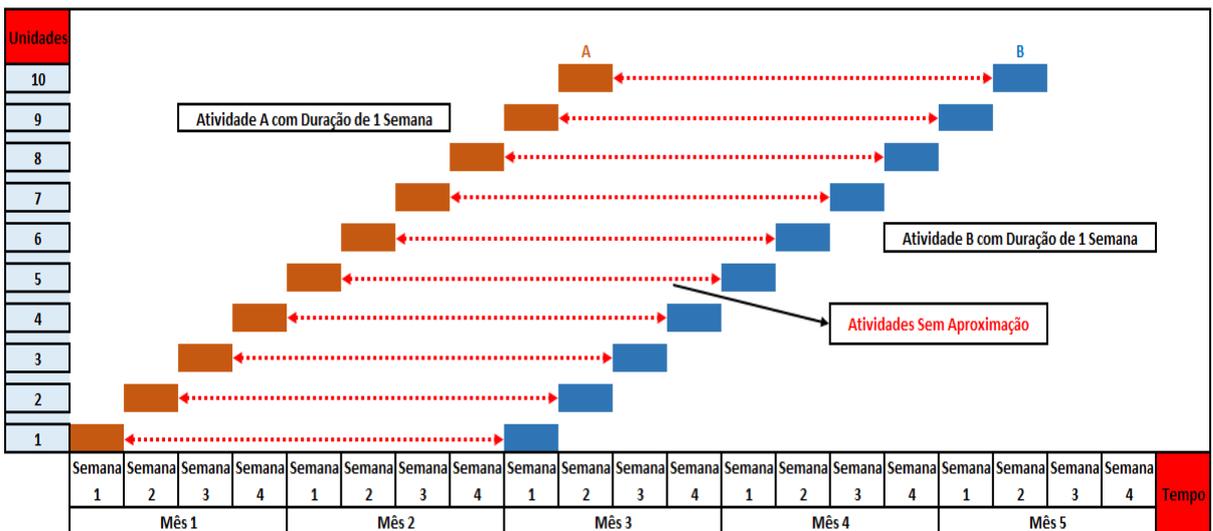


Fonte: Baseado em ARDITI et. al (2001)

Atividades com mesma duração

A Figura 15, abaixo, apresenta atividades lineares balanceadas, com uma mesma duração de trabalho por unidade (1 semana). Neste caso é possível notar que não há aproximação, distanciamento ou sobreposição entre as atividades A (marrom) e B (azul). O intervalo de 7 semanas persistirá entre as duas atividades desde a execução da primeira unidade até a última.

Figura 15 - Atividades de mesma duração com intervalos constantes

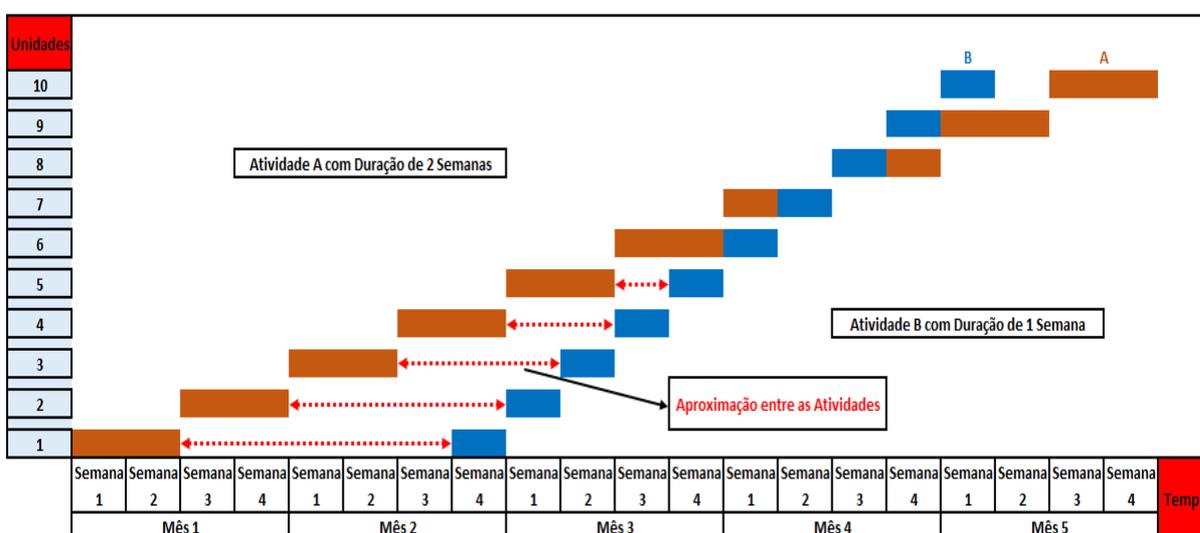


Fonte: Elaboração do AUTOR (2019)

Atividades com durações diferentes - aproximação entre atividades

A Figura 16, abaixo, apresenta atividades com diferentes durações por unidade, sendo a atividade A (marrom) com 2 semanas de duração e a atividade B (azul) com 1 semana de duração. Nota-se que, quando a atividade predecessora tem duração maior que a sucessora, há uma tendência clara de aproximação entre as atividades e eventual sobreposição com antecipação da atividade sucessora com relação a predecessora, o que muitas vezes não deve ser permitido, dada a dependência de algumas atividades. Neste caso, é necessário um ajuste ou balanceamento nas taxas de produção.

Figura 16 - Atividades com diferentes durações – aproximação

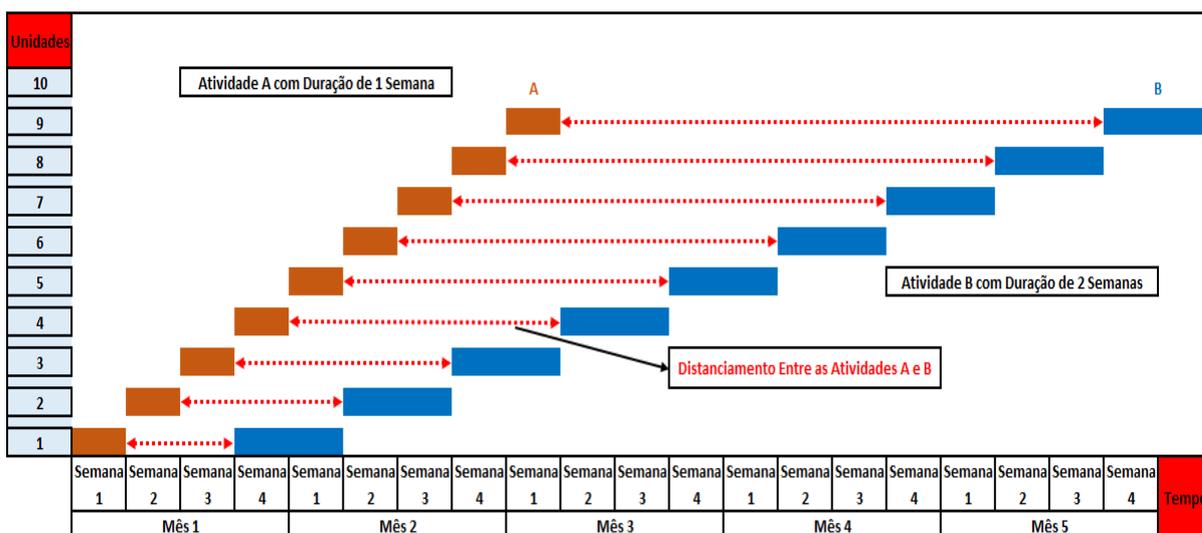


Fonte: Elaboração do AUTOR (2019)

Atividades com durações diferentes - distanciamento entre atividades

A Figura 17, abaixo, apresenta atividades com diferentes durações por unidade, sendo a atividade A (marrom) com 1 semana de duração e a atividade B (azul) com 2 semanas de duração. Nota-se que, quando a atividade predecessora tem duração menor que a sucessora, há uma tendência clara de distanciamento entre as atividades, gerando intervalos de tempo indesejados. Neste caso, pode-se fazer um ajuste ou balanceamento nas taxas de produção de cada atividade.

Figura 17 - Atividades com diferentes durações – distanciamento

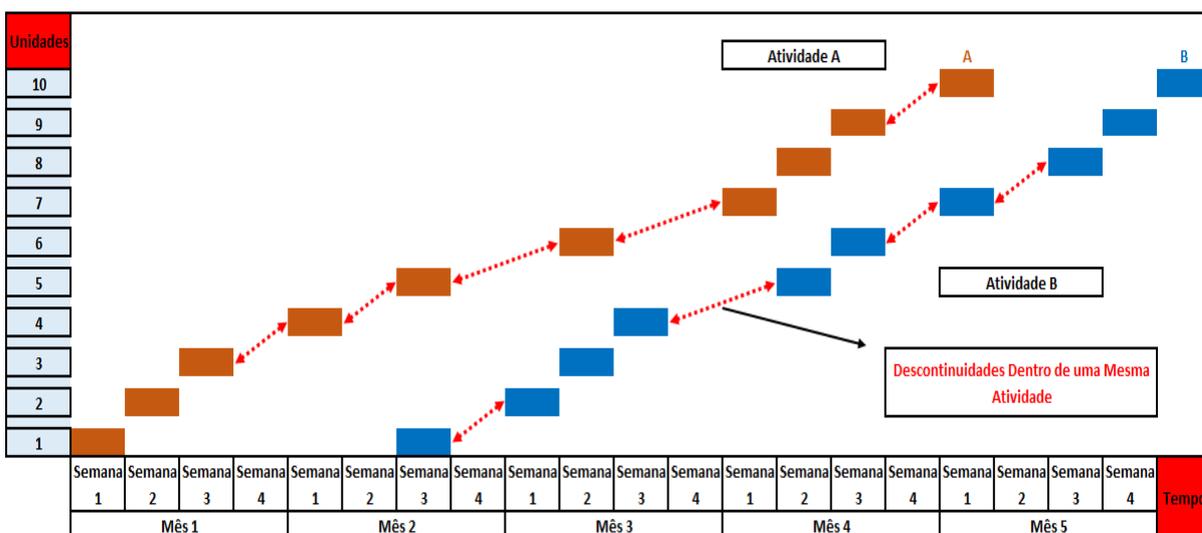


Fonte: Elaboração do AUTOR (2019)

Descontinuidades em uma mesma atividade

A Figura 18, abaixo, apresenta as atividades A (marrom) e B (azul) com descontinuidades, ou seja, tempos ociosos da equipe de trabalho entre uma unidade e outra. Tais descontinuidades podem ocorrer em função da dependência do término de atividades sucessoras por atrasos ou por diferentes durações, pausas para evitar sobreposição de atividades em um mesmo local devido a ritmos muito diferentes e, até mesmo, por falta de mão de obra.

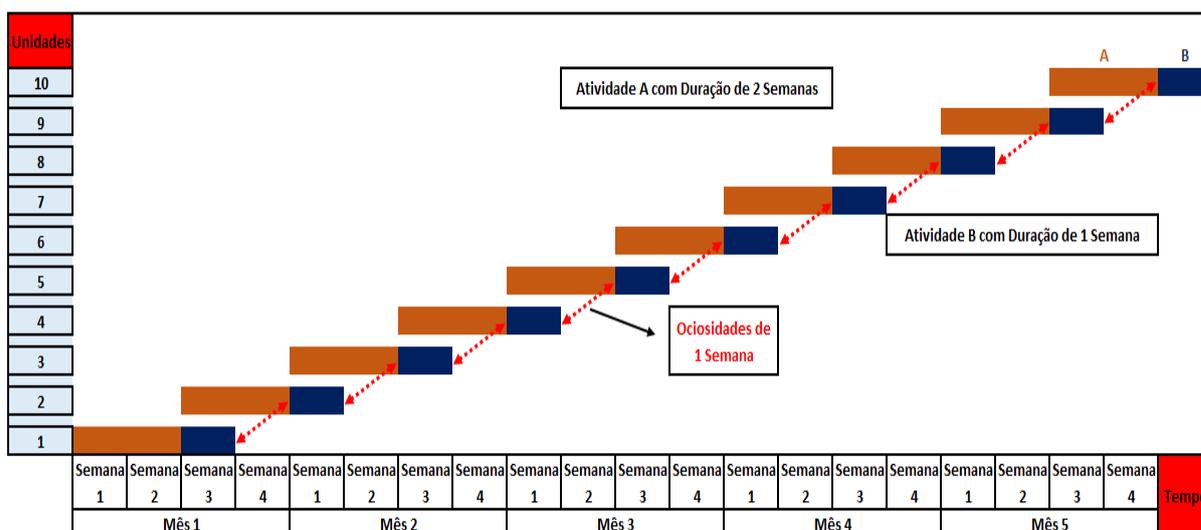
Figura 18 - Descontinuidades em uma mesma atividade



Fonte: Elaboração do AUTOR (2019)

A Figura 19, abaixo, apresenta as atividades A (marrom) e B (azul) com diferentes durações por unidade, sendo que a atividade A tem duração maior que a B equivalente a 1 semana. Nota-se que, a dependência da atividade B com relação a A produz descontinuidades na atividade B (ociosidade de 1 semana entre uma unidade e outra para a equipe de trabalho).

Figura 19 - Descontinuidades em uma mesma atividade – dependência da atividade sucessora



Fonte: Elaboração do AUTOR (2019)

Cálculo da taxa e ritmo de produção

Para o cálculo da taxa de produção, Sarraj (1990) propuseram uma fórmula que corrige a defasagem causada já durante a produção da primeira unidade, visto que esta naturalmente não obedece ao ritmo de produção (*takt time*). Isto gera grandes discrepâncias no tempo final da produção em casos em que a dimensão de tempo está em dias ou meses, por exemplo, e não em segundos ou minutos, como explicado por Ortiz (2013).

A fórmula proposta é:

$$r = \frac{Q-1}{D-d} \quad (1)$$

Onde:

r = taxa de produção;

Q = número total de unidades a serem produzidas;

D = tempo disponível para a produção de todas as unidades;

d = duração de produção de uma unidade.

Com o valor de “ r ” em mãos, é possível obter o ritmo de produção (*takt time*) a partir de seu inverso, isto é:

$$tt = \frac{1}{r} \quad (2)$$

Onde:

tt = *takt time*;

r = taxa de produção.

O conceito de *takt time* será abordado mais profundamente no próximo item, referente ao Mapeamento de Fluxo de Valor.

2.3.2 Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)

O mapa de fluxo de valor é o produto final do mapeamento de tal fluxo. Para que este mapa seja possível de ser elaborado, é necessário que seja feito um acompanhamento sistemático do fluxo de materiais e informações de um processo ou produção.

Segundo Rother e Shook (2003), “fluxo de valor” pode ser entendido como toda ação que, agregando ou não valor), faz-se necessária para levar um produto por todos os fluxos essenciais a este, como, por exemplo, fluxo da produção (da matéria-prima ao consumidor) e fluxo do projeto (da concepção até o lançamento).

De acordo com Jones e Womack (2004), o mapeamento do fluxo de valor consiste simplesmente em observar (enxergar) diretamente os fluxos de informação e materiais conforme eles vão acontecendo. Feito isso, resume-se visualmente e vislumbra-se um cenário de melhor desempenho, chamado de estado futuro.

Para Rother e Shook (2003), o mapeamento do fluxo de valor ajuda a visualizar e compreender tanto o fluxo de informações como o de materiais de um produto ou serviço, na medida em que este segue seu fluxo de valor ou caminho, que vai daqueles que produzem até aquele considerado um cliente em potencial, seja este interno ou externo. Rother e Shook (2004) sugerem que seja feito um desenho que

represente cada processo existente no fluxo (entre materiais e informações) e que se façam perguntas, cujas respostas darão origem a um mapa de “estado futuro”, que nada mais é do que o MFV atual melhorado, com suas falhas identificadas e devidamente corrigidas.

Quando se fala em fluxo de produção, logo pensa-se na movimentação do material no chão de da fábrica, mas, inerente, há também o fluxo de informações, que diz o que deverá ser feito em cada processo. Ambos os fluxos devem ser mapeados (material e informação), para a eficácia do MFV. (ROTHER; SHOOK, 2003, p.5).

A seguir, são listadas algumas vantagens e benefícios do MFV, segundo Rother e Shook (2003):

- Apresenta uma convenção na linguagem para representar os processos envolvidos;
- Facilita não somente a visualização dos processos, mas também de seus fluxos;
- Permite identificar mais do que os desperdícios propriamente ditos, mas também suas fontes no fluxo de valor;
- As tomadas de decisões com relação aos fluxos tornam-se visíveis, de forma que possam ser discutidas com maior fidelidade;
- Permite a união de técnicas e conceitos do pensamento enxuto, de modo que sejam implantados em conjunto, como deve ser realmente feito, e não isoladamente;
- Serve de base para o desenvolvimento de um plano que permita implantar com eficácia os conceitos e técnicas enxutos. O MFV é uma ferramenta quase que indispensável para tal implementação;
- Permite visualizar e entender a relação entre o fluxo de matérias e fluxo de informações;
- O MFV é uma ferramenta qualitativa que permite demonstrar detalhadamente o que deve ser feito para criar fluxo, diferindo de ferramentas quantitativas e diagramas, as quais produzem passos que não agregam valor algum. Os

números são muito bons para efeitos de comparação, o MFV é ótimo para descrever como chegar a esses números e melhorá-los. (ROTHER; SHOOK, 2003, p.4).

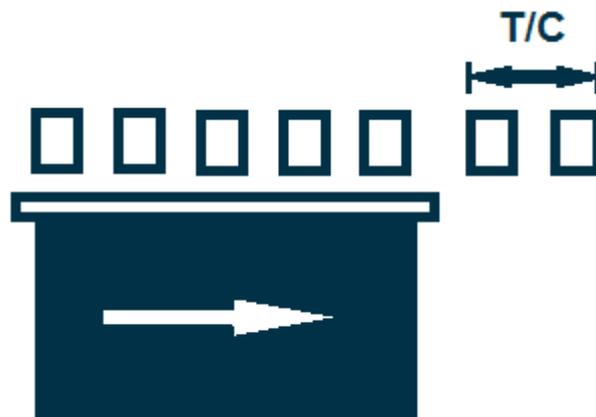
Métricas do mapeamento de fluxo de valor

Para que se possa compreender efetivamente um MFV e seu propósito, é necessário que se entenda o conceito por trás de algumas métricas que são utilizadas por esta ferramenta.

Logo, Rother e Shook (2003) apresentam as métricas e seus conceitos da seguinte forma:

- **Tempo de ciclo (T/C):** o tempo de ciclo, Figura 20, abaixo, é o tempo percorrido de saída entre um produto ou componente e o próximo, no mesmo processo. Outras definições possíveis são: a frequência que um produto ou uma peça é finalizada em um dado processo e o que um determinado trabalhador leva para completar todos seus elementos de trabalho antes de repeti-los. (ROTHER; SHOOK, p.21).

Figura 20 - Tempo de ciclo (T/C)

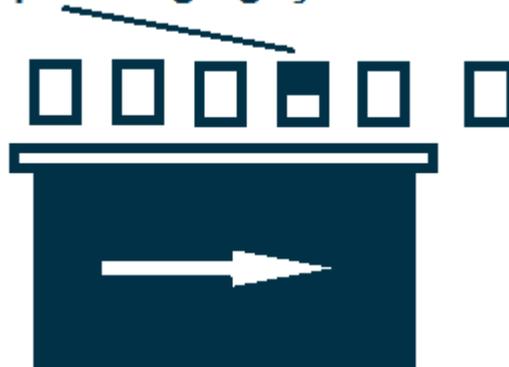


Fonte: Adaptado de ROTHER e SHOOK (2003)

- **Tempo de agregação de valor (TAV):** o tempo de agregação de valor (TAV), Figura 21, abaixo, consiste no tempo em que os trabalhadores e as máquinas estão factualmente transformando o material em produto, isto é, convertendo, de modo que o cliente esteja atreito a pagar. (ROTHER; SHOOK, p.21).

Figura 21 - Tempo de agregação de valor (TAV)

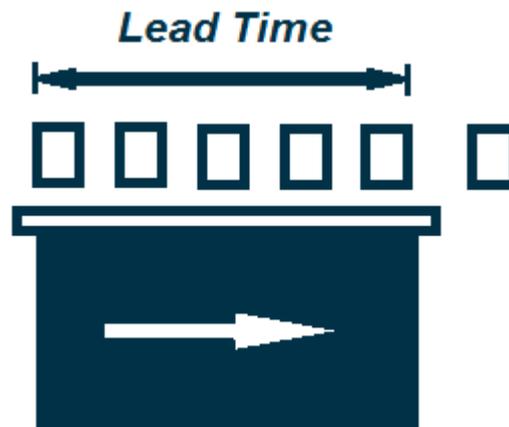
Tempo de Agregação de Valor



Fonte: Adaptado de ROTHER e SHOOK (2003)

- **Lead Time (L/T):** o lead time (ou tempo de espera), Figura 22, abaixo, é tempo que um componente ou produto gasta para percorrer o processo de fabricação como um todo, fluxo de valor, do início ao fim, do pedido ao cliente. (ROTHER; SHOOK, p.21).

Figura 22 - Lead Time (L/T)



Fonte: Adaptado de ROTHER e SHOOK (2003)

- **Tempo de Troca:** o tempo de troca é o tempo que leva para que seja feita a mudança na produção de um tipo de produto para outro de tipo diferente. (ROTHER; SHOOK, p.19).
- **Takt time (T/T):** o *takt time* (ou tempo *takt*) consiste no ritmo de produção, o qual deve estar em harmonia com o ritmo de vendas ou demanda, e pode ser expresso como a frequência a qual deve ser respeitada para a produção de um componente ou produto, tendo como base a demanda dos clientes. Pode-se

entender o T/T como a divisão do “tempo disponível de trabalho” pela “demanda”. Seu objetivo é manter a sincronia entre os ritmos de produção e o de pedidos ou vendas, principalmente em um sistema puxado, além de dar um norte no que tange ao ritmo em que cada processo deve produzir ou deveria estar produzindo. Alguns esforços como responder rapidamente a problemas, eliminar causas de paradas e eliminar tempos de troca são essenciais para que se possa produzir de acordo com o T/T estabelecido. (ROTHER; SHOOK, p.44).

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ de\ trabalho}{Demanda\ (unidades)}$$

- **Operários:** consiste no número necessário de operários para realizar um determinado processo.
- **Estoque:** consiste no acúmulo de produtos, acabados ou não, ou materiais entre um processo e outro. Os estoques interrompem o fluxo e deve haver uma indicação no MFV para cada estoque encontrado.

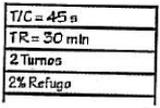
Simbologias do mapa de fluxo de valor

Rother e Shook (2003) dividiram os símbolos utilizados para representar e mapear os MFVs em três categorias apresentadas a seguir:

- Fluxo de material;
- Fluxo de informações;
- Ícones gerais.

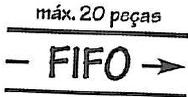
A seguir, os Quadros 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam tais símbolos, respectivamente.

Quadro 1 - Símbolos para o fluxo de materiais

Símbolos	Significado	Observações
	Embarque/Entrega	Apresentar frequência de entregas.
	Processo	Usado para apresentar área de fluxo e identificação de processos ou controle da produção.
	Fornecedores/Clientes	Usado para identificar clientes, fornecedores e processos externos.
	Estoque	Presença de estoque. Tempo e quantidade devem ser registrados.
	Caixa de dados	Utilizado para anotar todas as informações pertinentes a um processo, cliente ou departamento.
	Produtos acabados (movimento)	Mostra a necessidade de se movimentar um produto acabado para o cliente.

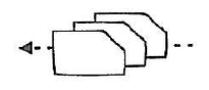
Fonte: ROTHER e SHOOK (2003)

Quadro 2 - Continuação do Quadro 1

Símbolos	Significado	Observações
	Produção empurrada (movimento)	Mostra a movimentação do material na produção empurrada para o processo seguinte.
	Controle de volume de entrada e saída de materiais	Dispositivo que limita a quantidade, a fim de garantir o fluxo dos materiais. As quantidades sempre devem ser registradas.
	Retirar	Representa a necessidade de se “puxar” um material, normalmente de um mercado.
	Mercado	Representa um estoque controlado de peças ou produtos, utilizado para a programação da produção em processos anteriores.

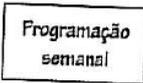
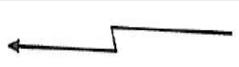
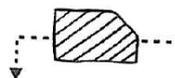
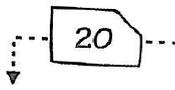
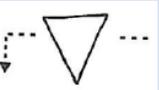
Fonte: ROTHER e SHOOK (2003)

Quadro 3 - Símbolos para fluxos de informações

Símbolos	Significado	Observações
	Posto de <i>Kanban</i>	Indica local de coleta e depósito de cartões <i>kanban</i> .
	Programar para verificação (ver)	Indica que os estoques devam ser verificados para possíveis ajustes na programação.
	Chegada de <i>Kanbans</i>	Indica a chegada de lotes de <i>kanban</i> .
	Nivelamento da produção	Lotes de <i>kanban</i> devem ser interceptados e nivelados (volume e mix) por um período de tempo.

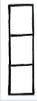
Fonte: ROTHER e SHOOK (2003)

Quadro 4 - Continuação do Quadro 3

Símbolos	Significado	Observações
	Fluxo manual de informações	Informações de produção ou entrega passadas manualmente.
	Informações	Descreve fluxos de informações.
	Fluxo eletrônico de informações	Informações de produção ou entrega passadas por meio eletrônico.
	<i>Kanban</i> (retirar)	Indica, por meio de um <i>kanban</i> , que um material ou produto deva ser retirado de um lugar e transferido para outro.
	<i>Kanban</i> (produção)	Cartão <i>kanban</i> que indica quanto um processo deve produzir, além de dar permissão para produção.
	Puxar sequencialmente	Fornece instruções para a produção imediata de uma quantidade e tipo já determinados, normalmente por unidade. Sistema puxado para subprocessos sem usar mercado.
	<i>Kanban</i> (sinalização)	Indica a necessidade de reposição, isto é, outro lote precisa ser produzido.

Fonte: ROTHER e SHOOK (2003)

Quadro 5 - Ícones gerais

Símbolos	Significado	Observações
	Operador	Representa um trabalhador.
	Chamada para melhoria contínua	Melhoria contínua. Indica a necessidade de melhorias nos processos para alcançar o fluxo ideal. Melhoria contínua.
	Pulmão/Estoque reserva	Indica a presença de um estoque reserva (de segurança), também conhecido como pulmão.
	Linha do tempo	Lugar onde ficam indicados os tempos referentes aos T/C, estoques e <i>lead time</i> .

Fonte: ROTHER e SHOOK (2003)

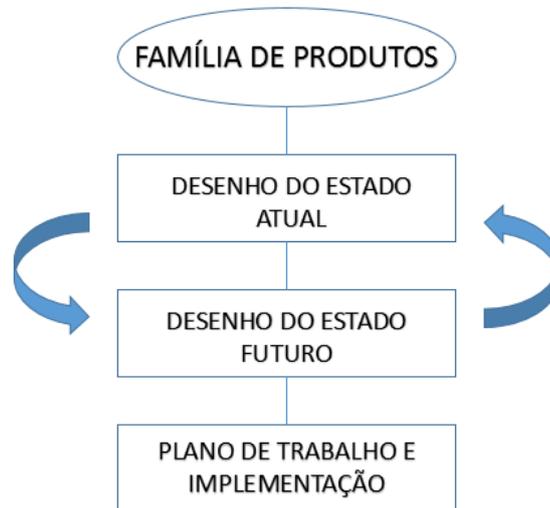
Etapas iniciais do mapeamento do fluxo de valor

Rother e Shook (2003) indicam que, antes de dar o primeiro passo (mapa do estado atual) no mapeamento do fluxo de valor, deve-se escolher uma família de produtos, que consiste em um grupo de produtos cujas etapas de processamento e equipamentos utilizados são semelhantes e comuns a cada processo, respectivamente. Nesta etapa, dados como quantidades e variedades de peças e demanda dos clientes devem ser registrados. Selecionada a família de produtos, parte-se para o mapeamento do estado atual, o qual é realizado através da coleta de informações no próprio chão de fábrica. Ao coletar informações e desenvolver o mapa do estado atual, ideias para mapa do estado futuro já começam a surgir, indicando que são processos superpostos, como apresentado na Figura 23, abaixo. É no estado futuro que o fluxo enxuto de valor deve ser introduzido.

Por fim, Rother e Shook (2003), apontam que o passo final é desenvolver um plano de implementação do estado futuro, descrito em uma página, que indique como chegar ao resultado desejado.

A Figura 23, abaixo, apresenta as etapas iniciais indispensáveis para o mapeamento do fluxo de valor.

Figura 23 - Etapas iniciais do mapeamento de fluxo de valor



Fonte: ROTHER e SHOOK (2003)

Mapa de fluxo de valor do estado atual

Segundo Pasqualini (2005), para que o MFV do estado atual seja representado com fidelidade, deve-se coletar as informações diretamente no chão de fábrica, seguindo o caminho inverso, isto é, do cliente ao fornecedor. Ainda, de acordo com Pasqualini (2005), os dados que devem ser coletados são relativos ao fluxo de materiais e informações relacionados à demanda dos clientes, às atividades produtivas (de conversão) e ao fornecimento das matérias-primas.

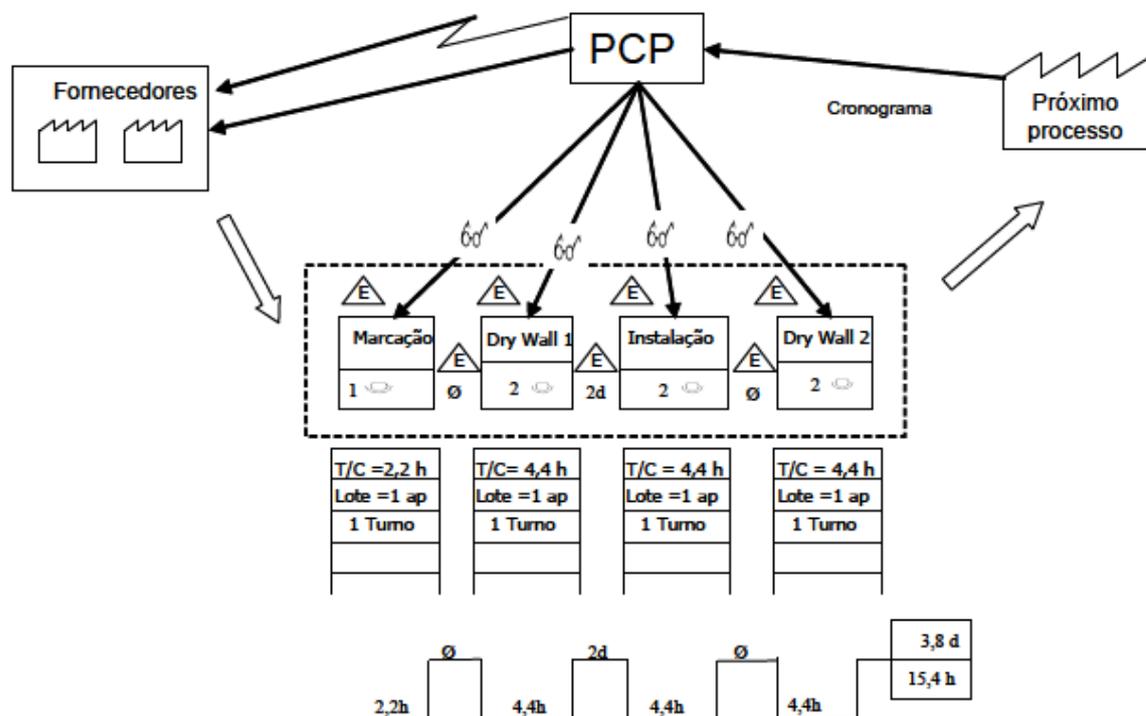
Algumas dicas sugeridas por Rother e Shook (2003) para o mapeamento estão descritas a seguir:

- Coletar informações enquanto caminhando junto ao fluxo de materiais e de informações;
- Fazer uma caminhada de reconhecimento (rapidamente) de porta-à-porta, a fim de compreender as sequências e os fluxos dos processos, antes de iniciar uma caminhada mais lenta com a coleta de dados mais efetiva e de forma profunda;

- Começar de trás para frente, isto é, dos processos diretamente ligados aos consumidores, de modo que possa ser definido um ritmo para os processos predecessores;
- Coletar os dados pessoalmente e com instrumentos próprios, evitando tomar por base dados guardados em arquivos ou somente perguntando aos responsáveis pelo processo;
- Mapear pessoalmente o fluxo de valor completo, ainda que outras pessoas estejam envolvidas;
- Desenhar à mão e com lápis;
- Deve-se desenhar da esquerda para a direita, iniciando-se pelas caixas de processos;
- Abaixo das caixas de processos, desenha-se as caixas de dados, as quais são preenchidas com as informações necessárias;
- Com o decorrer da caminhada e do entendimento dos fluxos, acrescente o ícone de estoque acima ou entre os processos, caso haja, pois são pontos com grandes chances de serem alterados para o desenvolvimento do estado futuro;
- Detalhar o mapa, apontando o sistema empurrado ou puxado, tipos de transporte, meios de transmissão de informações, controle da produção, agentes externos envolvidos e acrescentando a linha do tempo na parte inferior do mapa. (ARAUJO, 2016, p.42).

A Figura 24, abaixo, apresenta um exemplo de um MFV do estado atual, por Bulhões e Picchi (2011).

Figura 24 - Exemplo de MFV do estado atual



Fonte: BULHÕES e PICCHI (2011)

Mapa de fluxo de valor do estado futuro

De acordo com o Rother e Shook (2003) o mapa do estado futuro deve considerar, primeiramente, o projeto do produto, os processos e suas tecnologias de produção e o *layout*, seja de uma fábrica ou canteiro de obras, a fim de eliminar todas as fontes geradoras de desperdícios.

A fim de alcançar o tão sonhado fluxo contínuo e um sistema puxado, livre de desperdícios com máxima agregação de valor, Rother e Shook (2003) afirmam que uma das maneiras mais úteis de se desenhar um mapa do estado futuro é respondendo algumas questões que, ao serem respondidas, auxiliam no desenvolvimento de conceitos sobre o estado futuro.

Tais questões, segundo Rother e Shook (2003), estão listadas a seguir:

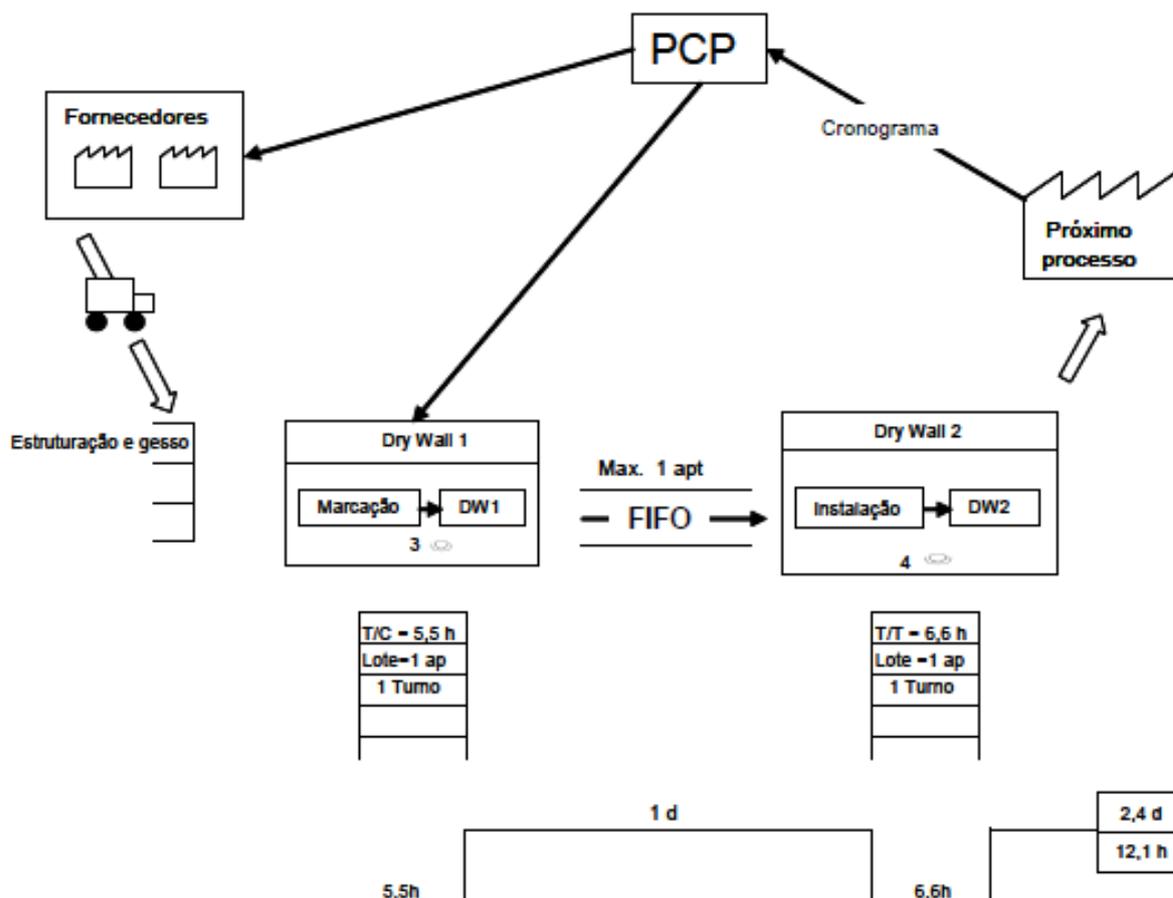
- Qual é o *takt time*?
- A produção é feita para um supermercado de produtos já acabados, onde os clientes finais puxam, ou diretamente para a expedição?

- Onde o fluxo contínuo pode ser implementado?
- Onde será necessária a introdução de sistemas puxados com supermercados?
- Em qual ponto específico da cadeia de produção (“processo puxador”) a produção deverá ser programada?
- Como nivelar ou balancear a produção no sistema puxado?
- Qual, ou quais, incrementos de trabalho poderão ser liberados de maneira uniforme do processo puxador?
- Quais melhorias serão necessárias e poderão ser realizadas nos processos, a fim de garantir o fluxo de valor e de modo que atenda as especificações do mapa de estado futuro?

Pasqualini (2005) considera que o mapa de estado futuro representa o estado ideal da produção, isto é, o cenário de melhor desempenho obtido através da análise do mapa de estado atual. A autora acrescenta, no entanto, que a implementação de melhorias é feita de forma gradual.

A Figura 25, abaixo, apresenta um exemplo de um MFV do estado futuro, por Bulhões e Picchi (2011).

Figura 25 - Exemplo de MFV do estado futuro



Fonte: Fonte: BULHÕES e PICCHI (2011)

Plano de implementação

Tendo em mãos o mapa de estado futuro, é necessário aplicá-lo, mesmo que por partes, caso contrário nenhuma melhora será alcançada e todo o estudo para o desenvolvimento do mapa futuro terá sido em vão.

Segundo Pasqualini (2005), a etapa de implementação envolve transformações físicas e mudanças no modo de agir da empresa como um todo. É um processo lento que exige muita disciplina dos envolvidos.

Para Rother e Shook (2003), pensar na introdução de diversas técnicas não espelha o ponto principal da implementação. É necessário enxergá-la como um processo de construção de vários fluxos interligados a uma família de produtos. Para isto, o planejamento é auxiliado por loops (puxador e adicionais), em que o primeiro refere-se ao fluxo de informações e materiais entre o cliente e o processo puxador (próximo

ao final da cadeia), enquanto o segundo refere-se ao fluxo entre as puxadas (início e durante a cadeia).

No plano de implementação deve haver aquilo que se quer fazer e quando fazê-lo, metas que possam ser quantificadas (sem subjetividades) e controle, ou seja, pontos de aferição de fácil compreensão. (ROTHER; SHOOK, 2003, p.90).

É comum haver, no início, um questionamento. Tal questionamento refere-se ao lugar de início, isto é, por onde começar a implementação.

De acordo com Rother e Shook (2003), para definir um lugar de início, pode-se atentar para:

- Em qual ponto de todo o processo tem a probabilidade de obter sucesso mais alta e certa;
- Em qual lugar haverá o maior impacto financeiro possível, através de previsões. Normalmente em áreas que há o maior número de problemas e desperdícios possíveis.
- Em qual lugar há pessoal com o melhor entendimento, no que tange aos processos e seus problemas.

2.4 PLANEJAMENTO

Neste tópico serão dissertados os principais pontos que definem os conceitos de planejamento, controle e suas dimensões.

2.4.1 Planejamento e Controle

O conceito de planejamento engloba: a definição de um objetivo que se quer alcançar, a coleta de dados, o estudo dos caminhos a serem seguidos e a serem evitados, o estudo dos potenciais riscos, a definição de quais ferramentas de auxílio serão mais apropriadas, como e quais atividades deverão ser realizadas, a definição de estratégias, a difusão de informações, a ação e a avaliação de resultados. Vale lembrar que, ao se colocar em prática aquilo que foi planejado, inicia-se um período cíclico devido ao controle e a implementação de ações corretivas, o que é essencial para a qualidade e sucesso daquilo que se quer obter com o planejamento.

A ato de planejar, formalmente e por meio de técnicas comprovadamente eficazes, é algo que ainda não está claramente inserido no cotidiano das pessoas, empresas, instituições e governos, tendo em vista que, ao se planejar, as chances de alcançar objetivos com excelência aumentam consideravelmente. Trata-se, porém, de uma mudança cultural.

Neste trecho da obra de Goldman (2004), ele esclarece planejamento como:

“O planejamento se constitui hoje em um dos principais fatores para o sucesso de qualquer empreendimento. No tocante à construção predial, faz-se necessário um sistema que possa canalizar informações e conhecimentos dos mais diversos setores e, posteriormente, direcioná-los de tal forma que todas essas informações e conhecimentos sejam utilizados para a construção.”

Como definição (ACKOFF, 1970, apud LAUFER, TUCKER, 1987; LAUFER, TUCKER, 1987), o planejamento pode ser caracterizado como um processo de tomada de decisões, o qual precede a realização de ações futuras com o objetivo de trazê-las para a realidade. Ainda, segundo Laufer e Tucker (1987), o planejamento deve responder algumas questões, como:

- Quais atividades devem ser executadas?
- Como estas atividades podem ser realizadas?
- Quem é o responsável por executar as atividades?
- Quando elas deverão ser realizadas?

Laufer (1990), também define planejamento como uma ponte entre as ideias e a execução (ações).

Algumas funções primárias do planejamento, identificadas por Laufer e Tucker (1987) são descritas como:

- Ajudar o gerente da empresa nas funções mais básicas como direção (execução e coordenação) e controle;
- Coordenação e comunicação com todas as partes envolvidas no empreendimento;

- Permitir um maior e mais fácil controle do empreendimento como um todo;
- Auxiliar na tomada de decisões.

Para Koskela e Howell (2001), o controle é dividido em dois sub processos que são os relatórios de desempenho e o controle geral de mudanças, sendo que o primeiro é responsável por gerar correções na execução dos processos, enquanto o segundo é encarregado de prescrever mudanças no planejamento.

Segundo as ideias de Laufer e Tucker (1987), o controle é responsável por garantir que as ações mantenham-se no rumo planejado e que as metas sejam verdadeiramente alcançadas. Neste processo de controle, caso haja divergências entre desempenho e plano, ações de cunho corretivo devem ser tomadas, explicitando o caráter cíclico entre planejamento de controle e a forma entrelaçada que atuam.

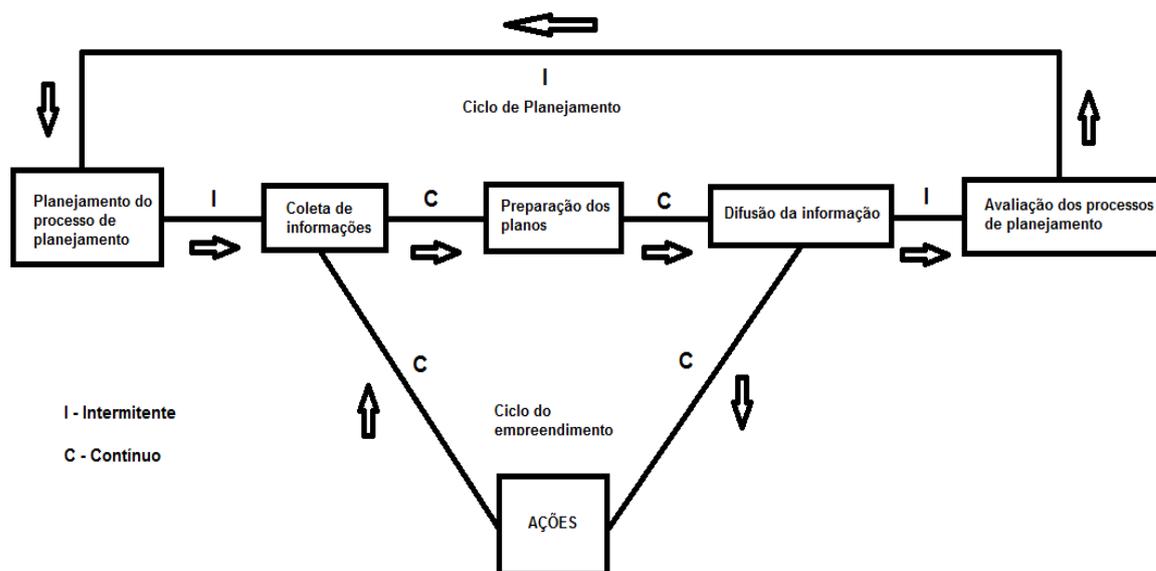
2.4.2 O Planejamento em sua Dimensão Horizontal

Laufer e Tucker (1987) dividiram o processo de planejamento em 5 fases que correm horizontalmente e de forma cíclica:

- Planejamento do processo de planejamento;
- Coleta de informações;
- Preparação dos planos;
- Difusão da informação;
- Avaliação dos processos de planejamento.

Tais fases são representadas horizontalmente na Figura 26, a seguir.

Figura 26 - Fases do planejamento na dimensão horizontal



Fonte: LAUFER e TUCKER (1987)

Ressalta-se que, corriqueiramente, a primeira fase e a quinta fase são tratadas com mais negligência, enquanto a terceira é a que recebe mais atenção. Esse tipo de atitude é nocivo para o planejamento e o torna altamente ineficiente.

2.4.3 O Planejamento - Dimensão Vertical e o Sistema *Last Planner*

Segundo Bernardes (2001), verticalmente, por convenção, o planejamento pode ser caracterizado em 3 níveis hierárquicos: estratégico (planejamento de longo prazo), tático (planejamento de médio prazo) e operacional (planejamento de curto prazo).

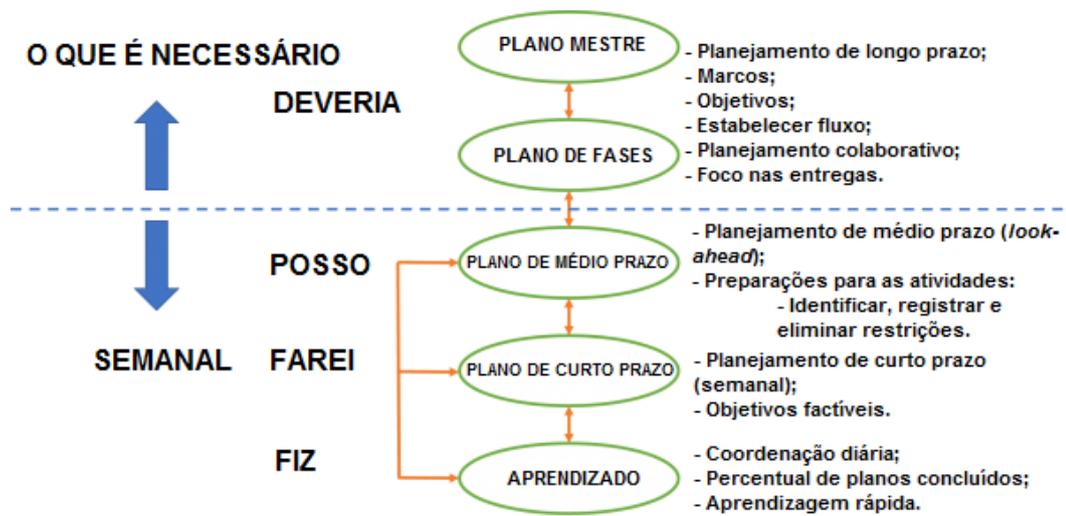
Para Tommelein e Ballard (1997), o objetivo do planejamento é fazer com que os processos de construção tornem-se mais gerenciáveis e menos complexos. Os autores passam a usar o termo “planejamento de produção” e, assim como citado anteriormente, dividem o planejamento em 3 níveis.

Pensando em quem executa as atividades, de fato, percebeu-se a necessidade de apresentar as atividades com maior grau de detalhes, de modo que garantisse todas as informações e insumos básicos para sua execução. Deste modo nasceu o *Last Planner System* (LPS). Um dos principais objetivos, segundo Ballard e Howell (1998), é garantir o fluxo de trabalho, aumentar a confiabilidade e reduzir a variabilidade. A espinha dorsal deste sistema são os 3 níveis de planejamento já citados, mas, dentro destes níveis, foram implementadas mais duas fases muito úteis para o planejamento.

Os 3 níveis, apresentados na Figura 27, abaixo, referem-se ao planejamento de longo prazo (plano mestre), juntamente com o plano de fases, planejamento de médio prazo (*look-ahead*), planejamento de curto prazo e aprendizado.

Neste trabalho foram apresentadas, no estudo de caso, sugestões apenas dos planejamentos de longo, médio e curto prazo.

Figura 27 - Níveis do planejamento



Fonte: BALLARD e TOMMELEIN (2016)

Planejamento de longo prazo

O planejamento de longo prazo representa o primeiro nível do planejamento em sua dimensão vertical e compreende uma extensão de tempo que vai do início ao fim do empreendimento, envolvendo contratos e atividades de um modo geral.

Segundo Shapira e Laufer (1993), o planejamento de longo prazo, nomeado por eles de “plano estratégico” ou “estratégia de construção” tem como essência:

- Compreender os principais problemas da construção e desenvolver soluções;
- Focar nos objetivos vitais do empreendimento;
- Aborda pontos altamente importante que direcionam decisões finais e tem impacto direto no tempo e no custo.

“As metas típicas abordadas no planejamento estratégico estão nas áreas de custo (ex.: margem de lucro), cronograma e qualidade de desempenho.” (SHAPIRA; LAUFER, 1993, tradução livre pelo autor).

Gutheil (2004) considera que neste tipo de planejamento são definidos os ritmos dos processos de produção mais importantes que deverão ser executados, além de possuir uma grande quantidade de atividades.

De acordo com Isatto (2000) apud Gutheil (2004), os dados e informações essenciais para o desenvolvimento do plano de longo prazo no início da construção, são oriundos da etapa de planejamento do processo de planejamento. Ainda segundo o autor, várias técnicas são adotadas para a criação deste plano, tais como Diagrama de Gantt, Redes de Precedência e Linhas de Balanço (apresentada nos itens anteriores), onde o mesmo salienta as vantagens desta última em apresentar de forma clara os fluxos de trabalho e definir os ritmos de produção com maior facilidade, permitindo um fluxo contínuo e uma maior eficiência.

O plano de fases é normalmente desenvolvido para tornar transparente e identificar as estratégias do empreendimento. O principal objetivo do plano de fases é tornar clara a transferência de trabalho de um colaborador para outro e analisar o impacto desta transferência. Permite, também, compreender como cada etapa do empreendimento deve ser entregue, criando um ambiente colaborativo. (BALLARD; TOMMELEIN, 2016).

Alguns dos indicadores utilizados neste nível do planejamento são: desvio de ritmo e projeção de atraso. (LANTELME; TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 2001).

Planejamento de médio prazo

Este tipo de planejamento configura-se no segundo nível de planejamento em sua dimensão vertical e compreende uma extensão de tempo de algumas semanas. Neste nível é apresentado o que pode ser feito naquele momento do empreendimento.

Dada a falta de informações, no que tange a durações e entregas, que permitam a criação de cronogramas iniciais e totais mais detalhados e com maior precisão para o futuro da construção, é comum que cronogramas com tempos reduzidos sejam desenvolvidos para auxiliar na coordenação dos serviços e das equipes. Tais

cronogramas são conhecidos com *look-ahead planning* que, traduzido, planejamento antecipado, estes permitem antecipar algumas semanas futuras de trabalho e variarão de acordo com a extensão de tempo determinadas, grau de definição das atividades e relação com os demais planejamentos, se estes existirem. O planejamento de médio prazo é comumente utilizado no ambiente da construção civil e é proposto com o intuito de reduzir o custo e o tempo do empreendimento (BALLARD, 1997).

Tommelein e Ballard (1997) atribuem um horizonte de 3 a 4 semanas e afirmam que as atividades para este tipo de planejamento são detalhadas para descrever os verdadeiros processos de construção a serem adotados, levando em consideração a especificação dos métodos e recurso, para que o plano de médio prazo crie divisões de trabalho que sejam de fácil atribuição e controle.

Ballard (1997) identifica ainda alguns propósitos para o plano de médio prazo, que são:

- Organizar os fluxos de trabalho adotando as sequências mais coerentes e eficazes, dentro do alcance dos envolvidos;
- Balancear mão de obra e recursos, relacionados aos fluxos de trabalho;
- Determinar e manter estável um acúmulo de atribuições para cada colaborador;
- Formar grupos com trabalhos que tenham elevado grau de interdependência, a fim de se planejar um método de trabalho que englobe toda as operações;
- Definir operações que podem ser planejadas e realizadas junto com atividades diferentes;
- Determinar restrições para atividades (ex.: restrição da atividade de execução de revestimento interno: para realização desta atividade, as instalações elétricas e/ou hidráulicas devem estar prontas).

O principal indicador deste planejamento é o índice de remoção de restrições (IRR), onde são identificadas as restrições para a execução de cada uma das atividades (previamente definidas) e, posteriormente, removidas. A remoção das restrições é imprescindível para o fluxo da produção, pois evita que o mesmo seja interrompido e acarrete atrasos. Um exemplo de restrição pode ser: para que as instalações elétricas

sejam realizadas em um determinado pavimento, é necessário que as alvenarias já estejam prontas.

Planejamento de curto prazo

O planejamento de curto prazo representa o terceiro nível do planejamento em sua dimensão vertical e compreende uma extensão de tempo semanal. Neste nível é apresentado aquilo que será, de fato, executado.

Este tipo de planejamento envolve o desenvolvimento de um plano no qual há atribuições específicas de trabalho para a produção como, por exemplo, a nomeação direta de trabalhadores ou equipes para uma determinada atividade, qual lugar exato em que o serviço será executado e onde os materiais e equipamentos necessários serão devidamente alocados para seu uso. (TOMMELEIN; BALLARD, 1997).

Tommelein e Ballard (1997) compreendem que deva ser criado um plano de trabalho semanal alguns dias antes da semana respectivamente planejada ser iniciada, podendo, inclusive, ser afinado com o plano do *layout*. Tal planejamento é nomeado por Ballard como planejamento de comprometimento.

Para Formoso et. al (1999) apud Oliveira (2004) a função principal deste tipo de planejamento é guiar frontalmente a execução dos serviços da obra em período semanal, caracterizando-se, principalmente, pela atribuição dos recursos físicos para suas respectivas atividades programadas no plano anterior (médio prazo). O autor ainda acrescenta a possibilidade de haver um plano de curto prazo diário em obras qual elevado grau de incertezas na execução de suas atividades.

Para a realização deste plano semanal, é essencial a participação do “pelotão de frente” da obra (engenheiro, mestre e encarregado) e a realização de reuniões, mesmo informais, que discutam as atividades a serem executadas naquele período e suas necessidades.

Segundo Ballard e Howel (1998), para que tais planos sejam realmente eficazes, é necessário que atendam alguns requisitos de qualidade, tais como: definição, solidez, sequência, tamanho e aprendizado.

- Definição: alto grau de detalhamento das tarefas para que a quantidade de materiais e mão de obra sejam corretamente dimensionadas;

- Solidez: garantia de que os insumos estarão disponíveis, o projeto completo e em mãos e os pré-requisitos atendidos para o início da execução dos trabalhos, ou seja, sem terminalidades;
- Sequência: atribuição das atividades respeitando uma sequência coerente e por prioridade de construção;
- Tamanho: as atividades atribuídas devem respeitar a produtividade do trabalhador ou das equipes de produção para que estas sejam finalizadas no tempo previsto;
- Aprendizado: identificação dos problemas e das razões da não conclusão de certas atividades no período determinado.

O principal indicador deste planejamento é o percentual de planos concluídos (PPC). Este indicador aponta a eficácia do planejamento, relacionando o número de atividades que foram planejadas com o número das que foram realmente executadas durante a semana em questão. (BERNARDES, 2001).

O aprendizado, como o próprio nome já diz, é toda a experiência, dados e informações adquiridos durante os processos, que servirão para implementação de melhorias no empreendimento atual e em empreendimentos futuros. Aqui analisa-se o que foi realizado.

2.5 GESTÃO DE PROJETOS NO CONTEXTO *LEAN*

2.5.1 GESTÃO DE PROJETOS

A definição de projeto pode ser entendida como um esforço de caráter temporário que tem como objetivo desenvolver um serviço, produto ou resultado exclusivo. (PMI, 2013).

Segundo Moder e Phillips (1970) apud Gregolis e Camarini (2013), um projeto é um esforço único e não repetitivo, cuja duração é determinada, sendo organizado de maneira formal e que congrega e utiliza recursos de modo que sejam atingidos objetivos predeterminados.

O término de um projeto se dá quando seus objetivos são alcançados ou quando conclui-se que os mesmos não serão possíveis, tornando o projeto não mais necessário. (PMI, 2013).

O *Project Management Institute* (PMI) (2013), define gerenciamento (ou gestão) de projetos como:

“Gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriadas dos 47 processos de gerenciamento de projetos, logicamente agrupados em cinco grupos de processos.” (PMI, 2013).

Os 47 processos citados (que estão agrupado em dez áreas do conhecimento) podem ser encontrados explicados detalhadamente em qualquer uma das edições do “Guia PMBOK®”. De acordo com o PMI (2013), os cinco grupos de processos são: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento.

Os processos de projeto garantem que haja um fluxo eficaz do projeto ao longo de seu ciclo de vida, sendo o processo um conjunto de ações e atividades inter-relacionadas que são realizadas para criar um serviço, produto ou resultado especificado previamente. Cada processo é caracterizado por suas entradas e saídas e engloba a utilização de ferramentas e técnicas na aplicação de habilidades e capacidades. (PMI, 2013).

A seguir, estão explicados os cinco grupos de processos, segundo o PMI (2013):

- **Iniciação:** neste grupo são executados processos que visam definir um novo projeto ou uma nova fase de um projeto que já existe, por meio da obtenção de autorizações para iniciação;
- **Planejamento:** neste grupo são executados os processos essenciais para a definição e detalhamento do escopo do projeto (todo trabalho que precisa ser executado para entregar o serviço, produto ou resultado), lapidação dos objetivos e desenvolvimento da melhor linha de ação;
- **Execução:** neste grupo são executados os processos destinados a realizar o trabalho definido no planejamento, a fim de satisfazer as especificações do projeto;

- **Monitoramento e controle:** neste grupo são executados os processos essenciais para o acompanhamento, análise, controle, desempenho e progresso do projeto, além de identificar e implementar as mudanças necessárias no plano;
- **Encerramento:** neste grupo são executados os processos que visam finalizar as atividades de todos os grupos anteriores, de modo que o projeto ou fase seja encerrado formalmente.

2.5.2 *Lean Design*

A fase de construção é totalmente influenciada pela fase de projeto, tanto no aspecto técnico quanto econômico, o que torna esta fase (de projeto) extremamente importante e vital para o sucesso do empreendimento. É nela que as ideias do cliente são transformadas em um modelo físico, definindo suas necessidades e requisitos em procedimentos, desenhos e especificações técnicas. (FREIRE; ALARCÓN, 2000).

Segundo Ballard, Koskela e Tanhuanpaa (1997), negligenciar a fase de projetos pode transformar a fase de planejamento e controle em caos e improvisação, causando falta de documentações adequadas, comunicação pobre e cheia de falhas, perdas de informação, alocação desbalanceada de recursos, falta de coordenação entre as disciplinas e tomada de decisões equivocadas.

O conceito básico por trás do *lean design* está em considerar o processo apenas como um modelo de conversão, mas também como um modelo de fluxo e geração de valor, o que permite enxergar o processo de uma perspectiva diferente da tradicional. (FREIRE; ALARCÓN, 2000).

Baseados nesse conceito, Freire e Alarcón (2000), aplicaram uma metodologia de melhoria do processo de projeto em empreendimentos de construção que resultaram na melhoria dos processos de engenharia, reduzindo erros no produto, tempos de ciclo (T/Cs) e parte das atividades que não agregavam valor, aumentando a produtividade em 31%. O desempenho e performance nos projetos também melhoraram, fornecendo produtos de melhor qualidade à construção com menos variações e em menos tempo.

2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 2

O Capítulo 2 desta pesquisa apresentou, inicialmente, as bases para o entendimento dos tipos de planejamentos e seus conceitos, bem como a importância destes no desenvolvimento de projetos e empreendimentos.

Em um segundo momento, ao se iniciar com a explicação do surgimento do STP e da produção enxuta, foram introduzidos seus conceitos mais básicos caracterizadores do sistema, as definições dos 7 tipos de desperdícios, por Ohno (1997), e os princípios do pensamento enxuto nas visões de Womack e Jones (1998), 5 princípios, Spear e Bowen (1999), 4 regras, e Liker (2005), 14 princípios. Definidas as bases para a compreensão do STP, produção enxuta e pensamento enxuto, foi apresentada a visão de Koskela (1992) sobre a filosofia de produção tradicional e sobre a nova filosofia de produção na construção civil, que remete à construção enxuta, embasada em 11 princípios definidos pelo próprio Koskela (1992).

Em um terceiro momento, o Capítulo 2 apresentou duas técnicas de grande importância no processo de implementação do pensamento e da produção enxuta. Tais técnicas consistem na LB e no MFV. Foram apresentados seus conceitos, importância e formas de aplicação. A técnica de LB, normalmente utilizada em planejamentos de longo prazo de empreendimentos com alto grau de repetitividade, também pode ser utilizada para a realização de diagnósticos (exemplo desta pesquisa nos próximos capítulos). A técnica de MFV, por sua vez, é comumente considerada a primeira a ser utilizada para a implementação da produção enxuta, visto que permite o conhecimento da cadeia e seus processos, apresentando-os de modo simples e direto, permitindo obter um bom diagnóstico do estado atual. Ambas as técnicas são facilitadas por suas características visuais, pois permitem identificar pontos de agregação e não agregação de valor, entre outras informações, visto que uma complementa a outra.

Para finalizar, o Capítulo 2 também apresentou brevemente uma conexão importante entre a gestão de projetos e a *lean construction*. Tal conexão se destaca pelo conceito de *lean design*.

3. ESTUDO DE CASO

Considerando o objetivo deste trabalho, o qual deseja realizar uma proposta para implantação de *lean construction* em um empreendimento residencial através da aplicação das técnicas/ferramentas de LB, MFV e LPS, optou-se pela técnica de estudo de caso, pois é a que melhor se enquadra no caráter exploratório e investigativo requerido pela pesquisa. Tal estudo será descrito e desenvolvido adiante.

Vale ressaltar que a relação do autor desta pesquisa com a empresa serve-se unicamente para feitos acadêmicos, não havendo qualquer tipo interferência ou consultoria no empreendimento estudado. Trata-se, apenas, da realização de um exercício exploratório. Buscou-se um empreendimento que apresentasse um caráter repetitivo de execução de suas atividades, de modo que um padrão de execução pudesse ser facilmente identificado. Deste modo, o presente pesquisador passou a ser um simples observador de empreendimentos verticais em determinada região da cidade de São Paulo, tendo realizado o primeiro contato com a empresa responsável pelo empreendimento via telefone, para esclarecimentos e solicitação de permissão para realização do estudo de caso.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS AGENTES ENVOLVIDOS

3.1.1 Empresa

A empresa X é uma empresa familiar de pequeno porte localizada próximo ao centro da cidade de São Paulo, já está há muitos anos no mercado, acumulando muito tempo de experiência. Iniciou seus trabalhos construindo conjuntos habitacionais e hoje trabalha somente na construção de empreendimentos verticais residenciais. Todos os recursos são exclusivamente próprios. Seu quadro de funcionários é bem limitado, havendo a presença de um único Engenheiro, responsável por funções diversas da área, inclusive a manutenção de edifícios mais antigos, isto é, referente à pós-entrega dos apartamentos.

3.1.2 Objeto de Estudo

O objeto de estudo desta pesquisa consiste em um empreendimento vertical residencial de múltiplos pavimentos que, segundo funcionários da empresa X, interessa muitos clientes que apresentam perfis investidores, isto é, que adquirem o imóvel, mas não para sua própria moradia, além de famílias pequenas, dada as dimensões de cada apartamento, que serão descritas a seguir.

O empreendimento utilizado como objeto de estudo é um edifício de médio padrão em concreto armado, cuja área total construída equivale a 4.700 m² e está localizado na cidade de São Paulo. O edifício é composto por:

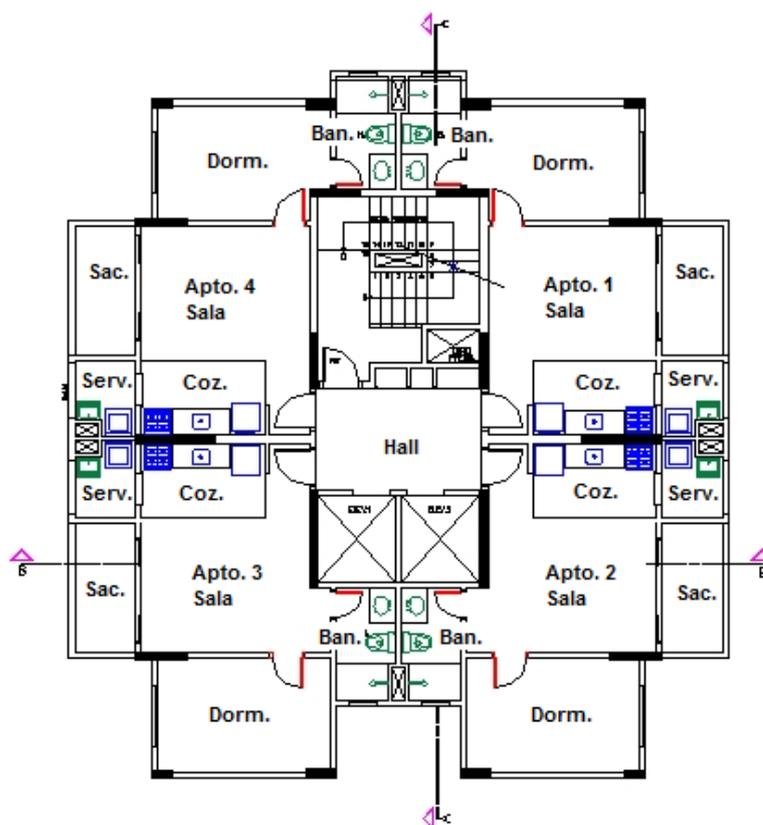
- 2° subsolo;
- 1° subsolo;
- Térreo;
- 1° pavimento;
- 2° pavimento (tipo);
- Mais 13 pavimentos a partir do tipo;
- Cobertura e ático.

Cada pavimento tipo é constituído por escada, hall, 2 elevadores e 4 apartamentos com 44 m² cada, totalizando 56 apartamentos ao longo de 14 andares. Cada apartamento é composto por:

- 1 sala;
- 1 cozinha;
- 1 área de serviço;
- 1 sacada;
- 1 banheiro;
- 1 dormitório, sendo suítes somente os apartamentos 1 e 4.

A Figura 28, a seguir, apresenta a planta do pavimento tipo descrito.

Figura 28 - Planta do pavimento tipo



Fonte: Documento fornecido pela empresa, adaptado pelo AUTOR (2019)

Vale ressaltar que o estudo desta pesquisa compreende somente os pavimentos idênticos, isto é, que apresentam repetições em seus processos de construção. Isto ocorre a partir do pavimento tipo e permanece até o 15º pavimento.

As atividades executadas na obra e utilizadas neste estudo são identificadas através de abreviações:

Quadro 6 - Abreviações das atividades

Abreviações	Atividades
ES	Estruturas
AL	Alvenaria
IE	Instalações Elétricas
IH	Instalações Hidráulicas
CA	Caixilhos
RA	Revestimento em Argamassa
RG	Revestimento em Gesso
CP	Contrapiso
PC	Piso Cerâmico
CM	Caixilhos de Madeira
AZ	Azulejo
BA	Bancadas
FO	Forro
AP	Aparelhamento
PI	Pintura

Fonte: Elaboração do AUTOR

3.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS

3.2.1 Mapa de Fluxo de Valor (MFV)

Para a criação do mapa de fluxo de valor (MFV), foram realizados 3 procedimentos básicos, que consistem na escolha do *software*, coleta de dados e elaboração do MFV.

Escolha do *software*

Para a criação do MFV, foi escolhido o *software Microsoft Visio®*, visto que o presente autor já possuía conhecimento de suas funções específicas, que atendem aos anseios desta pesquisa.

Não houve a necessidade de configuração prévia do *software*, visto que esta é uma função já fornecida por ele.

Vale ressaltar que há outros *softwares* disponíveis que também realizam as mesmas funções.

Coleta de dados

Para o desenvolvimento do MFV, a coleta de dados foi realizada por duas vias de informação:

- Conversas com o Engenheiro;
- Visitas ao empreendimento.

A primeira via, conversas com o Engenheiro, teve como principal objetivo conhecer o esquema de planejamento do empreendimento e de aquisição, recebimento, armazenamento e transporte de materiais.

A segunda via, visitas ao empreendimento, refere-se à obtenção dos dados diretamente do canteiro de obras e confirmação das informações dadas pelo Engenheiro, através de observações e registros fotográficos. Foram obtidos dados como descrição dos subprocessos da atividade de contrapiso (CP), tempos de ciclo (T/C), tempos de espera (E), *lead time* (L/T) e os já citados no parágrafo anterior. Após a extração de tais dados, estes foram depositados em uma planilha previamente editada e, posteriormente processados.

Elaboração do MFV

A elaboração do MFV do planejado foi dividida em três etapas:

- Inserção dos dados referentes ao método de planejamento;
- Inserção dos dados referentes a aquisição, recebimento, armazenagem e transporte dos materiais;
- Inserção dos dados referentes aos subprocessos da atividade selecionada.

1ª e 2ª Etapas

Para as duas primeiras etapas, procurou-se respostas para os seguintes questionamentos:

- Como foi realizado o planejamento do empreendimento?
- Quem são os responsáveis por solicitar cada tipo de material?

- Quem são os responsáveis por receber os materiais na obra?
- Onde os materiais são armazenados?
- Como eles são transportados para cada pavimento?

1º Questionamento

O planejamento do empreendimento foi realizado unicamente pelo Engenheiro da obra, com base em sua experiência em obras anteriores na mesma empresa, no entanto, essa foi a primeira vez em que foi utilizado o software Microsoft Project® para esta função. Não havia planejamento de médio e curto prazo formalmente realizados.

2º Questionamento

A solicitação dos materiais era realizada conforme a necessidade destes. Materiais elétricos, hidráulicos e gesso são solicitados pelos respectivos empreiteiros de cada serviço, enquanto que para materiais ditos “civis” como cimento, cal, areia, blocos, azulejos, rejuntas e demais, as solicitações são realizadas pelo Engenheiro ou Administrativo, em contato com o escritório da empresa.

Vale observar que todo o concreto utilizado na obra era usinado e, durante a concretagem dos pavimentos, o concreto era solicitado semanalmente pelo próprio Engenheiro.

3º Questionamento

Os responsáveis pelo recebimento dos materiais são os próprios empreiteiros, para materiais elétricos, hidráulicos e gesso, e o Administrativo, algumas vezes com a presença do Engenheiro, para materiais civis.

4º Questionamento

Os materiais são armazenados no canteiro de obras, que corresponde à área externa da construção, 1º subsolo e 2º subsolo. Foi realizado um projeto bem simplificado do canteiro devido a exigências do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho), no entanto, este documento não foi disponibilizado.

A Figura 29, abaixo, apresenta a área externa do canteiro destinada ao armazenamento de blocos. Nota-se que os blocos são “paletizados” em quantidades e tipos estimados por pavimento e transportados desta forma.

Figura 29 - Armazenamento de blocos na área externa do canteiro



Fonte: AUTOR (2019)

A Figura 30, abaixo, apresenta o armazenamento de cimento e azulejo no 1º subsolo (também parte do canteiro de obras). Optou-se por todos os sacos de cimento como sendo de 25 kg, a fim de poupar o trabalhador e eliminar os desperdícios dos sacos de 50 kg, segundo o Engenheiro.

Figura 30 - Armazenamento de cimento e azulejo no 1º subsolo



Fonte: AUTOR (2019)

A Figura 31, abaixo, apresenta o armazenamento de cal no 2º subsolo (também parte do canteiro de obras).

Figura 31 - Armazenamento de cal no 2º subsolo



Fonte: AUTOR (2019)

5º Questionamento

Os materiais são transportados para cada pavimento através de um elevador cremalheira na quantidade exata, programada para cada pavimento pelo Engenheiro e pelo empreiteiro. O elevador (carregado) leva aproximadamente 5 segundos entre um pavimento e outro. O transporte de materiais é realizado quase que todo no período diurno, mas no decorrer do dia são realizadas solicitações específicas.

A argamassa para revestimento interno e contrapiso são produzidas no próprio pavimento, sempre no apartamento 2, onde está localizado o acesso direto ao elevador cremalheira.

A Figura 31, abaixo, apresenta o principal meio de transporte de materiais utilizado na obra, o elevador cremalheira.

Figura 32 - Elevador cremalheira



Fonte: AUTOR (2019)

A Figura 33, abaixo, apresenta a central de produção de argamassa para revestimento e contrapiso, realizada no apartamento 2 de cada pavimento. Ao fundo, é possível notar o acesso ao elevador cremalheira e sacos de estopa, os quais estão cheios de areia. A areia, armazenada no 1º subsolo, é transportada na quantidade certa em cada saco para sua utilização, referente a um saco de cimento.

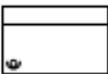
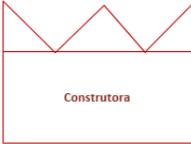
Figura 33 - Produção de argamassa no apartamento número 2



Fonte: AUTOR (2019)

Os ícones utilizados nos MFVs estão apresentados abaixo, no Quadro 7:

Quadro 7 - Símbolos utilizados nos MFVs desta pesquisa

Símbolos		
		
		
		
		
		
		

Fonte: Adaptado de ROTHER e SHOOK (2003) pelo AUTOR (2019)

3ª Etapa

A terceira etapa, inserção dos dados referentes aos subprocessos da atividade selecionada, foi realizada partindo-se do procedimento anterior, referente a coleta destes. Tais dados correspondem ao T/C (tempo de ciclo), E (esperas) e L/T (*lead time*). Através deles, foram obtidos o TAV (tempo de agregação de valor) e a taxa de produtividade. Estes dois indicadores são apresentados e explicados nos próximos itens.

- **T/C (tempo de ciclo):** o tempo de ciclo foi obtido por meio da média dos tempos de ciclo de cada subprocesso da atividade de contrapiso observados pelo pesquisador em visitas ao empreendimento. O T/C foi expresso em minutos (min.);
- **E (esperas):** as esperas foram obtidas através da somatória das diferenças entre os tempos de término de um subprocesso e o início de outro e, posteriormente, sua divisão (média). As esperas foram expressas em minutos (min.);
- **L/T (lead time):** o lead time foi obtido por meio da somatória dos T/Cs e das Es (já considerando as médias) da atividade de contrapiso. O L/T foi expresso em minutos (min.).

3.2.2 Linhas de Balanço (LB)

Assim como para a criação do MFV, para a criação as linhas de balanço (LB) também foram realizados 3 procedimentos básicos, que consistem na escolha do *software*, coleta de dados e elaboração das LBs.

Escolha do *software*

Antes de partir para a elaboração das LBs propriamente dita, foi necessário realizar a escolha do *software* que melhor auxiliasse o pesquisador nesta função. Foram identificados os seguintes *softwares* capazes de fornecer uma LB que correspondesse aos objetivos deste estudo:

- *Microsoft Project*®;
- *Microsoft Excel*®;
- LdB®;
- Vico®;
- Primavera®.

Por questões, principalmente de facilidade de manuseio e disponibilidade, foi escolhida a primeira opção, *Microsoft Project*® na versão 2013, mesmo a LB não

sendo a função principal deste programa, mas que, no entanto, correspondia ao requerido pela pesquisa.

Para criação da LB no *Microsoft Project*®, alguns passos precisaram ser respeitados e configurações precisaram ser feitas no programa. Tais passos e configurações estão brevemente descritos a seguir:

- As atividades foram desenvolvidas partindo-se do último para o primeiro pavimento (neste caso, do 15° pavimento ao 2° pavimento) nas barras destinadas às tarefas;
- Foram relacionadas e inseridas as dependências entre cada uma das atividades;
- Foi utilizada a técnica dos sinalizadores, onde cada tipo de atividade é identificado individualmente por seu respectivo sinalizador, que são campos lógicos de identificação, os quais possuem apenas duas informações (“sim e não”);
- Aplicou-se a visualização de apresentação somente das tarefas resumo;
- Configurou-se o *layout* para o modo de representação acumulada das barras de Gantt;
- Formataram-se as barras vinculadas a cada atividade em cores diferentes para facilitar a identificação destas;
- Por fim, foram criados elementos de texto para facilitar ainda mais a identificação de cada atividade.

Coleta de dados

Formalizada a aceitação da empresa para a realização do estudo de caso em seu empreendimento, partiu-se para a coleta de dados.

A primeira reunião foi realizada na própria obra no dia 21/02/2019 (quinta-feira), no período da manhã, e nela estavam presentes somente o presente pesquisador e o Engenheiro da empresa, o qual é responsável também pelo planejamento do empreendimento. Nesta reunião, o Engenheiro apresentou todo o empreendimento,

do canteiro de obras até a cobertura, descreveu o perfil da empresa, apresentou os documentos que poderia disponibilizar e discorreu brevemente sobre o sequenciamento dos trabalhos que estavam sendo executados e que já haviam sido realizados.

Ao ser questionado sobre seu conhecimento a respeito da construção enxuta, o Engenheiro fez uma rápida associação com a empresa Toyota, no entanto, não apresentava familiaridade com o assunto, demonstrando estar interessado em compreender melhor seus princípios.

Nesta primeira reunião foram disponibilizados alguns documentos como o cronograma físico do empreendimento e projetos que continham as plantas dos pavimentos, fachadas, cortes e alvenaria.

A partir desta reunião foi liberado o acesso à obra para que o presente pesquisador pudesse acompanhar a execução dos trabalhos, se necessário, a fim de esclarecer eventuais questionamentos.

Elaboração das LBs

Tendo acesso ao cronograma físico, foi possível identificar as atividades realizadas no empreendimento, bem como informações pertinentes a suas durações e dependências, e determinar alguns pré-requisitos para a elaboração das LBs. Vale ressaltar que, em um primeiro momento, foram disponibilizados 2 tipos de cronogramas, sendo um mais resumido realizado no *Microsoft Excel*® (este não foi utilizado) e outro mais detalhado, realizado no *Microsoft Project*®.

Atividades

As atividades selecionadas correspondem, basicamente, ao nível 1, ou seja, elas não estão totalmente destrinchadas ou detalhadas, visto que esta é uma característica do cronograma fornecido pela empresa.

O cronograma fornecido está no Anexo desta pesquisa.

A Figura 34, abaixo, apresenta a estrutura do cronograma fornecido pela empresa e as atividades selecionadas para o estudo e realização das LBs.

Figura 34 - Estrutura do cronograma adotado pela empresa

▾ 2 ANDAR
Estrutura
Alvenaria
▾ instalações
Eletrica
Hidraulica
▾ Caixilho aluminio
Contra marco
▾ Revestimento
reboco
gesso
azulejo
▾ Piso
contra piso
Piso ceramico
▾ Granitos
Pingadeiras, soleiras
Bancadas
Caixilho madeira
Impermeabilização
Forro
▾ Pintura
aparelhamento
pintura

Fonte: Documento fornecido pela empresa, adaptado pelo AUTOR (2019)

Datas e durações

As datas de início e fim de cada atividade, bem como suas respectivas durações, foram analisadas e extraídas do cronograma fornecido para servirem de referência e para efeitos de comparação durante a elaboração das LBs a serem propostas.

A Figura 35, abaixo, apresenta a atividade “Estrutura”, seguida por seu campo “duração” e pelos campos referentes às datas de “início e término” no formato do *Microsoft Project®*.

Figura 35 - Atividade, duração e datas

Nome da Tarefa	Duration	Start	Finish
2 ANDAR			
Estrutura			

Fonte: Documento fornecido pela empresa, adaptado pelo AUTOR (2019)

Feriados

Foram considerados todos os feriados nacionais e municipais dentro do período de execução das atividades selecionadas e devidamente configurados no arquivo. Este processo foi realizado antes da inserção das datas de execução das atividades.

Dias e horários de trabalho

Os trabalhos são realizados iniciando-se às segundas-feiras e finalizando-se às sextas-feiras, nos horários das 7:00 horas às 17:00 horas, com 1 hora de almoço. Não se trabalha aos sábados.

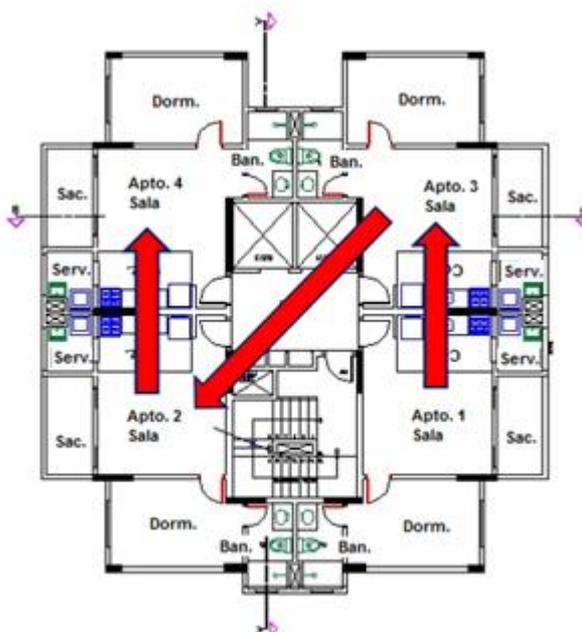
Sequência de execução dos apartamentos

A sequência proposta de execução das atividades nos apartamentos pela empresa, ocorrem a partir do apartamento 1, seguido pelo apartamento 3, apartamento 2 e, por fim, pelo apartamento 4, visto que os materiais são recebidos por este, através do elevador cremalheira. Neste apartamento também são produzidas as argamassas para revestimento.

Após a realização das LBs, foram propostas novas sequências para o plano de ataque. Tais planos de ataque correspondem às sequências de execução das atividades e dos apartamentos em cada pavimento e estão detalhadamente descritos adiante.

A Figura 36, a seguir, apresenta a sequência de execução proposta pela empresa construtora.

Figura 36 - Sequência de execução proposta pela empresa construtora



Fonte: Documento fornecido pela empresa, adaptado pelo AUTOR (2019)

3.2.3 Last Planner System (LPS)

O *Last Planner System* (LPS) é constituído, basicamente, da interação harmônica do planejamento em seus 3 níveis verticais, sendo eles o planejamento de longo prazo, médio prazo (muito conhecido como *look-ahead planning*) e curto prazo.

Planejamento de longo prazo

O desenvolvimento destes 3 níveis de planejamentos se deu, inicialmente, pelo planejamento de longo prazo, ou plano mestre, que nesta pesquisa será apresentado adiante juntamente com a aplicação da técnica de LBs, já que esta é uma das principais técnicas utilizadas neste nível do planejamento em empreendimentos em que predominam o caráter repetitivo das atividades.

Planejamento de médio prazo

O planejamento de médio prazo (ou *look-ahead*) foi desenvolvido considerando um horizonte de 4 semana de execução de atividades. Tais atividades foram extraídas do planejamento de longo prazo e destrinchadas quando necessário, a fim de aumentar o nível de detalhamento.

Neste nível, foram identificadas e analisadas as restrições que cada atividade apresentava em cada pavimento e, posteriormente postas na planilha do planejamento em questão.

Esta etapa foi realizada utilizando-se das funções básicas do *Microsoft Excel*®.

Planejamento de curto prazo

O planejamento de curto prazo (ou de comprometimento) é aquele que apresenta relação direta com o responsável por executar a atividade. Este foi desenvolvido considerando um período igual a 1 semana, ou seja, é um planejamento semanal. Para tanto, as atividades foram extraídas do planejamento de médio prazo que, por sua vez, foi extraído das LBs.

Neste nível do planejamento, foram identificadas as atividades a serem executadas na semana em questão e apresentadas com um maior grau de detalhes.

Esta etapa foi realizada utilizando-se das funções básicas do *Microsoft Excel*®.

3.3 DIAGNÓSTICO

Antes da aplicação propriamente dita das ferramentas (ou técnicas) já citadas, é importante identificar quais práticas positivas e/ou negativas sob a ótica da construção enxuta ocorrem na empresa e no empreendimento. Para isto, foi realizado um diagnóstico com base nos 11 princípios propostos por Koskela (1992), os quais são fundamentados nos conceitos da produção e do pensamento enxutos:

1. Reduzir ou eliminar atividades que não agregam valor;
2. Aumentar o valor;
3. Reduzir variabilidade;
4. Reduzir tempo de ciclo;
5. Simplificar processos;
6. Aumentar flexibilidade de saída;
7. Aumentar transparência;
8. Controle;

9. Melhoria contínua;

10. Nivelar melhorias entre fluxos e conversões;

11. *Benchmarking*.

Até onde o presente autor deste trabalho pôde acompanhar, foram identificadas as seguintes práticas positivas e negativas.

Quadro 8 - Práticas *lean* e práticas não *lean*

Princípios	Práticas <i>lean</i>	Práticas não <i>lean</i>
1° Reduzir ou eliminar atividades que não agregam valor.	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto de alvenaria detalhado, eliminando a necessidade de quebra para IE (indícios de <i>lean design</i>); - Adoção de tubulações PEX, reduzindo mão de obra e necessidade de quebra; - Areia ensacada na quantidade exata para produção de argamassa, compatível com um saco de cimento e cal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esperas consecutivas entre atividades (diferentes T/Cs); - Falta de organização dos andaimes (RG); - 1 dia inteiro destinado a executar taliscas do CP de um pavimento e CP do hall, atividades que podem ser feitas rapidamente.
2° Aumentar o valor.	<ul style="list-style-type: none"> - Idem princípio 1, visto que para os clientes internos da produção, as atividades são facilitadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento pouco de talhado, não deixando muito clara a execução das atividades e a presença de algumas terminalidades (serviços deixados por fazer que deverão ser retomados mais a frente). Ex.: atraso na execução de parte da alvenaria, o que comprometeu a execução de parte do contrapiso, que por sua vez comprometeu a execução de parte dos revestimentos.
3° Reduzir variabilidade.	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de caixilhos de madeira prontos que podem ser executados rapidamente; 	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenças entre os T/Cs das atividades, ocasionando as esperas já citadas; Variação da mão de obra em algumas atividades (especialmente AL).

Fonte: AUTOR (2019)

Quadro 9 - Continuação do Quadro 8

4° Reduzir tempo de ciclo.	- Não consta.	- Pouca preocupação com prazos e equipes extremamente reduzidas
5° Simplificar processos.	- Idem princípios 1 e 3.	- Com exceção dos pontos positivos apresentados, não havia iniciativa de se simplificar mais processos das demais atividades, especialmente devido a mão de obra terceirizada.
6° Aumentar flexibilidade de saída.	- Possibilidade de escolha do revestimento cerâmico da sala e dormitório.	- Ausência de mão de obra polivalente. A maioria dos trabalhadores realizavam tarefas específicas. Um exemplo foi o atraso na alvenaria. Não havia trabalhadores na obra que pudessem executar esta atividade com qualidade por alguns dias.
7° Aumentar transparência.	- Não consta.	- Acúmulo de atividades em um único pavimento sem que se pensasse em um melhor plano de ataque para execução. Notou-se grande acúmulo nos pavimentos 10 e 12.
8° Controle.	- Conferência, mas em baixa frequência, da execução das atividades.	- Planejamento realizado ainda de modo simples e pouco detalhado; Ausência de acompanhamento e atualização do planejamento.

Fonte: AUTOR (2019)

Quadro 10 - Continuação do Quadro 8

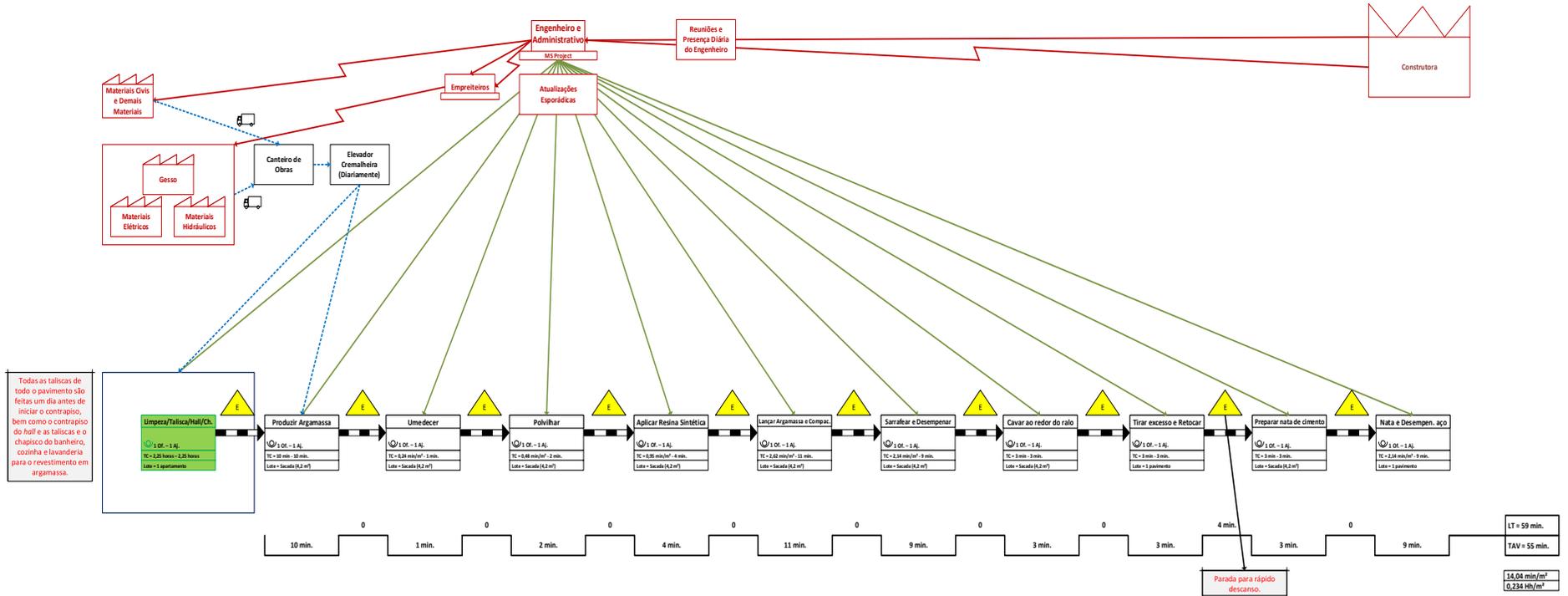
9° Melhoria contínua.	- Primeira vez usando o <i>Microsoft Project®</i> , indicando interesse de melhora no processo de planejamento.	- Ausência de mais iniciativas para mais processos de melhoria contínua.
10° Nivelar melhorias entre fluxos e conversões.	- Não consta.	- Idem princípio 7.
11° Benchmarking.	- Não consta.	- Não consta.

Fonte: AUTOR (2019)

Todos os 11 princípios apresentam relações de causa e efeito muito próximas entre si, o que permitiu que alguns fossem analisados em conjunto.

3.4 APLICAÇÃO DO MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)

Figura 37 – MFV do contrapiso da sacada



Fonte: AUTOR (2019)

Para que a *Lean Construction* seja eficazmente implementada na empresa e na construção, bem como a realização de um bom planejamento, é essencial que as atividades sejam conhecidas a nível de processo, pois isto permitirá que se tome conhecimento das etapas vitais e descartáveis das atividades, isto é, as que agregam e não agregam valor. Entende-se esse fluxo dos processos como fluxo de valor. Outro benefício alcançado com o conhecimento detalhado da execução das atividades é a possibilidade de estimar com maior fidelidade a produtividade dos colaboradores e o tempo de execução da atividade em questão. Isto permitirá, também, a chance de criar pacotes de trabalho e definir sequências de execução. (ROTHER; SHOOK, 2003; JONES; WOMACK, 2004; PASQUALINI, 2005).

Uma das melhores técnicas que possibilitam obter um raio x das atividades é o mapeamento de fluxo de valor (MFV), apresentado acima.

Todas as atividades são muito importantes para o empreendimento, no entanto, algumas atividades são consideradas críticas, isto é, caso atrasem, o cronograma do empreendimento sofrerá as consequências de um atraso global. (LIMMER, 1996).

Levando em consideração o grau de importância das atividades críticas, recomenda-se conhecê-las detalhadamente primeiro.

A atividade (crítica) escolhida como exemplo para a aplicação do MFV nesta pesquisa é a de contrapiso (CP). Tal atividade foi observada durante a execução da sacada, considerada área molhada, cuja área é de 4,2 m².

Nota-se que a parte superior do MFV corresponde aos responsáveis pelo empreendimento, fiscalização, fornecimento dos materiais e transporte dos mesmos até o local da execução da atividade. Enquanto a parte inferior corresponde a atividade propriamente dita, dividida em subprocessos e apresentando os valores de tempos de ciclo, esperas, *lead time*, taxa de produção e produtividade.

Vale ressaltar que não será realizado um MFV futuro da atividade de contrapiso, pois o intuito é apresentar a característica principal desta ferramenta, que é evidenciar todos os subprocessos da atividade e apresentar dados. A mesma já

demonstra, também, um bom desempenho. No entanto, apesar de não apresentar um detalhamento, foi indicado no mapa a possibilidade de união de algumas atividades em um pacote de trabalho, representado na primeira caixa de processos, em verde. Tais atividades estão descritas abaixo.

Foi possível obter que a atividade de CP era realizada por dois trabalhadores, 1 oficial e 1 ajudante. Foi estimada uma duração de 5 dias por pavimento, sendo que o primeiro dia, como apresentado no MFV, era destinado à limpeza, colocação das taliscas em todo o pavimento e execução do CP do *hall*. Nos demais 4 dias, era destinado 1 dia para cada apartamento, sendo que iniciava-se o CP pelas áreas molhadas, indo para o dormitório e, por último, a sala (a sequência dormitório-sala podia ser eventualmente alterada).

Os subprocessos identificados são: limpeza/taliscas, produzir argamassa, umedecer, polvilhar cimento, aplicar resina sintética, lançar argamassa farofa e compactar, sarrafejar e desempenar, cavar ao redor do ralo, tirar excesso e retocar, preparar nata de cimento e aplicar nata e desempenar com desempenadeira de aço.

Foram obtidos os valores de L/T (*lead time*) = 59 min., TAV (tempo de agregação de valor) = 55 min. T/P (taxa de produção) = 14,04 min./m² e produtividade de 0,234 Hh/m².

Vale atentar para o alto valor de TAV (55 min.), que corresponde a quase 100% do L/T. Este valor só foi possível pelo fato de que a situação de trabalho já estava ideal para a produção, visto que, no primeiro dia da atividade de CP, todo o material necessário já era transportado ao pavimento (atividade de transporte que não agrega valor), eram executadas as taliscas e o CP do *hall*. Por serem atividades bem rápidas de serem realizadas e com baixo volume, a equipe de trabalho trabalhava em ritmo reduzido, com baixa produtividade e alto tempo de não agregação de valor (TNAV). Apesar de parte da atividade ter sido brevemente observada (execução do contrapiso propriamente dita), devido a questões de horário, os tempos das atividades do dia anterior não foram cronometrados (transporte de materiais, limpeza e execução das taliscas e do contrapiso do *hall*), portanto não há dados numéricos para serem apresentados. No entanto, a observação e a conversa com os trabalhadores foram suficientes

para tal conclusão. Ressalta-se também que, durante a produção da argamassa, um dos trabalhadores (oficial) fica parado à espera do material, enquanto o outro (ajudante) produz, fazendo com que a mão de obra principal fique ociosa, o que pode ser explicado pela falta de experiência do ajudante e de planejamento de ambos. Isto pode ser facilmente contornado (exceto para a produção da primeira argamassa do dia), fazendo com que o ajudante se antecipe em produzir a argamassa enquanto o oficial executa outra atividade.

A fim de aproveitar este primeiro dia de pouca produção e reduzir o prazo ou adiantar demais atividades, foi proposta a realização das taliscas e chapisco das áreas cujo revestimento é feito em argamassa comum. Tais áreas correspondem a cozinha, lavanderia e banheiro. Deste modo, foi criado um pacote de trabalho que facilita a execução das atividades mais previamente, como será apresentado mais à frente nas linhas de balanço (LB) sugeridas.

Para a obtenção de todas estas informações, o autor da pesquisa presenciou a execução da atividade de CP, cronometrando-a.

3.5 APLICAÇÃO DAS LINHAS DE BALANÇO (LB)

A técnica de linhas de balanço (LB) é uma imprescindível técnica Lean quando prevalece no empreendimento a receptividade na execução das atividades. Ela permite visualizar o cronograma do empreendimento de modo que permita relacionar as atividades com seu local de execução, a data em que deverá ocorrer, bem como sua duração e sua relação com outras atividades, além de evidenciar eventuais ociosidades que venham a prejudicar o desempenho das equipes e do empreendimento como um todo. Outra característica importante é a possibilidade de proporcionar um ritmo constante de produção. (LIMMER, 1996; SOINI; LESKELA; SEPPANEN, 2004; VARGAS, 2015; MONTEIRO; MARTINS, 2011).

O maior e mais difícil objetivo é balancear os T/C das atividades, garantindo a padronização da execução destas.

A fim de comparar o impacto das mudanças nos tempos de ciclo (T/C) e do rearranjo das datas de início das atividades do empreendimento (exceto na data de início da atividade de estruturas (ES)), eliminando qualquer ociosidade,

optou-se por realizar 3 linhas de balanço (LB) com diferentes graus de alterações, sendo a primeira mais realista, isto é, considerando mais a realidade da empresa e realizando pouquíssimas alterações nos T/C, a segunda aumentando o grau de alterações nos T/C, mas ainda assim sendo uma possibilidade exequível, e a terceira, por fim, apresentando maior grau de alterações, sendo um pouco mais difícil de se implementar.

Para as alterações dos T/C das atividades, o autor supôs o emprego de mão de obra polivalente ou um ligeiro aumento ou diminuição no número de trabalhadores. No caso de alterações de datas de início das atividades, foram considerados os prazos mínimos exequíveis de cada atividade, respeitando também as características específicas dos materiais e dos processos de execução. Todas estas alterações visam balancear o máximo possível os T/C, recorrendo a pacotes de trabalho, se possível e se necessário.

Esta técnica é muito útil para a realização de planejamentos de longo prazo de empreendimentos com alto grau de repetitividade em suas atividades. (VARGAS, 2015).

O Quadro 11, abaixo, apresenta as durações de cada atividade inicialmente previstas pela empresa. A atividade de estruturas (ES) apresenta esta duração de 20 dias apenas no 2º pavimento, dada uma estimativa conservadora do Engenheiro da obra, considerando que este é o 1º pavimento tipo. A partir dele, ela passa a ter duração de 8 dias.

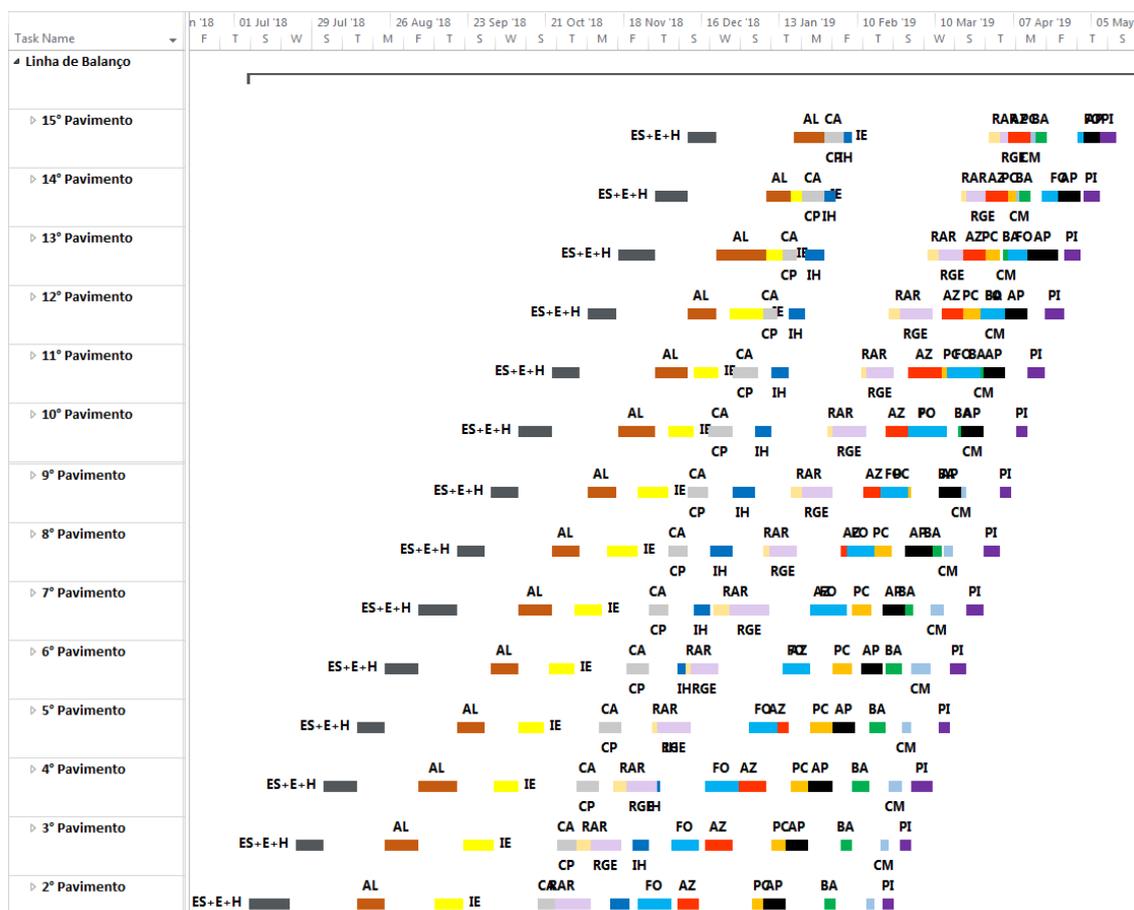
Quadro 11 - Atividades e durações previstas pela empresa

Atividades	Durações
ES	20
AL	9
IE	7
IH	3
CA	5
RA	8
RG	8
CP	5
PC	5
CM	3
AZ	7
BA	4
FO	8
AP	7
PI	5
Total de atividades = 15	104

Fonte: AUTOR (2019)

3.5.1 Alterações de Baixo Porte e Planos de Ataque

Figura 38 – Primeira LB com alterações de baixo porte



Fonte: AUTOR (2019)

A Figura 38, acima, apresenta a primeira LB, considerando alterações de baixo porte nos T/Cs, isto é, com poucas diferenças com relação ao programado da empresa e alterações nas datas de início das atividades. Nota-se (graficamente) que há diversos tempos de esperas entre atividades e um fluxo pouco contínuo.

Ressalta-se que foram respeitados 28 dias de cura do concreto em cada pavimento para o início das alvenarias.

Tais alterações estão descritas a seguir:

- Datas de início de todas as atividades (exceto estruturas);
- Estrutura do 2° pavimento, de 20 para 10 dias (realidade de execução foi de 13 dias). Demais pavimentos em 8 dias, considerando a execução das bandejas;

- Alvenaria em todos os pavimentos, de 9 para 8 dias (realidade de execução foi de 9 dias com equipes altamente reduzidas (3 pessoas));
- Instalações hidráulicas em todos os pavimentos, de 3 para 4 dias. Vale ressaltar que as demais atividades não apresentavam dependências das IH, segundo o Engenheiro, visto que nada era embutido (utilização de PEX), não sendo um problema para a obra;
- Instalações elétricas (7 dias), caixilhos (5 dias), revestimento em argamassa (8 dias), revestimento em gesso (8 dias), contrapiso (5 dias - união de CP com chapisco e taliscas para o RA no primeiro dia de execução do CP, sendo que, no 15º pavimento, o chapisco e as taliscas são realizados pelo pessoal da Alvenaria), piso cerâmico (5 dias), caixilhos de madeira (3 dias), bancadas (4 dias) e forro (8 dias) não tiveram suas durações alteradas;
- Azulejo em todos os pavimentos, de 7 para 6 dias;
- Azulejo do 2º pavimento ao 8º pavimento, havendo a criação de um pacote de trabalho (AZ + Pingadeiras/Soleiras (PS) (realidade de execução é de 3 pavimentos em 1 dia para PS) + Impermeabilização (IM) (realidade de execução é de 2 pavimentos em 4 dias para IM)), tendo uma duração total de 6 dias;
- Revestimento em Argamassa do 9º pavimento ao 15º pavimento, havendo a criação de um pacote de trabalho (RA + PS (realidade de execução é de 3 pavimentos em 1 dia para PS) + IM (realidade de execução é de 2 pavimentos em 4 dias para IM)), tendo uma duração total de 8 dias;
- Aparelhamento em todos os pavimentos, de 7 para 6 dias;
- Pintura em todos os pavimentos, de 5 para 4 dias.

As alterações trouxeram uma redução de 60 dias no prazo do empreendimento, considerando a pintura como última atividade a ser executada até então.

Foram comparadas as datas da execução da pintura do 15º pavimento dos dois cronogramas: o da empresa e o da pesquisa, após as alterações e utilizando a LB.

Data da empresa: 06/07/2018 (início da atividade de ES) – 05/08/2019 (fim da atividade de PI).

Data da pesquisa: 06/07/2018 (início da atividade de ES) – 13/05/2019 (fim da atividade de PI).

As alterações (datas de início e T/Cs) foram realizadas de modo que fossem eliminadas as ociosidades entre as atividades, no entanto, como ainda há diferenças nos T/Cs, há tempos de espera entre estas.

Quadro 12 - Atividades e durações definidas para a primeira LB

Atividades	Durações
ES	10
AL	8
IE	7
IH	4
CA	5
RA	8
RG	8
CP	5
PC	5
CM	3
AZ	6
BA	4
FO	8
AP	6
PI	4
Total de atividades = 15	91

Fonte: AUTOR (2019)

Planos de ataque

A fim de melhorar a organização das atividades e aumentar o controle e transparência do empreendimento, foram criados pequenos mapas que apresentam o esquema (sequência) de execução das atividades nos pavimentos onde estas ocorrem com alto grau de proximidade. Esta proximidade entre atividades se justifica pelo aproveitamento máximo do tempo (nos primeiros pavimentos) e pelas diferenças nos T/Cs (nos últimos pavimentos).

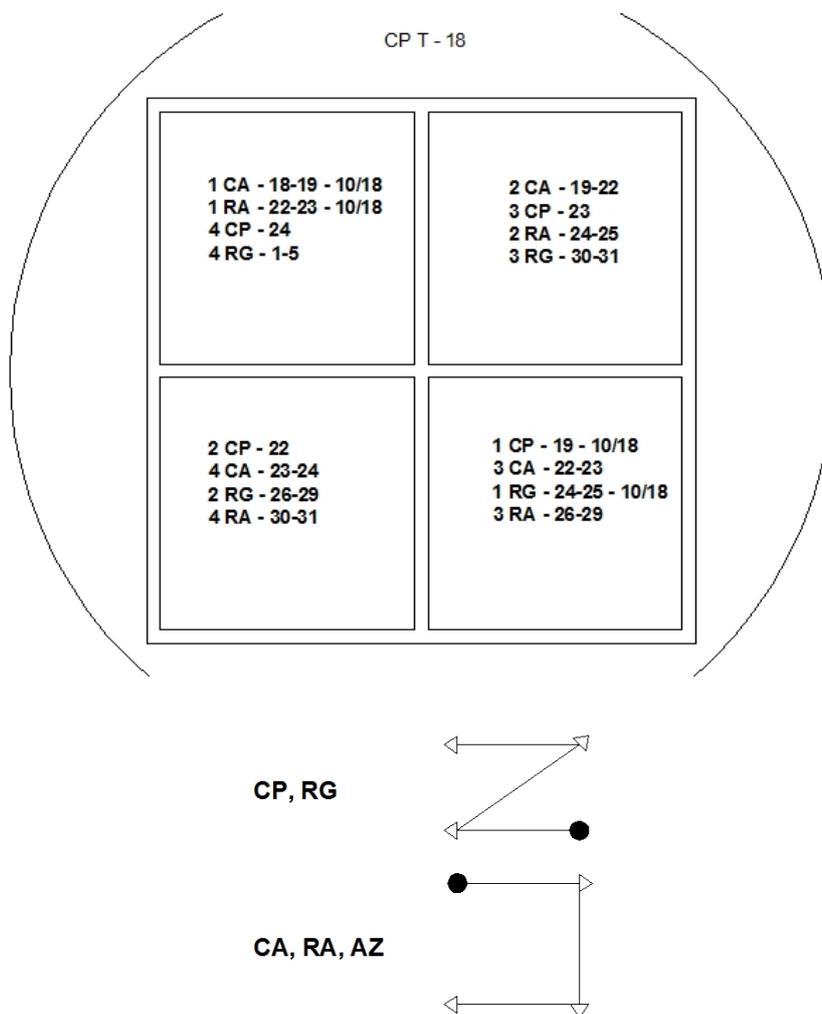
Vale lembrar que a periferia está fora do escopo, o qual só abrange a execução dos pavimentos tipo.

Os pavimentos que apresentaram um maior acúmulo de atividades próximas que necessitavam de alguma alteração em suas sequências de execução foram o 2° e o 15°, visto que as atividades são comprimidas no 2° para melhor aproveitar o cronograma e são novamente comprimidas no 15° devido as diferenças nos tempos de ciclo.

Na Figura 39, abaixo, o quadrado maior representa o pavimento e cada um dos quadrados menores representam um apartamento. A principal sequência de execução determinada pela empresa corresponde àquela representada, na Figura abaixo, pelo “CP e RG”, onde a bola preta significa que a atividade se iniciará naquele apartamento e posteriormente seguirá a sequência determinada pelas setas. O círculo ao redor do pavimento representa somente a data de execução das taliscas e chapisco do CP e RA em todo o pavimento e do CP do hall (CP T – 18, na parte superior). Os significados das legendas (1 CP – 19 – 10/18) são, respectivamente: número da sequência de execução, abreviatura da atividade e dia de execução. Quando da execução do 1° apartamento, também são apresentados mês e ano (10/18) para evitar confusão entre datas de mesmo dia.

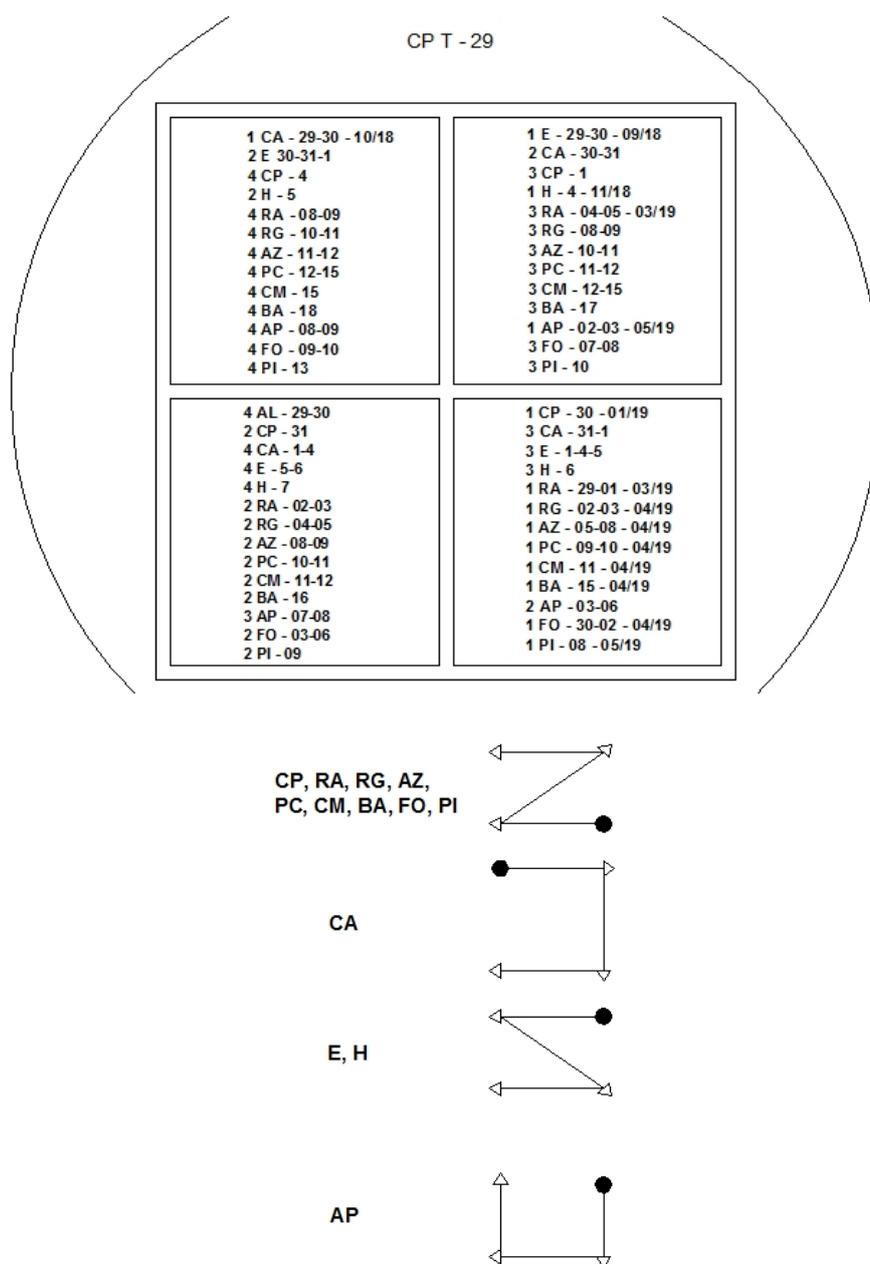
A seguir, nas Figuras 39 e 40, abaixo, são apresentados os esquemas de execução (planos de ataque) do 2° pavimento, do 15° pavimento e dos pavimentos em que as atividades se cruzam:

Figura 39 – Sequências de execução do 2º pavimento



Fonte: AUTOR (2019)

Figura 40 - Sequências de execução do 15º pavimento



Fonte: AUTOR (2019)

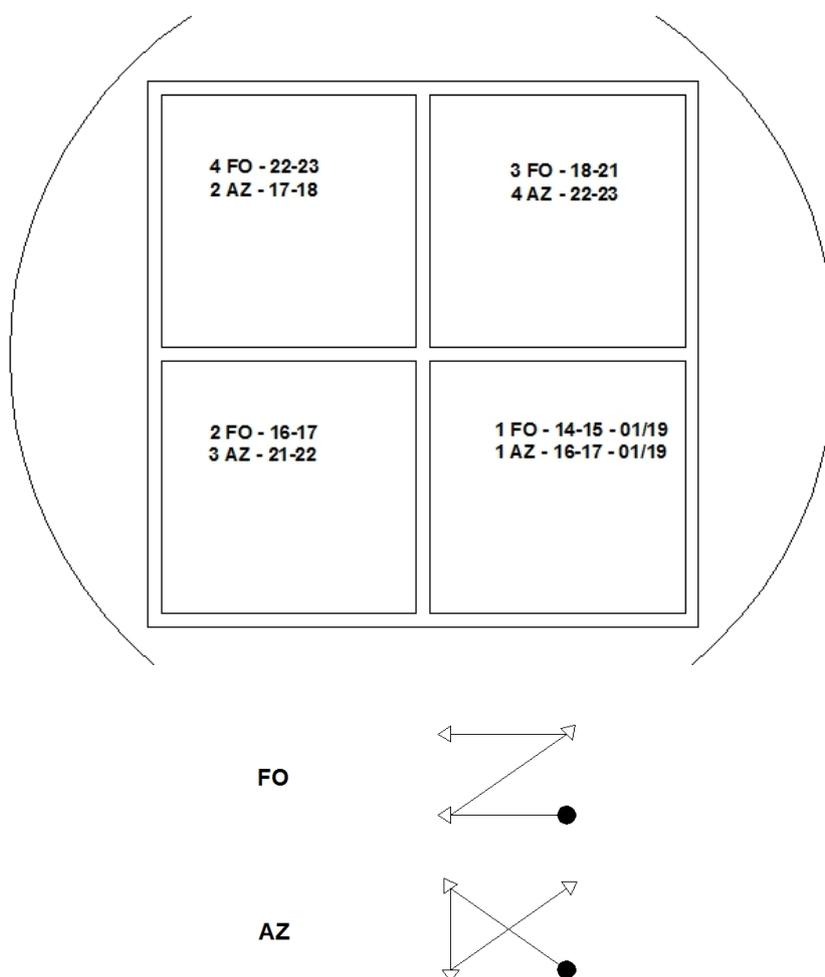
É possível notar que, nas Figuras 39 e 40, acima, mesmo alterando os T/Cs das atividades, as mesmas ainda não apresentaram um balanceamento satisfatório, visto que houve a necessidade de realizar algumas alterações no esquema de execução das atividades de caixilhos (CA), revestimento em argamassa (RA) e azulejo (AZ) no 2º pavimento. No 15º pavimento, as alterações ocorreram para as atividades de CA, instalações elétricas (E), instalações hidráulicas (H) e aparelhamento (AP).

Vale ressaltar, também, que foram consideradas e respeitadas todas as características construtivas das atividades, além de seus tempos característicos de reações.

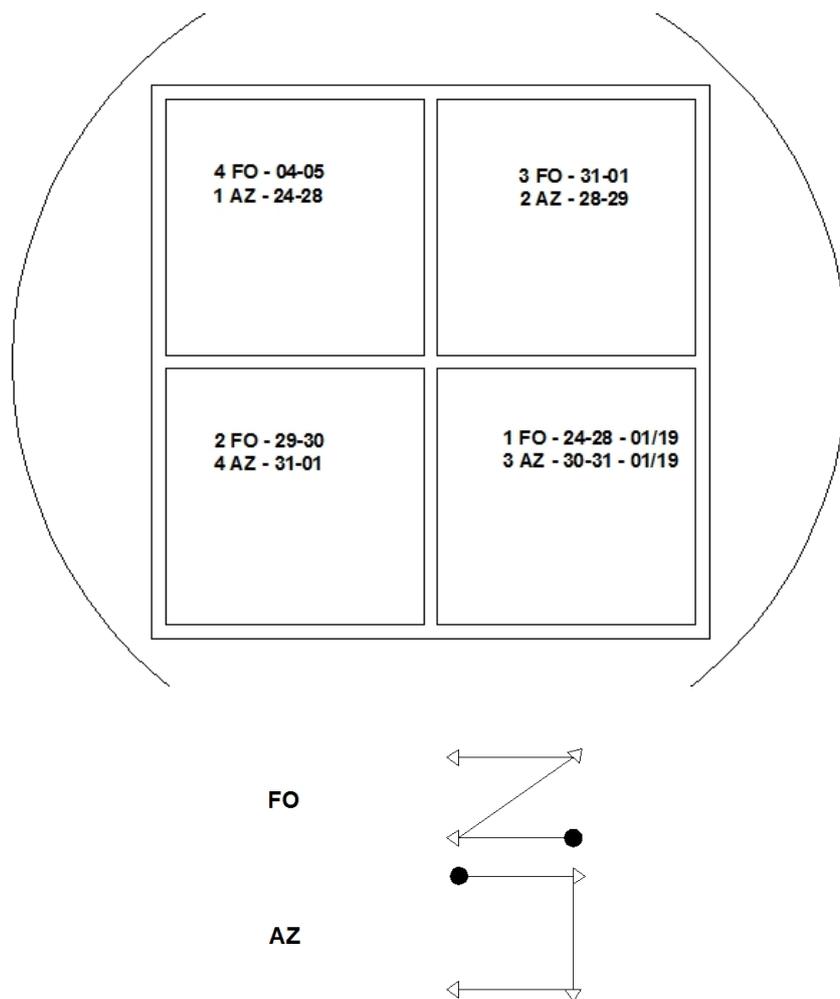
Atividades que se cruzam

Ainda devido as diferenças dos T/Cs, algumas atividades da primeira LB se cruzaram, fazendo com que fosse necessário a verificação e/ou reorganização destas no respectivo pavimento, a fim de evitar confrontos que comprometessem a execução das atividades, levando a criação destes esquemas nos seguintes pavimentos: 5°, 6°, 7°, 9°, 10° e 11°.

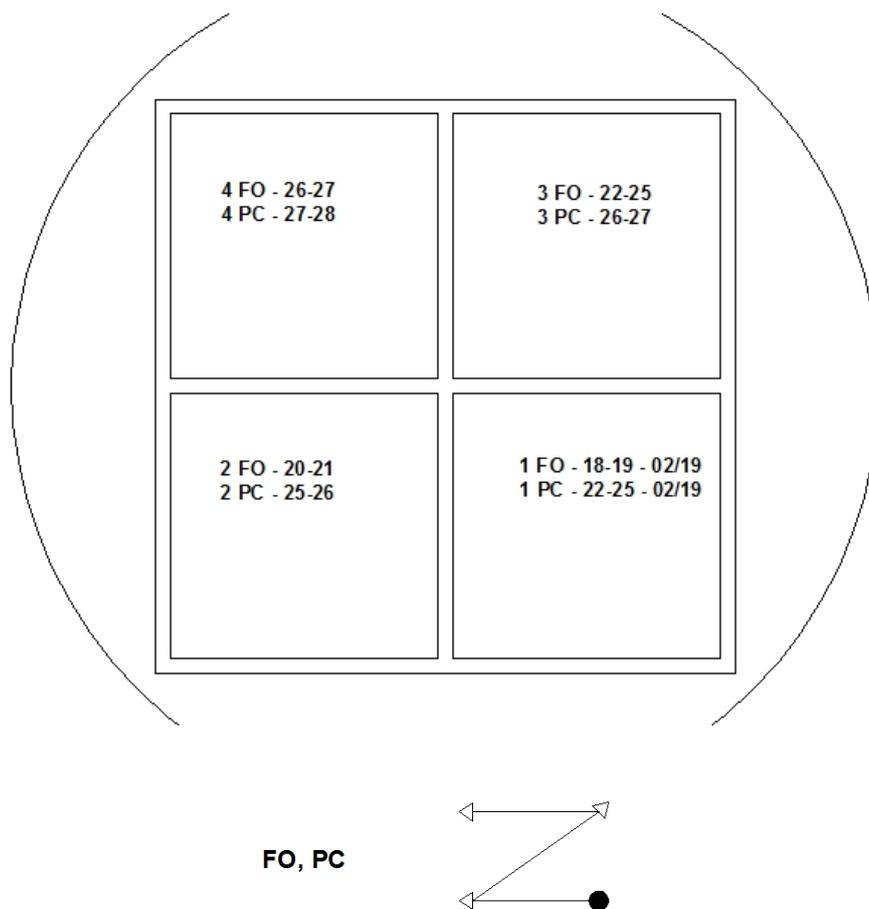
Figura 41 - Sequências de execução de FO e AZ no 6° pavimento



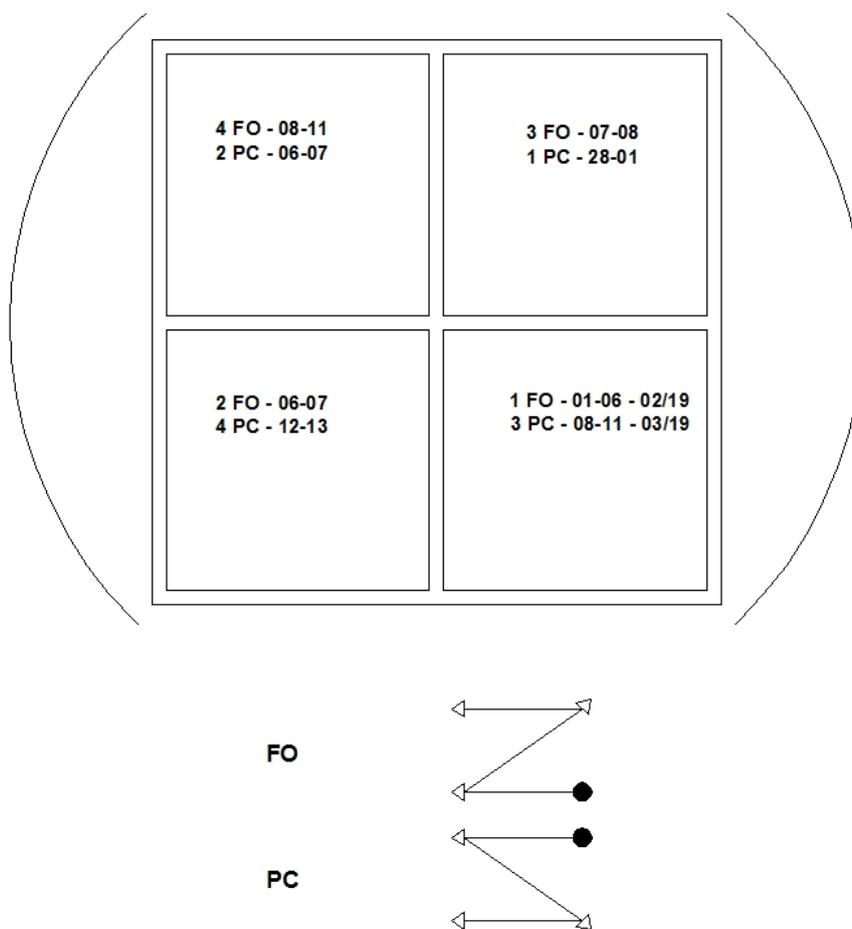
Fonte: AUTOR (2019)

Figura 42 - Sequências de execução de FO e AZ no 7º pavimento

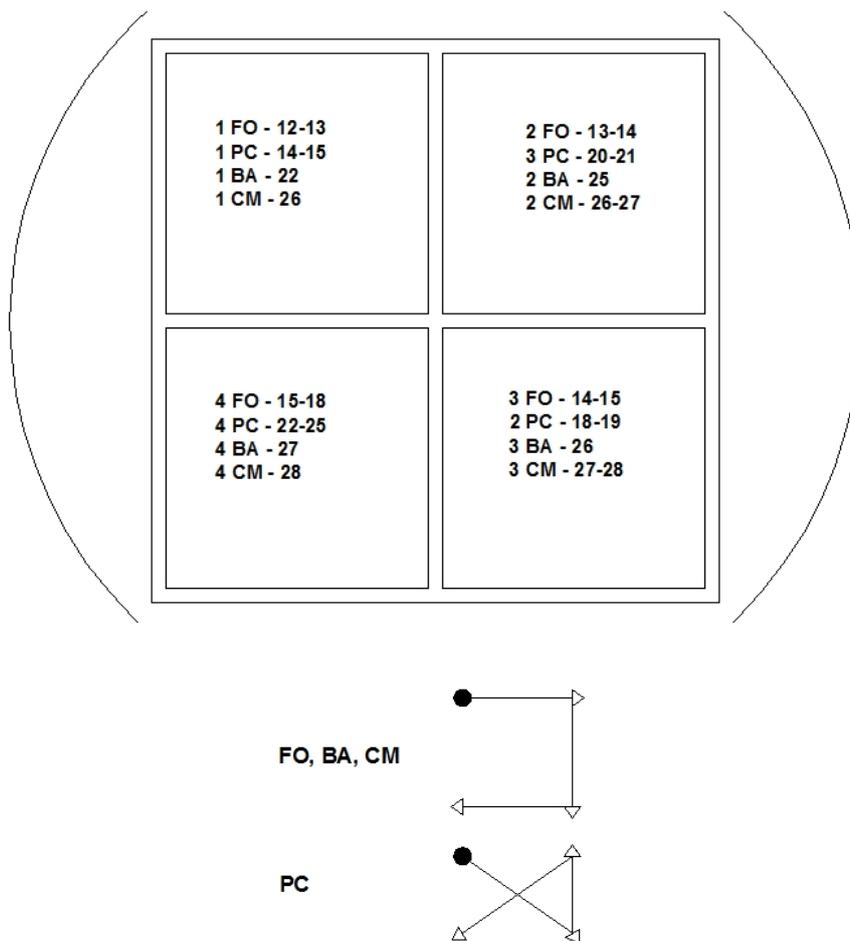
Fonte: AUTOR (2019)

Figura 43 - Sequências de execução de FO e PC no 9º pavimento

Fonte: AUTOR (2019)

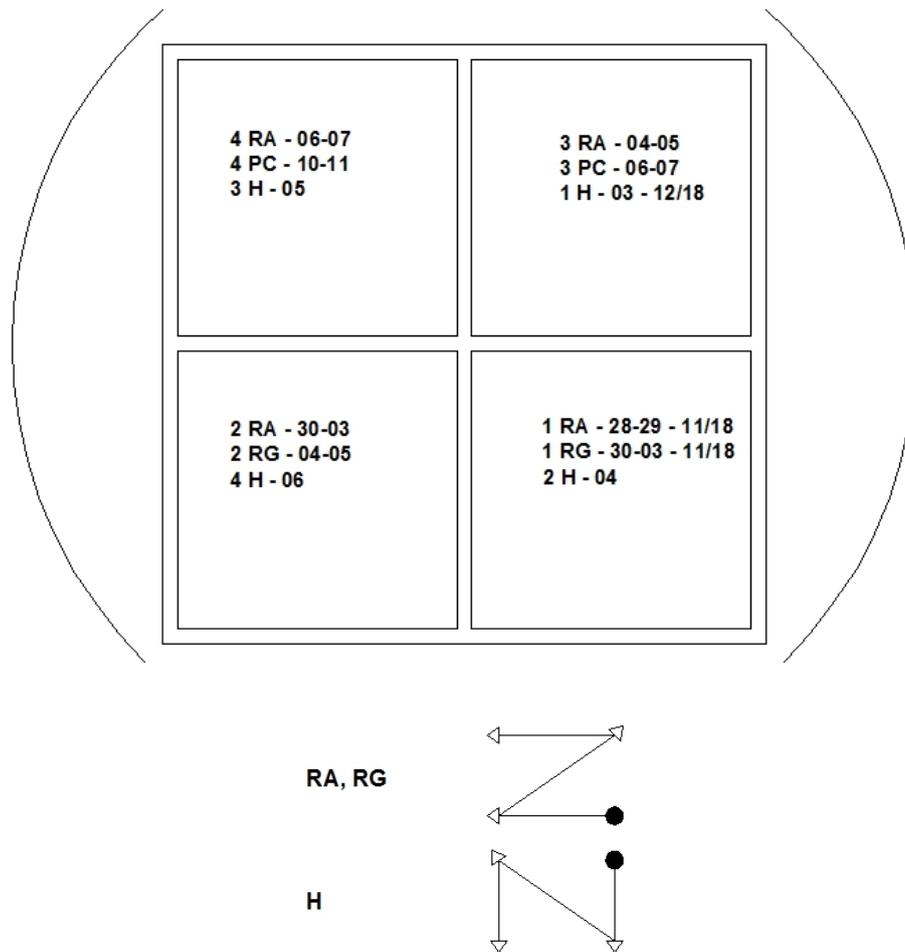
Figura 44 - Sequências de execução de FO e PC no 10º pavimento

Fonte: AUTOR (2019)

Figura 45 - Sequências de execução de FO, PC, BA e CM no 11º pavimento

Fonte: AUTOR (2019)

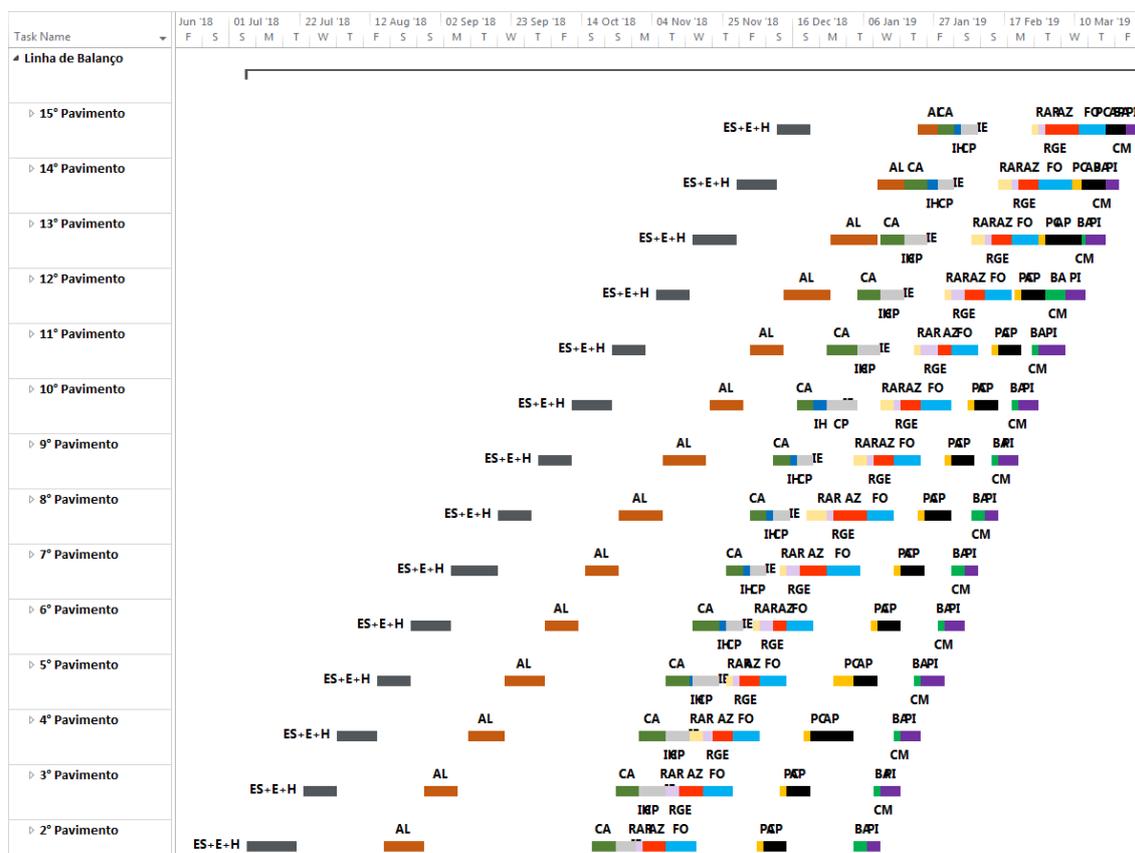
Figura 46 - Sequências de execução de RA, RG e H no 11º pavimento



Fonte: AUTOR (2019)

3.5.2 Alterações de Médio Porte e Planos de Ataque

Figura 47 - Segunda LB com alterações de médio porte



Fonte: AUTOR (2019)

A Figura 47, acima, apresenta a segunda LB, considerando alterações de médio porte nos T/Cs, isto é, com mais alterações do que a LB anterior (primeira), mas ainda sendo uma possibilidade exequível, além de alterações nas datas de início das atividades.

Nota-se também que (graficamente), apesar de ainda haver tempos de espera entre atividades, houve uma diminuição em comparação com a primeira LB, além desta apresentar um fluxo mais contínuo.

Ressalta-se que foram respeitados 28 dias de cura do concreto em cada pavimento para o início das alvenarias.

Tais alterações estão descritas a seguir:

- Datas de início de todas as atividades (exceto estruturas);

- Estrutura 2º pavimento de 20 p/ 10 dias (realidade de execução foi de 13 dias);
- Alvenaria em todos os pavimentos de 9 para 8 dias (realidade de execução foi de 9 dias com equipes altamente reduzidas (3 pessoas);
- Revestimento em argamassa em todos os pavimentos, de 8 para 6 dias;
- Revestimento em gesso em todos os pavimentos, de 8 para 6 dias;
- Instalações elétricas e instalações hidráulicas em todos os pavimentos, de 7 para 5 dias (instalações elétricas) e de 3 para 5 dias (instalações hidráulicas);
- Caixilhos (5 dias) e contrapiso (5 dias - união de CP com taliscas e chapisco para o RA no primeiro dia de CP, além da execução do CP do hall) não tiveram suas durações alteradas;
- Azulejo em todos os pavimentos, havendo a criação de um pacote de trabalho (AZ + PS (realidade de execução é de 3 pavimentos em 1 dia para PS) + IM (realidade de execução é de 2 pavimentos em 4 dias para IM), tendo duração de 6 dias.
- Contrapiso (5 dias), piso cerâmico (5 dias) e bancadas (4 dias), não tiveram suas durações alteradas;
- Caixilhos de madeira em todos os pavimentos, de 3 para 4 dias;
- Forro em todos os pavimentos, de 8 para 6 dias;
- Aparelhamento em todos os pavimentos, de 7 para 5 dias;
- Pintura em todos os pavimentos, de 5 para 4 dias.

As alterações trouxeram uma redução de 90 dias no prazo do empreendimento, considerando a pintura como última atividade a ser executada até então.

Foram comparadas as datas da execução da pintura do 15º pavimento dos dois cronogramas: o da empresa e o da pesquisa, após as alterações e utilizando a LB.

Data da empresa: 06/07/2018 (início da atividade de ES) – 05/08/2019 (fim da atividade de PI).

Data da pesquisa: 06/07/2018 (início da atividade de ES) – 28/03/2019 (fim da atividade de PI).

As alterações (datas de início e T/Cs) foram realizadas de modo que fossem eliminadas as ociosidades entre as atividades, no entanto, como ainda há diferenças nos T/Cs, há tempos de espera entre estas.

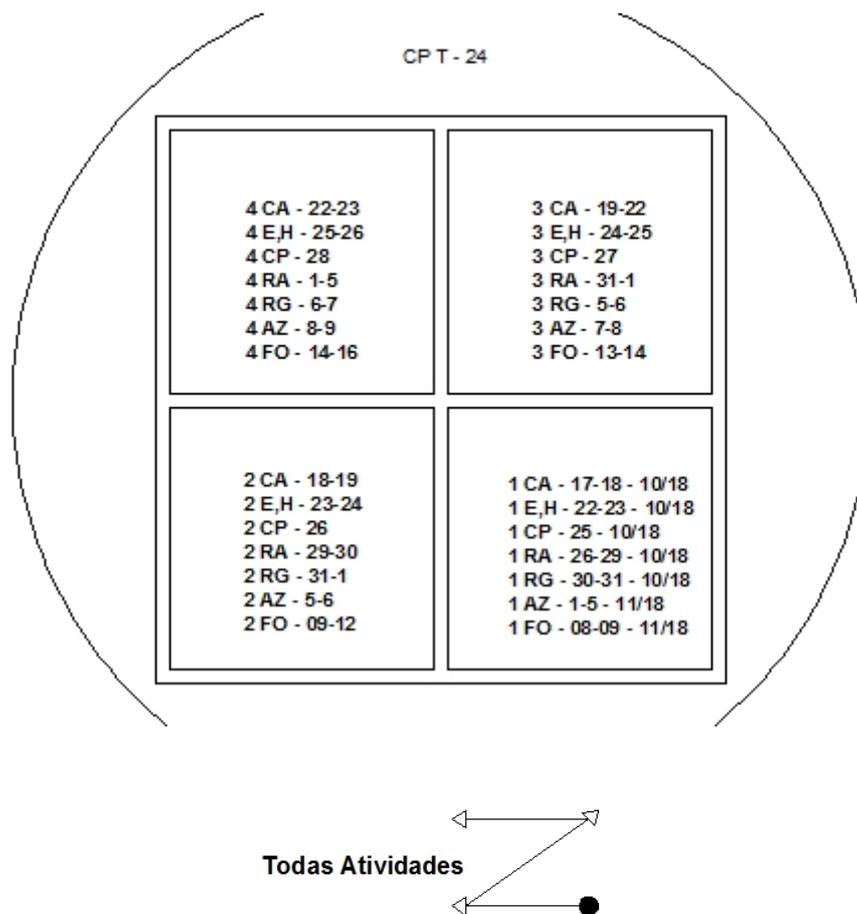
Quadro 13 - Atividades e durações definidas para a segunda LB

Atividades	Durações
ES	10
AL	8
IE	5
IH	5
CA	5
RA	6
RG	6
CP	5
PC	5
CM	4
AZ	6
BA	4
FO	6
AP	5
PI	4
Total de atividades = 15	84

Fonte: AUTOR (2019)

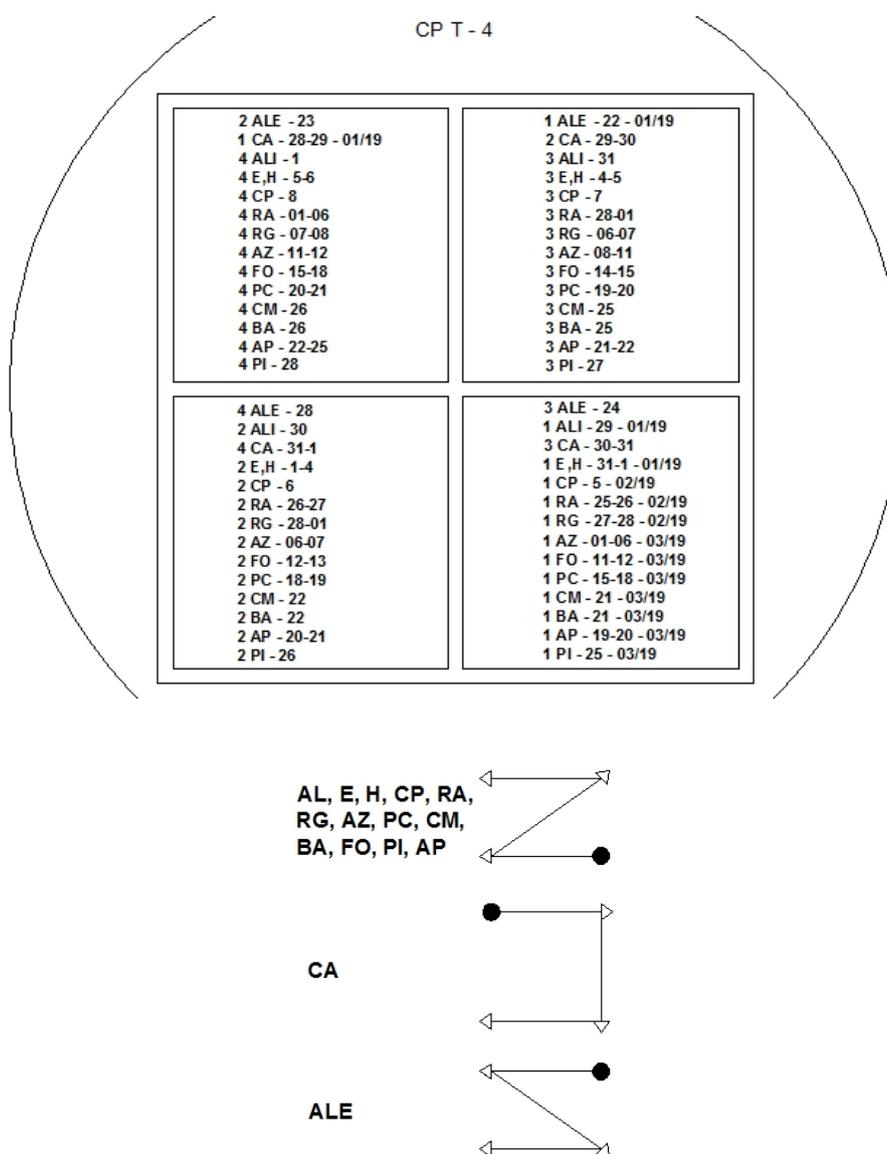
A seguir, nas Figuras 48 e 49 são apresentados os esquemas de execução (planos de ataque) do 2º pavimento e do 15º pavimento:

Figura 48 - Sequências de execução do 2º pavimento



Fonte: AUTOR (2019)

Figura 49 - Sequências de execução do 15° pavimento



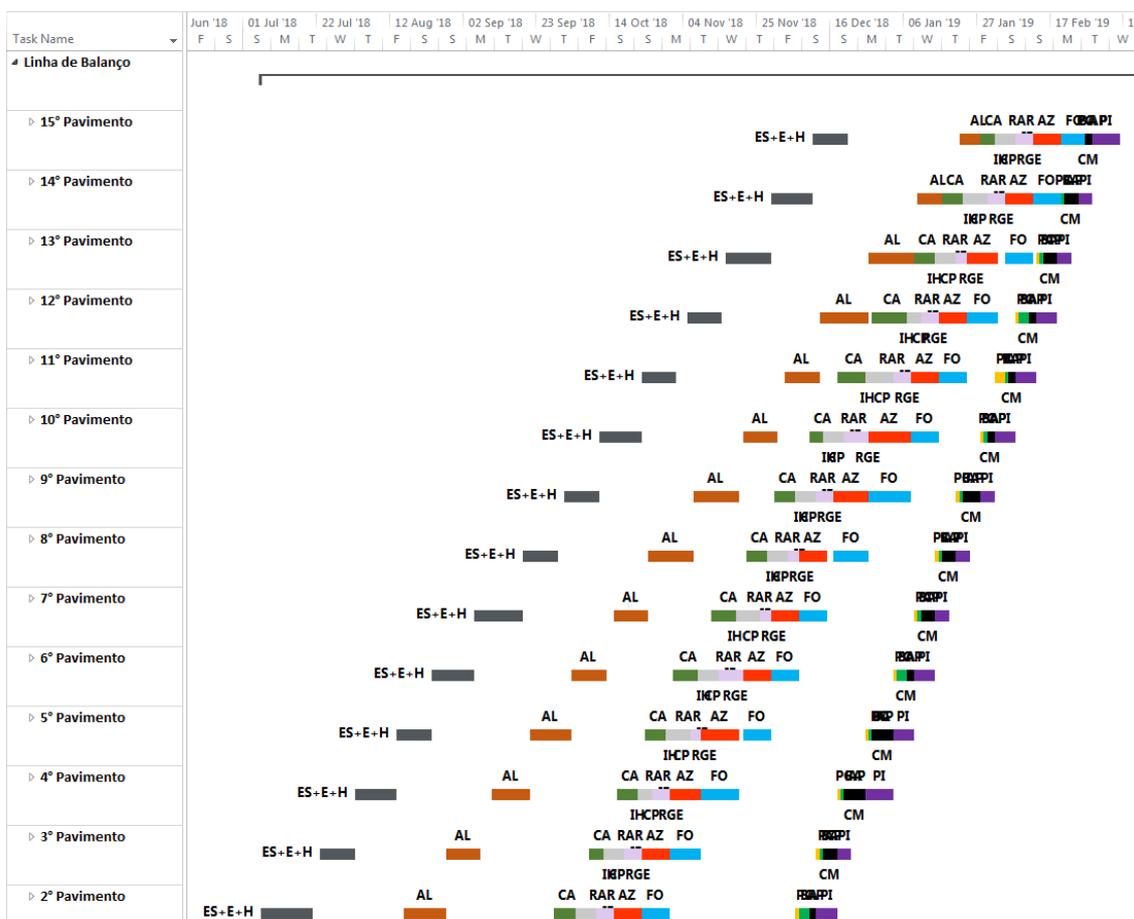
Fonte: AUTOR (2019)

É possível notar, nas Figuras 48 e 49, acima, que um leve balanceamento nos T/Cs já facilitou a montagem dos esquemas e a ordem de execução das atividades, no entanto, ainda houve a necessidade de realizar algumas alterações no 15° pavimento na atividade de execução dos caixilhos (CA) e na realização, primeiro, das alvenarias externas, evitando, assim, o confronto entre atividades que comprometeriam a sequência de execução.

Vale ressaltar, também, que foram consideradas e respeitadas todas as características construtivas das atividades, além de seus tempos característicos de reações.

3.5.3 Alterações de Maior Porte e Planos de Ataque

Figura 50 - Terceira LB com alterações de maior porte



Fonte: AUTOR (2019)

A Figura 50, acima, apresenta a terceira LB, considerando alterações de maior porte nos T/Cs, isto é, com mais alterações do que a LB anterior, segunda, e conseqüentemente mais diferente do que a primeira, que é a mais próxima da realidade da empresa. Esta pode ser considerada como uma possibilidade mais remota a ser implementada, mas não impossível. Além das alterações nos T/Cs, também foram realizadas alterações nas datas de início das atividades.

Nota-se (graficamente) uma diminuição considerável nos tempos de espera entre atividades e um fluxo mais contínuo, com relação as demais LBs.

Ressalta-se que foram respeitados 28 dias de cura do concreto em cada pavimento para o início das alvenarias.

Tais alterações estão descritas a seguir:

- Datas de início de todas as atividades (exceto estruturas);
- Estrutura 2º pavimento, de 20 para 10 dias (realidade de execução foi de 13 dias);
- Alvenaria em todos os pavimentos, de 9 para 8 dias (realidade de execução foi de 9 dias com equipes altamente reduzidas (3 pessoas));
- Instalações elétricas, instalações hidráulicas, caixilhos, revestimento em argamassa, revestimento em gesso, contrapiso (união de CP com taliscas e chapisco para o RA no primeiro dia de CP, além da execução do CP do hall neste dia) e azulejo (somado com PS e IM), todos com duração de 6 dias;
- Piso cerâmico em todos os pavimentos, de 5 para 4 dias;
- Caixilhos de madeira em todos os pavimentos, de 3 para 4 dias;
- Bancadas (4 dias), não teve sua duração alterada;
- Forro em todos os pavimentos, de 8 para 6 dias;
- Aparelhamento em todos os pavimentos, de 7 para 4 dias;
- Pintura em todos os pavimentos, de 5 para 4 dias.

As alterações trouxeram uma redução de 104 dias no prazo do empreendimento, considerando a pintura como última atividade a ser executada até então.

Foram comparadas as datas da execução da pintura do 15º pavimento dos dois cronogramas: o da empresa e o da pesquisa, após as alterações e utilizando a LB.

Data da empresa: 06/07/2018 (início da atividade de ES) – 05/08/2019 (fim da atividade de PI).

Data da pesquisa: 06/07/2018 (início da atividade de ES) – 08/03/2019 (fim da atividade de PI).

As alterações (datas de início e T/Cs) foram realizadas de modo que fossem eliminadas as ociosidades entre as atividades, no entanto, como ainda há diferenças nos T/Cs, há tempos de espera entre estas.

Quadro 14 - Atividades e durações definidas para a terceira LB

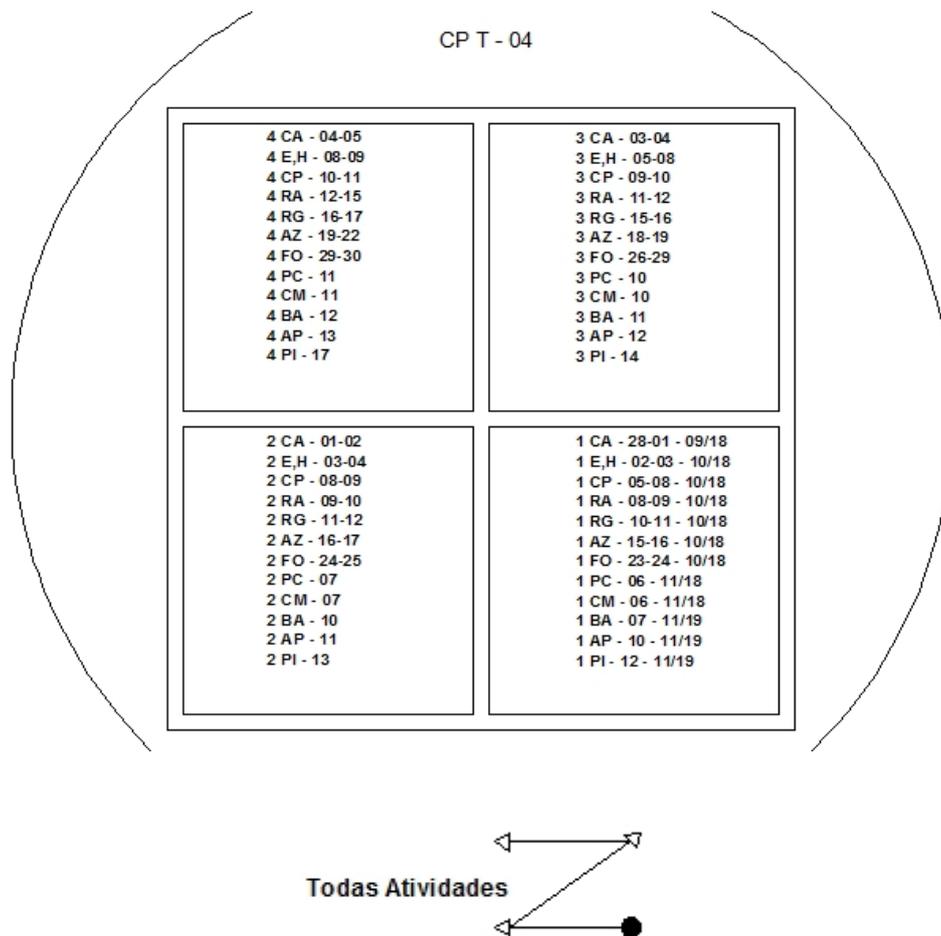
Atividades	Durações
ES	10
AL	8
IE	6
IH	6
CA	6
RA	6
RG	6
CP	6
PC	4
CM	4
AZ	6
BA	4
FO	6
AP	4
PI	4
Total de atividades = 15	86

Fonte: AUTOR (2019)

Um detalhe interessante que pode ser observado é que, apesar de aumentar as durações das atividades, totalizando 2 dias a mais do que na segunda LB (86 x 84), ainda foi possível reduzir 14 dias a mais (104 x 90). Isto ocorre pelo fato de as atividades apresentarem um maior balanceamento nos T/Cs.

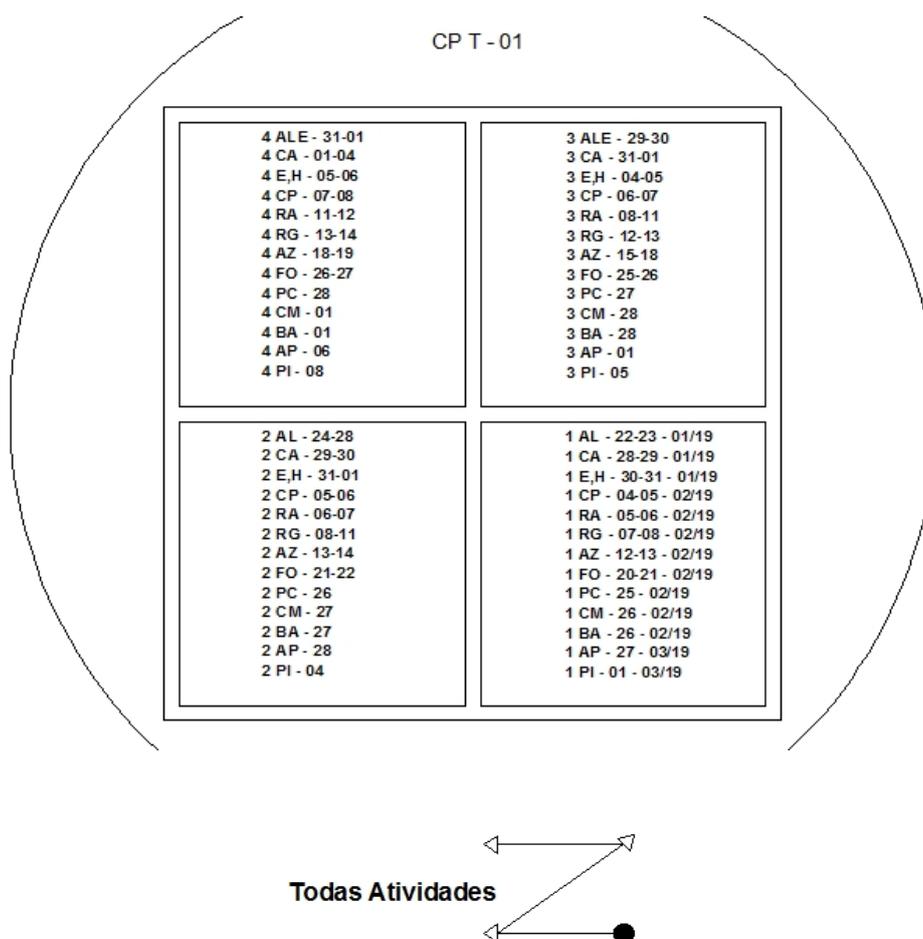
A seguir, são apresentados os esquemas de execução do 2º pavimento e do 15º pavimento:

Figura 51 - Sequências de execução do 2º pavimento



Fonte: AUTOR (2019)

Figura 52 - Sequências de execução do 15º pavimento



Fonte: AUTOR (2019)

Vale observar que as atividades de CP e RA estão programadas para se encontrarem nos apartamentos 1 e 2 (segundo dia de CP com primeiro dia de RA), no entanto, este é um fato contornável. O primeiro dia de CP é destinado a execução das áreas molhadas (cozinha, lavanderia, banheiro e sacada), enquanto o segundo é destinado ao dormitório e a sala (não necessariamente nesta ordem). O primeiro dia de RA é destinado então a cozinha e lavanderia, enquanto o segundo dia é destinado a finalização do primeiro e ao banheiro.

Como os T/Cs estão quase totalmente balanceados, é possível aplicar um ritmo constante de produção, o que diminui drasticamente a variabilidade. Isso pode ser notado no esquema de execução, o qual apresenta uma única ordem, enquanto que, nos dois casos anteriores, foram necessárias alterações em alguns pavimentos e/ou atividades.

Vale ressaltar, também, que foram consideradas e respeitadas todas as características construtivas das atividades, além de seus tempos característicos de reações.

3.6 LAST PLANNER SYSTEM (LPS)

Este item apresenta uma proposta resumida do sistema *Last Planner*, representado somente pelos 3 níveis principais (planejamento de longo, médio e curto prazo).

Vale ressaltar a grande importância do plano de fases e do aprendizado, os quais surgiram como níveis após a criação deste sistema. No entanto, para os fins desta pesquisa, os 3 níveis já citados se mostraram suficientes para transmitir os propósitos da mesma.

3.6.1 Planejamento de Longo Prazo

O planejamento de longo prazo é representado pelas linhas de balanço (LBs) já apresentadas nos itens anteriores, sendo este o primeiro nível do planejamento, apresentando um menor grau de detalhamento.

Sistemas de planejamento não lineares também são utilizados para práticas de planejamento de longo prazo, mas são mais recomendados quando o empreendimento não apresenta atividades classificadas como repetitivas. O sistema de planejamento não linear mais conhecido é o CPM (*critical path method* ou método do caminho crítico).

Para empreendimentos em que reinam a repetitividade de atividades, como o desta pesquisa, é comum a utilização da técnica de linhas de balanço (LBs), que é um método de planejamento linear.

3.6.2 Planejamento de Médio Prazo

Neste planejamento foram identificadas as atividades a serem executadas em um horizonte de eventos que compreende 4 (quatro) semanas.

Para seu desenvolvimento, foram identificados, também, o local em que cada atividade deverá ocorrer, o número de funcionários, bem como a definição dos responsáveis, a data prevista para sua execução e as restrições, particulares de cada atividade.

O planejamento de médio prazo é representado pela Figura 53, a seguir.

Figura 53 - Planejamento de médio prazo

PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO (4 semanas)																											
Empresa: X		Obra: Y		Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4				Período: 22/10/18 - 16/11/2018		Data: 12/10/2018					
Nº	Atividades	Local	Nº Fun.	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	Restrições Identificadas	Responsável		
1	Contrapiso (CP)	2º Pav.	2	2	3	4							F										F	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	J.		
2	Contrapiso	3º Pav.	2				T	1	2	3	4		F										F	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	J.		
3	Contrapiso	4º Pav.	2									T	F	1	2	3	4						F	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	J.		
4	Contrapiso	5º Pav.	2										F				T	1	2	3		F	4	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	J.		
5	Colocação de Caixilhos (CA)	2º Pav.	1	1	1,2	2							F										F	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	U.		
6	Colocação de Caixilhos	3º Pav.	1				1	1,2	2,3	3,4	4		F										F	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	U.		
7	Colocação de Caixilhos	4º Pav.	1									1	F	1,2	2,3	3,4	4						F	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	U.		
8	Colocação de Caixilhos	5º Pav.	1										F					1	1,2	2,3	3,4	F	4	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	U.		
9	Revestimento em Argamassa	2º Pav.	4	4	4	3	3	1	1	2	2		F										F	Materialis no canteiro e CP e E prontos até 1 dia antes em cada Ap.	S.		
10	Revestimento em Argamassa	3º Pav.	4									1	F	1	2	2	3	3	4	4			F	Materialis no canteiro e CP e E prontos até 1 dia antes em cada Ap.	S.		
11	Revestimento em Argamassa	4º Pav.	4										F									1	F	1	Materialis no canteiro e CP e E prontos até 1 dia antes em cada Ap.	S.	
12	Revestimento em Gesso (RG)	2º Pav.	3			1	1	2	2	3	3	4	F	4									F	Materialis no canteiro e CP e E prontos até 2 dia antes em cada Ap.	C.		
13	Revestimento em Gesso	3º Pav.	3										F	1	1	2	2	3	3	4		F	4	Materialis no canteiro e CP e E prontos até 2 dia antes em cada Ap.	C.		
14	Instalações Hidráulicas (H)	2º Pav.	3										F								1	2	F	3	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	J.	
15	Instalações Elétricas (E)	6º Pav.	2	1	1,2	2	2,3	3	3,4	4			F										F	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	E.		
16	Instalações Elétricas	7º Pav.	2							1	1,2		F	2	2,3	3	3,4	4					F	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	E.		
17	Instalações Elétricas	8º Pav.	2										F								1	1,2	2	F	2,3	Materialis no canteiro e AL pronta até 1 dia antes em cada Ap.	E.
18	Execução de Alvenaria (AL)	7º Pav.	3	4									F										F	Materialis no canteiro e toda AL externa já concluída.	J.		
19	Execução de Alvenaria	8º Pav.	3		1	1	2	2	3	3	4	4	F										F	Materialis no canteiro, contratar +1 of. e ES com 28 dias (22/10).	J.		
20	Execução de Alvenaria	9º Pav.	3										F	1	1	2	2	3	3	4	4		F	Materialis no canteiro e ES com 28 dias (02/11).	J.		
21	Execução de Alvenaria	10º Pav.	3										F										F	1	Materialis no canteiro e ES com 28 dias (15/11).	J.	
22	Execução da Estrutura (ES)	10º Pav.	6	4									F										F	Formas e armações prontas e solicitação concreto até 11/10.	E.		
23	Execução da Estrutura	11º Pav.	6		1	1	2	2	3	3	4	4	F										F	Materialis no canteiro e solicitação concreto até 22/10.	E.		
24	Execução da Estrutura	12º Pav.	6										F	1	1	2	2	3	3	4	4		F	Materialis no canteiro e solicitação concreto até 01/11.	E.		
25	Execução da Estrutura	13º Pav.	6										F										F	1	Materialis no canteiro e solicitação concreto até 14/11.	E.	
22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	F = Feriado		OBS: Os N°s dentro das células coloridas correspondem ao N° de cada Ap.					

Fonte: AUTOR (2019)

Na coluna “local”, cada pavimento é representado por uma cor diferente (os iguais se repetem).

Os números dentro de cada célula colorida dos dias da semana representam o número de cada apartamento em que a atividade deverá ocorrer naquela data.

Todas as informações contidas neste planejamento são muito importantes. No entanto, deve-se atentar principalmente para identificar as restrições existentes e eliminá-las, ao custo de travar a produção, caso isto não seja feito.

As restrições nada mais são do que tudo aquilo que a atividade em questão é dependente naquele momento do empreendimento, por exemplo: linha número 10, execução do revestimento em argamassa do 3º (terceiro) pavimento. É necessário certificar-se de que todos os materiais essenciais para este serviço estejam disponíveis no canteiro, além de considerar que o contrapiso (CP) e as instalações elétricas (E), estejam prontos até um dia antes em cada apartamento.

As informações para a criação deste planejamento foram extraídas da primeira linha de balanço apresentada. Quanto às restrições, as mesmas foram identificadas com base nas características de cada serviço e através de conversas com o Engenheiro da obra.

3.6.3 Planejamento de Curto Prazo

Neste planejamento foram identificadas as atividades a serem executadas em um horizonte de eventos que compreende 1 (uma) semana.

O planejamento de curto prazo é representado pela Figura 54, a seguir.

Figura 54 - Planejamento de curto prazo

PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO (1 semana)													
Empresa: X			Obra: Y		Período: 22/10/18 - 26/10/2018					Data: 18/10/2018			
T.	Nº	Atividades	Local	Nº Fun.	P-E	S	T	Q	Q	S	Observações	Responsável	Problemas Identificados
T.P	1	Contrapiso (m²)	2º Pav.	2	P	40	40	40			Iniciar execução (exec.) pelas áreas molhadas; Finalizar pelo Ap. 4.	J.	
T.R					E	40	40	40					
T.P	2	Colocação de Caixilhos	2º Pav.	1	P	-	-	-			Finalizar pelo Ap. 3.	U.	
T.R					E	-	-	-					
T.P	3	Revestimento e Argamassa	2º Pav.	4	P	22	22	22	22	22	Emboço paulista; Iniciar pelo Ap. 4.	S.	Falta de material (areia).
T.R					E	22	22	22	22	22			
T.P	4	Revestimento em Gesso (m²)	2º Pav.	3	P			50	40	50	Divido em sala (50m²) e quarto (40m²); Iniciar pelo Ap. 1.	C.	
T.R					E			50	45	50			
T.P	5	Colocação de Caixilhos	3º Pav.	1	P			-	-	-	Iniciar pelo Ap. 1.	E.	Ociosidade do funcionário.
T.R					E			-	-	-			
T.P	6	Contrapiso (m²)	3º Pav.	2	P			40	40		Dia 25 - Exec. das taliscas e chapisco para CP e R.A e exec. do CP Hall.	S.	
T.R					E			40	40				
T.P	7	Instalações Elétricas	6º Pav.	2	P	-	-	-	-	-	Verificar disponibilidade dos materiais e iniciar pelo Ap. 1.	U.	
T.R					E	-	-	-	-	-			
T.P	8	Execução de Alvenaria	7º Pav.	3	P	-	-	-	-	-	Dia 22 - Finalização alvenaria encunhamento Ap. 4.	J.	Ausência de funcionários.
T.R					E	-	-	-	-	-			
T.P	9	Execução de Alvenaria	8º Pav.	3	P	-	-	-	-	-	Dias 23 à 26 - Exec. da 1ª fiada e alvenaria externa.	J.	
T.R					E	-	-	-	-	-			
T.P	10	Estrutura - Concretagem	10º Pav.	6	P	-	-	-	-	-	Dia 22 - Verificação de espaçadores e concretagem.	E.	Vibrador de imersão com defeito.
T.R					E	-	-	-	-	-			
T.P	11	Estrutura - Formas e Armações	11º Pav.	6	P	-	-	-	-	-	Dias 23 à 26 - Exec. das formas e armações.	E.	
T.R					E	-	-	-	-	-			
T.P - Tarefa Principal; T.R - Tarefa Reserva				PPC = (Nº de atividades executadas/Nº de atividades previstas) x100							PPC =		
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE INSUMOS				DESCRIÇÃO DOS FLUXOS E SOLUÇÕES									
Nº Atividade	Materi. ou Equip.	Quantidade	Respons.	1									
1	Adesivo Resina PVA	1 gl. 18 kg	L.	2	Consultar esquema de sequências 1LB ABP do 2º pavimento.								
3	Luvas e Cimento	4 p. e 100 sc.	L.	3	Consultar esquema de sequências 1LB ABP do 2º pavimento.								
4	Gesso	50 sc.	E.	4	Consultar esquema de sequências 1LB ABP do 2º pavimento.								
8	Blocos	2000 un.	L.	5	Seguir sequência de execução padrão.								
10	Vibrador im.	1 pç.	L.	6	Seguir sequência de execução padrão.								
				7	Seguir sequência de execução padrão.								
				8	Seguir sequência de execução padrão.								
				9	Seguir sequência de execução padrão.								
				10	Seguir sequência de execução padrão.								
				11	Seguir sequência de execução padrão.								

Fonte: AUTOR (2019)

A primeira coluna indica a tarefa principal (T.P) a ser executada e, caso seja necessária, a tarefa reserva (T.R). O campo da tarefa reserva foi deixado em branco. Também estão identificados os locais, número de trabalhadores e seus respectivos responsáveis (informações básicas e indispensáveis).

O planejamento de curto prazo tende a conter um maior grau de informação e detalhes para a execução das atividades, como é possível verificar nas observações e na própria coluna de atividades (ex.: nº9, execução de alvenaria, 8º (oitavo) pavimentos, dias 23 a 26 – execução da 1ª (primeira) fiada e alvenaria externa).

Além destas, também se fazem presentes:

- Informações a respeito dos insumos requeridos, como tipos, quantidades e responsáveis por eles (passadas pelo Engenheiro da obra a título de exemplo);
- Informações sobre o fluxo dos processos (conectando as atividades aos planos de ataque apresentados nos itens anteriores);
- Informações referentes aos problemas identificados (passadas pelo Engenheiro da obra a título de exemplo), que permitem construir uma relação de causa e efeito e eliminar ou mitigar futuros problemas;
- Informações referentes às quantidades planejadas e executadas de cada serviço (na Figura 54 constam valores somente a título de exemplo).

Vale ressaltar que é possível e recomendado detalhar ainda mais as atividades nesta fase do planejamento (ex.: atividade de revestimento em argamassa ainda pode ser dividida em chapisco, taliscas e emboço paulista (emboço + reboco)).

Ao final, deve-se calcular o principal indicador deste nível de planejamento, o PPC (percentual de planos concluídos), relacionando as atividades que foram planejadas com as que realmente foram executadas, o que indicará a eficácia do planejamento. Exemplo: supondo que, das onze atividades programadas acima, somente cinco delas foram integralmente concluídas, logo, o PPC desta semana corresponde a 45,45% $((5/11) \times 100)$.

3.7 BREVE CONSIDERAÇÃO SOB A ÓTICA DO LEAN DESIGN

A empresa responsável pelo empreendimento utilizado como estudo de caso desconhece os conceitos de *lean design*, entretanto, ao entrevistar o Engenheiro responsável, este apresentou um projeto de modulação de alvenaria, executado por ele mesmo. Os demais projetos eram executados por diferentes escritórios.

O propósito deste projeto era eliminar o desperdício de materiais e de mão de obra, integrando as atividades de alvenaria, instalações elétricas e instalações hidráulicas, de modo que aumentasse a produtividade, facilitasse os processos e simplificasse a execução dessas atividades. Não era necessário realizar quaisquer quebras na alvenaria.

Mesmo que realizado intuitivamente e localizado em apenas um projeto, foi possível identificar indícios básicos de *lean design* e seus reflexos na *lean construction*.

3.8 CONCLUSÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO

O estudo de caso desta pesquisa compreendeu, como objeto de estudo, um empreendimento vertical residencial cuja principal característica evidenciada foi a repetição de atividades, dada a semelhança entre pavimentos.

Um breve diagnóstico sob a ótica da construção enxuta foi realizado com base nos 11 (onze) princípios apresentados por Koskela (1992), onde foram identificadas práticas *lean* (realizadas intuitivamente pela empresa), nas quais destacaram-se a realização de um projeto detalhado e integrado de alvenaria (indícios de *lean design* e que eliminou desperdícios de materiais e mão de obra e simplificou processos de execução), utilização de materiais que eliminam processos de trabalho e aumentam a produtividade (tubulações PEX e portas pré-montadas) e padronização da produção de argamassa com materiais ensacados nas quantidades exatas para utilização. Quanto às práticas “não *lean*”, destacaram-se a não realização de um planejamento bem estruturado e detalhado, de modo que fosse aproveitada a repetitividade de atividades, adoção de diferentes tempos de ciclo, acúmulo de atividades em um mesmo local, ausência de mão de obra polivalente e pouca preocupação com prazos.

Tal característica evidenciada (repetição de atividades) possibilita imprimir um ritmo de produção balanceado de modo que sejam eliminadas ou reduzidas ociosidades entre atividades e tudo aquilo que não agrega valor, como estoques.

Tal possibilidade é potencializada pela utilização da ferramenta (ou técnica) de linhas de balanço (LB), a qual também permite uma ótima visualização do fluxo das atividades em um horizonte temporal.

Através de análise das características de execução das atividades, de conversas com o Engenheiro do empreendimento e de observações diretas, foi possível fazer algumas considerações no que tange à junção de atividades a serem executadas (criação de pacotes de trabalho), datas de início, duração e sequências de execução das atividades, adotando diferentes planos de ataque.

Tais considerações permitiram criar três cenários distintos (com uma linha de balanço para cada), com alterações de baixo, médio e grande porte.

Foram comparadas as datas finais da execução da pintura do 15º pavimento dos dois cronogramas (considerando a pintura como última atividade a ser executada até então): o da empresa e o da pesquisa, após as alterações e utilizando a LB.

No primeiro cenário, as alterações trouxeram uma redução de 60 dias no prazo do empreendimento.

No segundo cenário, as alterações trouxeram uma redução de 90 dias no prazo do empreendimento.

No terceiro cenário, as alterações trouxeram uma redução de 104 dias no prazo do empreendimento.

Além das linhas de balanço (LBs), aumenta-se a possibilidade de reduzir a não agregação de valor através da aplicação de mais duas ferramentas/técnicas, que compreendem o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) e o *Last Planner System* (LPS).

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) permite conhecer intimamente o processo de produção de um determinado produto, de modo que sejam identificadas e eliminadas etapas ou tarefas que não agregam valor, ao passo que as restantes devam ser otimizadas. Isto acaba por refletir, também, no planejamento de empreendimentos futuros, que passam a ter uma fonte de informações mais confiável para estimar novas durações e determinar novos possíveis pacotes de trabalho.

Nesta pesquisa, foi selecionada a atividade de produção do contrapiso da sacada, de área igual a 4,2 m², para a aplicação do MFV, a qual apresentou os seguintes resultados. Foram obtidos os valores de L/T (*lead time*) = 59 minutos, TAV (tempo de agregação de valor) = 55 minutos, T/P (taxa de produção) = 14,04 min./m² e produtividade de 0,234 Hh/m². No entanto, vale lembrar que um dia antes de se iniciar a produção do contrapiso propriamente dito, houve a preparação do local com a execução das taliscas em todo o pavimento e do contrapiso do *hall*. Na ocasião, muitas atividades que não agregam valor foram realizadas, como o transporte de materiais para o local, além de haver baixo rendimento dos trabalhadores, que trabalhavam em ritmo reduzido, considerando que estas tarefas poderiam ser executadas rapidamente.

Apesar de parte da atividade ter sido brevemente observada (devido a questões de horário), seus tempos não foram cronometrados, no entanto, a observação e as conversas com os trabalhadores foram suficientes para tal conclusão. Ressalta-se também que, durante a produção da argamassa, um dos trabalhadores (oficial) fica parado à espera do material, enquanto o outro (ajudante) produz, fazendo com que a mão de obra principal fique ociosa, o que pode ser explicado pela falta de experiência do ajudante e de planejamento de ambos. Isto pode ser facilmente contornado (exceto para a produção da primeira argamassa do dia), fazendo com que o ajudante se antecipe em produzir a argamassa enquanto o oficial executa outra atividade. Caso esta atitude fosse adotada, haveria uma redução do L/T (*lead time*) em 10 minutos (tempo médio de produção da argamassa), o que corresponde à 16,95% do tempo. Os novos valores seriam: L/T (*lead time*) = 49 minutos, TAV (tempo de agregação de valor) = 45 minutos, T/P (taxa de produção) = 11,67 min./m² e produtividade de 0,194 Hh/m². Considerando os quatorze pavimentos idênticos, em que há quatro sacadas por pavimento, haveria uma economia de 9,33 horas (aproximadamente um dia de trabalho) somente na execução do contrapiso da sacada.

O *Last Planner System* (LPS) permite um maior controle do empreendimento através da divisão do planejamento de modo que ele se torne mais gerenciável. Deste modo, há uma divisão do controle e das responsabilidades, tornando a comunicação mais clara e exata entre os agentes envolvidos.

O (LPS) foi apresentado em três níveis: planejamento de longo prazo, planejamento de médio prazo e planejamento de curto prazo.

O planejamento de longo prazo correspondeu à aplicação das linhas de balanço (LBs), englobando todas as atividades do empreendimento com um menor grau de detalhamento, procurando-se balancear o tempo de ciclo das atividades, a fim de obter um ritmo constante de produção, como apresentado anteriormente. Foi possível obter uma visualização ampla e clara do fluxo das atividades através deste nível do planejamento.

O planejamento de médio prazo apresentou um horizonte de eventos que compreendeu quatro semanas, onde foram relacionadas a datas com os locais de execução das atividades, o número de trabalhadores, seus responsáveis e as restrições para cada atividade. A identificação das restrições é a principal característica deste nível do planejamento, o que permite que as atividades sejam executadas de modo que não sofram com pausas relacionadas com falta de materiais e atividades paradas dependentes de serviços anteriores inacabados, por exemplo. As informações para este planejamento foram extraídas da primeira linha de balanço (LB), planejamento de longo prazo, e de conversas com o Engenheiro responsável. Neste nível é possível antever tudo aquilo que poderá causar algum problema no futuro e adotar posturas preventivas. Alguns exemplos de restrições para a atividade de concretagem de lajes, pilares e vigas que podem ser facilmente identificadas, de modo a evitar contratempos, são: formas e armaduras executadas e espaçadores colocados até um dia antes da concretagem, verificação de materiais necessários no canteiro até dois dias antes e solicitação de concreto usinado até uma semana antes.

O planejamento de curto prazo apresentou um horizonte de eventos que compreendeu uma semana, onde as atividades foram relacionadas, também, com as datas e locais e com um grau de detalhamento um pouco maior. Também foram relacionados o número de trabalhadores, seus responsáveis, os insumos requeridos, uma conexão com os planos de ataque (sequência de execução dos apartamentos nos pavimentos), os problemas ocorridos que impediram ou atrasaram as atividades (ex.: falta de materiais e ausência de trabalhadores), permitindo construir uma relação de causa e efeito e, por fim, informações sobre a quantidade planejada e executada de cada serviço. As informações para este planejamento foram extraídas do de médio

prazo e de conversas com o Engenheiro responsável. Neste nível é obtido o PPC (porcentagem de planos concluídos) através da relação entre as atividades que foram planejadas e as que foram executadas. Esse indicador de desempenho aponta a eficácia do planejamento. Destaca-se, junto ao PPC, a grande importância de se identificar as causas dos problemas, a fim de evitar que os mesmos se repitam, dando uma característica de realimentador rápido de informações para este nível.

Pode-se observar, com a utilização destas ferramentas, que elas convergem em um grande objetivo comum: organizar qualquer empreendimento de modo que se torne completamente gerenciável e agregue o máximo de valor possível enquanto se elimina o máximo daquilo que não agrega. Permite-se de dizer que este é o verdadeiro espírito da *lean construction*.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa abrangeu os conceitos do pensamento enxuto através de diferentes autores: Taiichi Ohno, Womack e Jones, Spear e Bowen e Liker, apresentando sua história e desenvolvimento e a transição para a vertente principal deste trabalho, que remete à *lean construction* (construção enxuta), por Koskela (capítulo 2). Junto a isto, foram apresentadas conceitualmente (capítulo 2) três ferramentas: Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), Linhas de Balanço (LB) e *Last Planner System* (LPS), que, posteriormente (capítulo 3), foram aplicadas em um estudo de caso (um empreendimento residencial de múltiplos pavimentos localizado na cidade de São Paulo). Apesar do foco principal desta pesquisa estar no gerenciamento de tempo, também foi brevemente discorrido sobre gestão de projetos e *lean design* na revisão bibliográfica.

A construção enxuta é a união dos conceitos e princípios determinados no Sistema Toyota de Produção (STP) com a construção civil.

Nesta pesquisa foi possível perceber, durante a realização do estudo de caso, que a empresa adotou algumas práticas “*lean*” intuitivamente, embora muitas práticas “não *lean*” fossem bem evidentes, visto que a empresa não apresentava conhecimento formal sobre o assunto.

A adoção de práticas *lean* (mesmo que intuitivamente) é um aspecto muito positivo e que diz muito sobre a mentalidade, características e potencial da empresa estudada.

Algumas destas práticas *lean* adotadas pela empresa são:

- Elaboração de um projeto detalhado de execução da alvenaria, simplificando os processos, evitando etapas e que muitos blocos fossem quebrados e prevendo a passagem antecipada das instalações elétricas e hidráulicas, o que refletiu positivamente na produtividade e qualidade destas duas atividades. Nota-se um “DNA” de *lean design* nesta prática identificada;
- Emprego de tubulações PEX sem que estas passassem pela alvenaria, simplificando os processos, evitando quebras e desperdício de tempo e materiais, além de facilitar manutenções futuras;

- Padronização da produção de argamassa com materiais ensacados nas quantidades exatas para fabricação da argamassa, reduzindo desperdícios;
- Emprego de portas pré-montadas, reduzindo o tempo de instalação e etapas do serviço;
- Apesar do planejamento pouco estruturado e detalhado, esta foi a primeira tentativa da empresa de empregar o *Microsoft Project®*, o que demonstra um engajamento em melhorar o processo de planejamento.

Como sugestões de melhorias que poderiam ser adotadas pela empresa construtora em empreendimentos futuros e por outras empresas, destacam-se:

- Aprofundamento dos envolvidos nos conceitos básico de *lean construction*, especialmente na mentalidade de melhoria contínua, buscando simplificar processos e reduzir desperdícios em todas as atividades do empreendimento, não somente nas citadas anteriormente;
- Aprofundamento do engenheiro responsável e sua equipe nas técnicas de *Last Planner System (LPS)* e linhas de balanço (LB), visto que todas as obras costumam apresentar um elevado grau de repetitividade nas atividades, o que deve ser altamente aproveitado, permitindo obter um ritmo de produção constante e maior e melhor controle gerencial com tais técnicas, além da redução no prazo de execução, como visto no estudo de caso;
- Adoção de mão de obra polivalente sempre que possível, o que pode ser muito útil em certos momentos, como para a criação de pacotes de trabalho ou na ausência de algum trabalhador (situação verídica, em que não havia trabalhadores que pudessem executar a alvenaria com qualidade, apesar da tentativa de remanejamento);
- Implantação de gestão visual que indique a reposição de materiais nos pavimentos;
- Emprego cada vez maior de materiais padronizados (o que já vem sendo feito), que eliminem etapas dos serviços de execução e simplifiquem os processos, desde que comprovada a qualidade destes;

- Implantação de algum dispositivo que permita a comunicação rápida entre os pavimentos e o escritório na obra;
- Aumentar o ritmo de conferência de execução das atividades;
- Atenta-se para equipes extremamente enxutas, uma vez que estas elevam demais o tempo de ciclo (T/C) das atividades (como visto na atividade de alvenaria);
- Realização do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) para algumas atividades, como as de revestimento (especialmente de gesso), a fim de identificar desperdícios e otimizar os processos envolvidos;
- Buscar entender os conceitos básicos de *lean design* e integrar e simplificar cada vez mais os projetos, de modo que seja considerado o gerenciamento e a execução da obra;
- Investir no desenvolvimento e treinamento de mão de obra própria, visto que a contratação de serviços terceirizados dificulta a implementação da *lean construction* ou alterar a modalidade de contratação, de modo que o empreiteiro seja contratado por pacotes de serviço para a execução de determinada localidade no empreendimento (ex.: pavimento) em um ritmo predeterminado em contrato.

Vale lembrar que, em uma situação ideal, em posse de todas as informações e dados necessários, a criação das linhas de balanço, com um prazo de execução do empreendimento predefinido, deve seguir alguns procedimentos como: cálculo da taxa de produção desejada, estimativa de duração das atividades, cálculo do número necessário de equipes e especificar uma relação lógica entre as atividades.

Para adotar as medidas que garantam o balanceamento dos tempos de ciclo (T/Cs), principalmente aquelas que remetem ao aumento do número de trabalhadores e contratação de mão de obra polivalente, é importante que seja realizado um estudo de viabilidade, no que tange aos custos empregados e à qualidade dos serviços disponíveis. Dentro dos custos, deve-se considerar, também, a modalidade de contratação dos serviços, visto que, para a implementação eficaz da *lean construction*,

é necessário o treinamento das equipes, preparando-as para uma mudança de mentalidade, o que é facilitado quando há mão de obra própria e não terceirizada.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se:

- Realizar um trabalho que proponha a implantação de ferramentas *lean* diferentes das deste trabalho, isto é, analisar as principais características do objeto do estudo de caso em questão e propor ferramentas que não foram utilizadas nesta pesquisa, como *kanban*, gestão à vista¹ e *poka-yoke*²;

Analisar os efeitos e dificuldades da aplicação de ferramentas *lean* através da realização de um trabalho de pesquisa-ação, isto é, promover mudanças (interferir) no objeto do estudo de caso por meio da aplicação prática de ferramentas *lean*, como as utilizadas nesta pesquisa, *kanban*, gestão à vista ou as que forem pertinentes ao objeto de estudo em questão. Deste modo, deve-se coletar os resultados da utilização das ferramentas, bem como os maiores desafios (dificuldades) de suas implementações.

- Realizar um estudo de como a gestão de projetos tem reflexos na construção enxuta, isto é, relacionar como as atividades de um escritório de gestão de projeto (EGP)³ podem interferir e ser utilizadas a favor da implementação da construção enxuta, obtendo uma visão gerencial e compreendendo o processo de projeto através dos cinco grupos de processos e das áreas de conhecimento que agrupam os 47 processos.

¹ Adoção de ferramentas visuais como quadros e placas sinalizadoras que permitam sintetizar, visualizar e compreender informações de forma simples e objetiva, permitindo que uma decisão possa ser tomada com apenas um olhar. Exemplo: indicador do nível (quantidade) de materiais, apontando ou não para reposição. (LIB, 2018).

² Dispositivo à prova de erros. Tal dispositivo evita a ocorrência e proliferação de erros. Exemplo: utilização de gabaritos com dimensões predeterminadas e/ou padronizadas na execução de alguns serviços em construções.

³ De acordo com o *Project Management Institute* (PMI), um Escritório de Gestão de Projetos (EGP) é uma estrutura organizacional que tem como objetivo padronizar os processos gestão relacionados a projetos e facilita o compartilhamento de técnicas, ferramentas, metodologias e recursos em geral.

A construção enxuta é, em alguns lugares, tratada com ceticismo, como no caso desta pesquisa, na qual houve um questionamento por parte do Engenheiro responsável de que “não seria possível transformar o empreendimento em uma fábrica”, citando o Sistema Toyota de Produção (STP). Este tipo de pensamento é fruto da desinformação a respeito da construção enxuta e é nocivo para a implementação de mudanças, no entanto, como pôde-se notar, algumas práticas *lean* já eram intuitivamente adotadas pela empresa.

Os conceitos e ferramentas (principalmente as utilizadas) foram devidamente apresentados ao Engenheiro, que passou a entender que não se trata de transformar o empreendimento em uma fábrica, mas sim de compreender e promover uma filosofia que combata diretamente os desperdícios e identifique onde o valor é agregado.

Para o sucesso pleno da *lean construction*, o empreendimento deve nascer *lean* e permanecer *lean*, desde sua fase de projetos.

A primeira prática *lean* a ser adotada é a mudança de pensamento através da informação e o desejo de melhorar continuamente, *kaizen*.

5. REFERÊNCIAS

- ABAD, S. Entendendo as ferramentas lean de gestão visual. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/628/entendendo-as-ferramentas-lean-de-gestao-visual.aspx>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.
- ARAUJO, A.V.; VIVAN, A.L.; ORTIZ, F. A. H.; PALIARI, J.C. Análise de canteiros de obras com o uso de simulação computacional e mapeamento de fluxo. In: SIBRAGEC - ELAGEC, n°9, n°6, 2015, São Carlos. Anais... São Carlos: Marketing Aumentado, 2015, p.151-157.
- ARDITI, D.; ASCE, M.; ALBULAK, Z. M. Line-of-balance scheduling in pavement construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, v.112, 1986, p.411-424.
- ARAUJO, A. V. Aplicação dos princípios da construção enxuta em canteiros de obras suportada por simulação computacional. 2016. 146 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Construtivos) – Programa de pós-graduação em estruturas e construção civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- ARDITI, D.; TOKDEMIR, O. B.; SUH, K. Scheduling system for repetitive unit construction using line-of-balance technology. *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 8 Issue: 2, 2001, p.90-103.
- ARDITI, D.; TOKDEMIR, O. B.; SUH, K. Challenges in Line-of-Balance Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, n°6, 2002. p. 545-556.
- BALLARD, G. Look-ahead planning the missing link in production control. In: *Conference of the International Group for Lean Construction*, n°. 5, Australia, 1997. *Proceedings...* Australia, 1997.
- BALLARD, G; TOMMELEIN, I. Current Process Benchmark for the Last Planner System, 2016.
- BALLÉ, M.; EVESQUE, B. A casa STP é uma luz orientadora para a empresa que deseja iniciar sua jornada lean. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/453/a-casa-stp-e-uma-luz-orientadora-para-a-empresa-que-deseja-iniciar-sua-jornada-lean.aspx>. Acesso em: 18 fev. 2019.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. In: *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 124, 1998, p. 11-17.
- BARROS, M. M. B de. Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios. 1996. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- BERNARDES, M. M. S. Desenvolvimento de um modelo de planejamento da produção para empresas de construção de micro e pequeno porte. 2001. 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- BULHÕES, I. R. Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na mentalidade enxuta. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- BULHÕES, I.; PICCHI, F.A. Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações, *Ambiente Construído*, v. 11, n° 4, 2011, p.205-223.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, n. 8, 2011, Porto Alegre, RS, Anais... Porto Alegre: IGDP, 2011.

GREGOLIS, C. D.; CAMARINI, G. C. Planejamento de obras: gerenciamento de tempo e escopo. 2013. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2013.

DEPEXE, M. D.; MELO, M. C.; DORNELES J. B.; KEMMER, S. L.; HEINECK, L. F. M. Aplicação da técnica da linha de balanço segundo os princípios da lean construction, In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, nº11, 2006.

FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. Revista ACB, v. 21, n. 3, 2016, p. 550-563.

FERRO, J. R. À prova de erros. Disponível em: <https://www.lean.org.br/colunas/198/a-prova-de-erros-em-tudo.aspx>. Acesso em: 28 abr. 2019.

FINEP. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras: Metodologia. São Paulo, 1998.

FORMOSO, C. T. Lean construction: princípios básicos e exemplos. 2002. 12f. Núcleo orientado para inovação da edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FREIRE, J.; ALARCÓN, L.F. Achieving a Lean Design Process. Annual Conference on Lean Construction, IGLC, nº 8, 2000.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4a Edição. São Paulo: Atlas, 2002, 176 p.

GOLDMAN, P. Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira. 4 ed., São Paulo: Pini. 2004. 175 p.

GUTHEIL, K. O. Desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle da produção em microempresas de construção civil, como foco no planejamento integrado de várias obras. 2004. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de pós-graduação da Escola de Engenharia da UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

JONES, D.; WOMACK, J. Enxergando o todo: mapeando o fluxo de valor estendido. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004, 98p.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford, USA: CIFE, 1992. 75 p. Technical Report nº 72.

KOSKELA, L.; HOWELL, G. Reforming project management: The role of planning, execution and controlling. In: International Group for Lean Construction Conference, nº 9, 2001, Singapore. Proceedings... Singapore: National University of Singapore, 2001. p. 185-198.

KOSKELA, L.; LAHDENPERA, P.; TANHUANPAA, V. Sounding the Potential of Lean Construction: A Case Study. In: International Group for Lean Construction Conference, N°4, 1996, Birmingham, UK.

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUANPAA, V. Towards Lean Design Management. Annual Conference on Lean Construction, IGLC, nº 5, 1997.

LANTELME, E. M. V.; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T. Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil. Porto Alegre: Núcleo Orientado para à Inovação da

Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. (Relatório de Pesquisa).

LAUFER, A., TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. *Construction Management and Economics*, 5(3), 1987, p.243-266.

LAUFER, A. Essentials of Project Planning: Owner's Perspective. *Journal of Management in Engineering*, ASCE, v. 6, No. 2, 1990, p. 162-176.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. *Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean*. 4. ed.. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011. 130 p.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. *Informing Science Journal*, v.9, 2006 p.181-212.

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

LIMA, M.M. As vantagens dos novos métodos construtivos utilizados no Brasil para obras de padrão popular. *Especialize*. Goiânia, ed. 7, v. 1, julho, 2014.

LIMMER, C. V. *Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras*. 1 ed., Rio de Janeiro: LTC, 1996. 244p.

JUNIOR, R. M.; HEINECK, L.F.M. Preplanning method for multi-story building construction using line of balance In: *Conference of the International Group for Lean Construction*, n° 6, Brazil, 1998.

MATIAS, L.; NUNES, A. F.; CRUZ, R. de C. A. L. Desperdícios na construção civil. *Revista Campo do Saber*, v. 4, n. 3, Brasil, 2018.

MONTEIRO, A; MARTINS, J.P. Linha de balanço – Uma nova abordagem ao planeamento e controlo das actividades da construção. In: *Fórum Internacional de Gestão da Construção*, Porto, v.1, n°.1, 2011, p.1-12.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997. 131 p.

ORTIZ, F.A.H. Roteiro para diagnóstico e proposição de melhorias com base em princípios e ferramentas da produção enxuta. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Programa de pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

PASQUALINI, F. Fluxo de valor na construção de edificações habitacionais: estudo de caso em uma construtora de Porto Alegre/RS. 2001. 310 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PASQUALINI, F.; ZAWISLAK, P.A. Value stream mapping in construction: a case study in a Brazilian construction company In: *Conference of the International Group for Lean Construction*, n° 13, Australia, 2005, p117-125.

PICCHI, F. A. Entenda os “7 desperdícios” que uma empresa pode ter. Disponível em: <https://www.lean.org.br/colunas/529/entenda-os-%E2%80%9C7-desperdicios%E2%80%9D-que-uma-empresa-pode-ter.aspx>. Acesso em: 10 fev. 2019.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do lean thinking na construção. Ambiente Construído, Porto Alegre, RS, v. 3, n. p. 7-23, jan./mar. 2003.

PMI. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - Guia PMBOK®: Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos, 5 edição, Pennsylvania: PMI, 2013.

ROSENBAUM, S.; TOLEDO, M.; GONZÁLEZ, V. Improving environmental and production performance in construction projects using the value stream mapping: a case study. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, v.140, n°2, 2013, p. 1-11.

ROSENBLUM, A.; AZEVEDO V. S.; JUNIOR, C.A.B.; TAVARES M. E. N. Avaliação da Mentalidade Enxuta (Lean Thinking) na construção civil– Uma visão estratégica de implantação. SEGeT–Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Rio de Janeiro, 2007.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003, 102 p.

ROTHER, M.; HARRIS, R. Criando o fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002. 103p.

SAAD, V.L.; XAVIER, A.A.D.P.; MICHALOSKI, O. Avaliação do risco ergonômico do trabalhador da construção civil durante a tarefa do levantamento de paredes. In: XIII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru - São Paulo, 6 a 8 de novembro 2006.

SANTANA, V.S.; BARBOSA, A.M.G.; FATTORE, G.L.; PERES, M. C.; SILVA, R. C. Segurança e saúde na Indústria da Construção Civil no Brasil: Diagnóstico e Recomendações para a Prevenção dos Acidentes de Trabalho. Brasília: SESI/DN, 2015.

SARRAJ, Z. M. A. Formal development of line-of-balance technique. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, v. 116, 1990, p.689–704.

SAURIN, T. A. Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obra de edificações. 1997. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SAYER, N. J; WILLIAMS, B. Lean for dummies. 1 ed. Indianapolis: Wiley Publishing. 2007. 362p.

Sistema Toyota de produção (Toyota production system – TPS). Disponível em: <[https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx)>. Acesso em: 22 jul. 2018.

SMALLEY, A. Estabilidade é a base para o sucesso da produção lean. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/94/estabilidade-e-basepara-o-sucesso-da-producao-lean.aspx>. Acesso em: 17 fev. 2019.

SHAPIRA, A.; LAUFER, A. Evolution of involvement and effort in construction planning throughout project life. International Journal of Project Management, ASCE, New York, v. 11, n. 3, 1993.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1989. 291p.

SOINI, M.; LESKELA, I.; SEPPANEN, O. Implementation of line-of-balance based scheduling and project control system in a large construction company. Annual Conference on Lean Construction, IGLC, n° 12, 2004.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. v. 77 Harvard: Business Review. 1999. p. 96–108.

SU, Y.; LUCKO, G. Comparison and renaissance of classic line-of-balance and linear schedule concepts for construction industry. In: Organization, Technology & Management in Construction, 2015. p. 546-556.

TOMMELEIN, I.D.; BALLARD, G. Look-ahead planning screening and pulling. In: Seminário Internacional sobre Lean Construction, 1997, São Paulo. Proceedings... 1997.

TOYOTA. Toyota production system and what it means for business. Toyota, 2010. 20p.

VARGAS, R., V.; MOREIRA, F., F. Modelando linhas de balanço com relacionamentos “início-término”. Disponível em: <https://ricardo-vargas.com/pt/articles/modelling-and-optimizing-schedules-with-line-of-balance-and-start-finish-relationship/>. Acesso em: 13 mai. 2019.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A máquina que mudou o mundo. 10 ed., Rio de Janeiro: Editora Campus. 2004, 323 p.

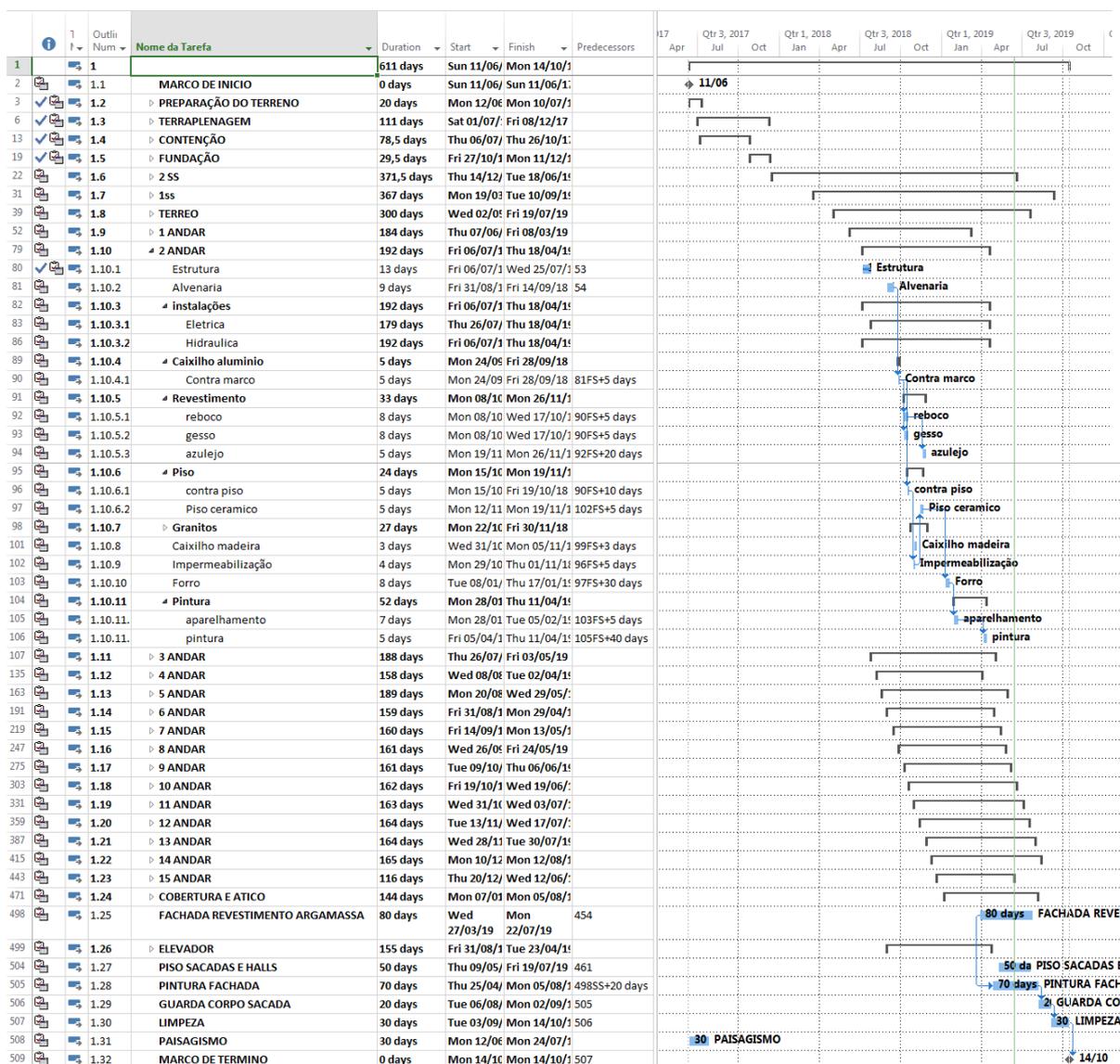
WOMACK, J. P.; JONES, D.T. A mentalidade enxuta nas empresas - elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R.K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 200p.

YU, H.; TWEED T.; AL-HUSSEIN, M.; NASSERI, R. Development of lean model for house construction using value stream mapping. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, v. 135, 2009, p.782-790.

ANEXO

Planejamento realizado pela empresa construtora



Fonte: Documento fornecido pela empresa (2019)