

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO
CIVIL

ROTEIRO PARA DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS COM
BASE EM PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA PRODUÇÃO ENXUTA

FELIPE ALFONSO HUERTAS ORTIZ

SÃO CARLOS

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO
CIVIL

ROTEIRO PARA DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS COM
BASE EM PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA PRODUÇÃO ENXUTA

FELIPE ALFONSO HUERTAS ORTIZ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Área de Concentração: Sistemas Construtivos

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Paliari

SÃO CARLOS

2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

H887rd

Huertas Ortiz, Felipe Alfonso.

Roteiro para diagnóstico e proposição de melhorias com base em princípios e ferramentas da produção enxuta / Felipe Alfonso Huertas Ortiz. -- São Carlos : UFSCar, 2013. 179 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Indústria de construção civil. 2. Gestão da qualidade. 3. Construção enxuta. 4. Mapeamento do fluxo de valor. 5. Melhoria contínua. I. Título.

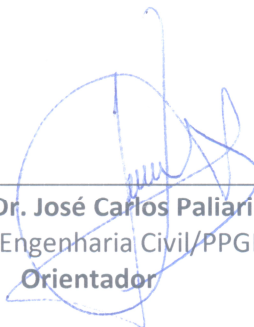
CDD: 690.068 (20ª)

**ROTEIRO PARA DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS COM BASE
EM PRINCÍPIOS E TÉCNICAS DA PRODUÇÃO ENXUTA**

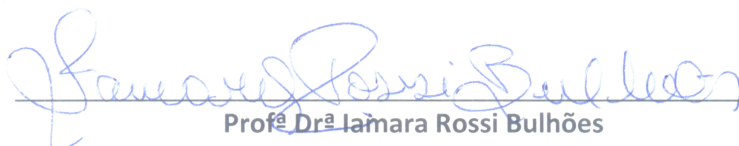
FELIPE ALFONSO HUERTAS ORTIZ

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 28 de junho de 2013.

Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. José Carlos Paliari
Departamento de Engenharia Civil/PPGECiv/UFSCar
Orientador



Prof.ª Dr.ª Iamara Rossi Bulhões
Universidade Federal da Bahia/UFBA
Examinador Externo



Prof.ª Dr.ª Sheyla Mara Baptista Serra
Departamento de Engenharia Civil/PPGECiv/UFSCar
Examinador Interno

“With self-discipline most
anything is possible”

Theodore Roosevelt

A minha família.

Amo-os.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas bênçãos e pela oportunidade de cumprir este sonho.

Aos meus pais, Alfonso, Pilar, meus irmãos Diego, Paola e Laura, meus cunhados, Sandra e Leonardo e meus sobrinhos Martina e Matias, pelo amor, confiança e apoio incondicional.

Ao professor José Carlos Paliari, pela orientação, confiança, amizade e incentivo dados no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu colega e amigo André Luiz Vivan pela amizade e contribuição no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus colegas e amigos das Salas da Pós-graduação (Laboratório de pesquisa Prof. Dr. Segundo Carlos Lopes) e do mestrado pela amizade e momentos compartilhados.

Aos professores da Universidade Federal de São Carlos, pela contribuição acadêmica e pelas contribuições dadas no decorrer do mestrado.

Às professoras Sheyla Mara Baptista Serra e Iamara Rossi Bulhões pelas orientações no exame de qualificação e aportes ao desenvolvimento desta dissertação.

Aos meus amigos Brasileiros, Colombianos, Paraguaio, Peruanos, Bolivianos, Argentinos, Uruguaio e Africanos que conheci ao longo destes dois anos, fazendo desta etapa uma experiência inesquecível.

Aos meus avós, meu tio José Ortiz, e primo Jose Manuel Segura, que mesmo estando no céu sempre estiveram me acompanhando.

Aos meus tios, tias e primos que sempre me apoiaram e me incentivaram a continuar.

Aos meus amigos na Colômbia, pelo apoio e amizade incondicional em todos esses anos.

Aos meus amigos da república “LF³” pela amizade, ajuda e momentos agradáveis.

À família Morassi Sasso em Ribeirão Preto e à família Fontana em São Paulo.

À Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP) pelo aporte financeiro para a realização da Pesquisa CANTECHIS, na qual esta dissertação se insere.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos que propiciou a minha participação nesse curso de Pós-graduação.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i>	- <i>Evolução para conseguir uma empresa enxuta</i>	20
<i>Figura 2</i>	- <i>Etapas da pesquisa</i>	24
<i>Figura 3</i>	- <i>Proporção de atividades de um operário</i>	36
<i>Figura 4</i>	- <i>Processamento em fluxo contínuo</i>	38
<i>Figura 5</i>	- <i>Exemplo dos cartões utilizados nesta ferramenta (Kanban)</i>	39
<i>Figura 6</i>	- <i>A evolução rumo à Automação (Jidoka)</i>	40
<i>Figura 7</i>	- <i>Propostas de Generalização do Sistema Toyota de produção</i>	42
<i>Figura 8</i>	- <i>Diagrama que relaciona os cinco princípios da mentalidade enxuta</i>	43
<i>Figura 9</i>	- <i>Representação do Sistema Toyota de Produção (LIB, 2011)</i>	51
<i>Figura 10</i>	- <i>Quatorze princípios de Liker (2004)</i>	57
<i>Figura 11</i>	- <i>Modelo Tradicional de Produção: a produção vista como a divisão de subprocessos</i>	59
<i>Figura 12</i>	- <i>Novo modelo de produção: a produção vista como um fluxo de materiais ou informação</i>	60
<i>Figura 13</i>	- <i>Evolução do tempo de ciclo a medida que se eliminam os desperdícios</i>	62
<i>Figura 14</i>	- <i>Algumas técnicas da produção enxuta</i>	68
<i>Figura 15</i>	- <i>Exemplo de linhas de balanço de duas atividades, executadas por várias equipes</i> 70	
<i>Figura 16</i>	- <i>Variação na inclinação das linhas de balanço conforme se incrementam as equipes envolvidas na execução</i>	71
<i>Figura 17</i>	- <i>Atividades lineares e não lineares</i>	72
<i>Figura 18</i>	- <i>Elementos que compõem a LDB</i>	73
<i>Figura 19</i>	- <i>Cadeia de produção de um produto “x”</i>	80
<i>Figura 20</i>	- <i>Tempos de ciclo para cada processo que compõe</i>	80
<i>Figura 21</i>	- <i>Estoque de matéria-prima e estoque de produto</i>	82
<i>Figura 22</i>	- <i>Etapas Iniciais do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)</i>	85
<i>Figura 23</i>	- <i>Exemplo da escolha da família de produtos</i>	86
<i>Figura 24</i>	- <i>Exemplo do Mapeamento de fluxo de valor atual</i>	87
<i>Figura 25</i>	- <i>Exemplo de MFV futuro</i>	89
<i>Figura 26</i>	- <i>MFV atual do fluxo de negócio</i>	92

<i>Figura 27 - MFV do estado atual do processo de fabricação de lajes de concreto pré-fabricadas</i>	94
<i>Figura 28 - MFV atual desenvolvido para retratar a fabricação e montagem de pré-fabricados do sistema Tilt-up</i>	95
<i>Figura 29 - MFV atual do processo de alvenaria de um pavimento tipo numa obra brasileira</i>	96
<i>Figura 30 - Macro mapa de fluxo de valor da cadeia de aço</i>	97
<i>Figura 31 - MFV atual do processo de projeto</i>	98
<i>Figura 32 - MFV atual desenvolvido para descrever o primeiro estágio do processo de uma casa</i>	99
<i>Figura 33 - MFV atual do dry wall</i>	100
<i>Figura 34 - MFV atual das paredes de concreto</i>	101
<i>Figura 35 - Estrutura de produção</i>	106
<i>Figura 36 - Cumprimento do cronograma</i>	108
<i>Figura 37 - Fluxograma para implementação de melhorias</i>	115
<i>Figura 38 - Layout da obra</i>	122
<i>Figura 39 - Esquema de execução proposto no planejamento</i>	123
<i>Figura 40 - LDB planejada para cada conjunto de casas</i>	127
<i>Figura 41 - LDB real para cada conjunto de casas</i>	131
<i>Figura 42 - Sequência de execução real das casas</i>	132
<i>Figura 43 - MFV atual do nível macro</i>	140
<i>Figura 44 - Relação entre o tempo takt e os tempos de ciclo de cada atividade</i>	142
<i>Figura 45 - Comparativo entre os tempos de ciclo e os tempos takt do cenário planejado e o executado</i>	143
<i>Figura 46 - MFV atual da alvenaria térreo</i>	149
<i>Figura 47 - Relação entre o tempo takt e os tempos de ciclo de cada atividade</i>	151
<i>Figura 48 - Comparativo entre o ritmo real e o ritmo de produção do planejamento</i>	152
<i>Figura 49 - Janelas para verificação de groute</i>	155
<i>Figura 50 - Abertura necessária na alvenaria para engastamento da escada pré-fabricada</i>	155
<i>Figura 51 - Quebra do contrapiso para permitir a colocação da escada</i>	156
<i>Figura 52 - MFV futuro do nível macro</i>	163
<i>Figura 53 - MFV futuro do nível micro</i>	165

LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1 - As três capacidades do STP</i>	<i>50</i>
<i>Quadro 2 - Desperdícios presentes na cadeia de produção.....</i>	<i>55</i>
<i>Quadro 3 - Os quatorze princípios de Liker (2004)</i>	<i>56</i>
<i>Quadro 4 - Relação entre seis enfoques de generalização.....</i>	<i>66</i>
<i>Quadro 5 - Simbologia usada no Mapeamento de Fluxo de Valor</i>	<i>76</i>
<i>Quadro 6 - Bibliografia consultada referente ao uso do MFV na construção civil.....</i>	<i>91</i>
<i>Quadro 7 - Níveis de qualidade propostos para inserção no MFV.....</i>	<i>105</i>
<i>Quadro 8 - Classificação das atividades e representação no MFV.....</i>	<i>107</i>
<i>Quadro 9 - Simbologia usada na realização dos mapas, classificada segundo uso</i>	<i>110</i>
<i>Quadro 10 - Agrupamento das unidades de produção do projeto</i>	<i>121</i>
<i>Quadro 11 - Estrutura do cronograma fornecido pela obra.....</i>	<i>124</i>
<i>Quadro 12 - Armazenagem e transporte de bloco</i>	<i>136</i>
<i>Quadro 13 - Armazenagem e transporte de argamassa e graute.....</i>	<i>137</i>
<i>Quadro 14 - Armazenagem e transporte de aço</i>	<i>137</i>
<i>Quadro 15 - Armazenagem e transporte de concreto.....</i>	<i>138</i>
<i>Quadro 16 - Armazenagem e transporte das escadas pré-fabricadas.....</i>	<i>138</i>
<i>Quadro 17 - Atividades de nível 3 incluídas na elaboração do MFV</i>	<i>146</i>
<i>Quadro 18 - Recompilação dos problemas encontrados nas diferentes analisadas</i>	<i>157</i>
<i>Quadro 19 - Relação entre os problemas encontrados, as raízes, classificação e a proposta de melhoria</i>	<i>159</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1</i>	<i>- Tempos de início e final para 50 produtos conforme o cálculo do tempo takt.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 2</i>	<i>- Tempos de início e fim para 50 produtos conforme o cálculo do tempo takt com o fator de correção</i>	<i>84</i>
<i>Tabela 3</i>	<i>- Planilha que relaciona unidades de produção, atividades e tempos de duração..</i>	<i>125</i>
<i>Tabela 4</i>	<i>- Composição do lead time teórico: planejamento.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabela 5</i>	<i>- Datas de início e fim das atividades iniciais.....</i>	<i>130</i>
<i>Tabela 6</i>	<i>- Composição do lead time do nível macro</i>	<i>141</i>
<i>Tabela 7</i>	<i>- Composição do lead time da alvenaria térreo</i>	<i>150</i>
<i>Tabela 8</i>	<i>- Tempos de ciclo e lead time para cada uma das análises realizadas.....</i>	<i>153</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	22
1.2	OBJETIVO GERAL.....	23
1.3	MÉTODO DE PESQUISA.....	24
1.3.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
1.3.2	CONSULTA A ESPECIALISTAS E VISITAS ORIENTADAS.....	25
1.3.3	ESTUDO EXPLORATÓRIO.....	25
1.3.4	ROTEIRO PRELIMINAR DO USO DO MFV	26
1.3.5	INCORPORAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO (LDB) NO ROTEIRO PRELIMINAR.....	26
1.3.6	ROTEIRO PRELIMINAR INCLUINDO O MFV E A LDB	26
1.3.7	ROTEIRO FINAL PARA DIAGNOSTICAR E PROPOR MELHORIAS NOS CANTEIROS DE OBRA	27
1.3.8	AVALIAÇÃO/VALIDAÇÃO DO ROTEIRO: ESTUDO DE CASO	27
1.3.9	ANÁLISES E CONCLUSÕES	27
1.4	ESTRUTURA DO TEXTO.....	28
2.	ORIGEM E EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	29
2.1	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	29
2.1.1	A ORIGEM DO STP.....	30
2.1.2	BASE CONCEITUAL DO STP.....	34
2.1.2.1	DEFINIÇÃO DO DESPERDÍCIO	34
2.1.2.2	<i>JUST IN TIME</i> (JIT).....	36
2.1.2.3	AUTONOMAÇÃO (JIDOKA).....	39
2.2	PROPOSTAS DE GENERALIZAÇÃO DO STP	41

2.2.1	CINCO PRINCÍPIOS DE WOMACK E JONES	43
2.2.2	AS QUATRO REGRAS DE SPEAR E BOWEN.....	46
2.2.2.1	Regra 1: Como trabalham as pessoas.....	47
2.2.2.2	Regra 2: Como as pessoas se conectam	48
2.2.2.3	Regra 3: Como se constrói a cadeia de produção.....	48
2.2.2.4	Regra 4: Como obter melhorias	49
2.2.3	AS TRÊS CAPACIDADES DE FUJIMOTO	49
2.2.4	A CASA DO STP DO <i>LEAN</i> INSTITUTE BRASIL (LIB).....	50
2.2.4.1	BASE DA CASA DO STP	51
2.2.4.2	PILARES DA CASA DO STP	54
2.2.5	OS QUATORZE PRINCÍPIOS DE LIKER (2004).....	54
2.3	CONSTRUÇÃO ENXUTA.....	57
2.3.1	MODELO DE PRODUÇÃO ATUAL	58
2.3.2	PRINCÍPIOS PROPOSTOS POR KOSKELA	61
2.4	CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS PROPOSTAS	64
3	TÉCNICAS PARA DIAGNÓSTICO NO CONTEXTO DA PRODUÇÃO ENXUTA	68
3.1	LINHA DE BALANÇO (LDB).....	69
3.2	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	75
3.2.1	DEFINIÇÃO E OBJETIVOS.....	75
3.2.2	SIMBOLOGIA EMPREGADA NA ELABORAÇÃO DO MFV.....	76
3.2.3	MÉTRICAS ASSOCIADAS AO MFV	79
3.2.4	ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA TÉCNICA	85
3.2.4.1	FAMILIA DE PRODUTOS.....	85
3.2.4.2	DESENHO DO ESTADO ATUAL	86
3.2.4.3	DESENHO DO ESTADO FUTURO.....	88
3.2.4.4	PLANO DE TRABALHO E IMPLEMENTAÇÃO	89

3.2.5	APLICAÇÃO DO MFV NA CONSTRUÇÃO CIVIL	90
3.2.5.1	REIS E PICCHI (2004).....	92
3.2.5.2	CANOVA (2005).....	93
3.2.5.3	RODRIGUES, TIRINTAM E PICCHI (2005)	93
3.2.5.4	GALLARDO; GRANJA; PICCHI (2005)	95
3.2.5.5	PASQUALINI (2005).....	96
3.2.5.6	FONTANINI; PICCHI (2008)	97
3.2.5.7	BULHÕES; PICCHI (2008)	98
3.2.5.8	YU; TWEED E AL-HUSSEIN (2009)	98
3.2.5.9	BULHÕES; PICCHI (2011)	99
3.2.5.10	ROSEMBAUN; TOLEDO E GONZALEZ (2012)	101
3.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
4	ESTUDO EXPLORATÓRIO.....	104
4.1	INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA POTENCIALIZAR O MFV NA CONSTRUÇÃO CIVIL	104
4.1.1	VARIÁVEL DE QUALIDADE.....	105
4.1.2	VARIÁVEL DE CLASSIFICAÇÃO DE AGREGAÇÃO DE VALOR.....	106
4.1.3	PORCENTAGEM DE ATIVIDADES FINALIZADAS CONFORME CRONOGRAMA	108
4.2	SIMBOLOGIA A SER UTILIZADA NOS MAPEAMENTOS	109
5	ROTEIRO.....	111
5.1	O MECANISMO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO (MPC).....	112
5.2	METODOLOGIA UTILIZADA PARA PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS	114
5.2.1	IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS	116
5.2.2	CLASSIFICAÇÃO DAS RAÍZES DOS PROBLEMAS.....	117
5.2.3	CRIANDO PROPOSTAS PARA MELHORIA	118

5.2.4	IMPLEMENTAÇÃO	119
6	ESTUDO DE CASO	120
6.1	ESTÁGIO 1: IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS	120
6.1.1	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	120
6.1.2	LINHA DE BALANÇO DO PLANEJADO	121
6.1.2.1	INFORMAÇÕES UTILIZADAS	121
6.1.2.2	PROCEDIMENTO PARA ELABORAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO..	125
6.1.2.3	DIAGNÓSTICO DO PLANEJADO.....	128
6.1.3	LINHA DE BALANÇO DO EXECUTADO.....	129
6.1.3.1	INFORMAÇÕES UTILIZADAS	129
6.1.3.2	PROCEDIMENTO PARA ELABORAÇÃO DA LDB.....	130
6.1.3.3	DIAGNÓSTICO DO EXECUTADO	132
6.1.4	MFV ATUAL: NÍVEL MACRO	133
6.1.4.1	INFORMAÇÕES UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO DO MFV.....	133
6.1.4.2	PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO MFV	134
6.1.4.3	DIAGNÓSTICO DESTA ETAPA.....	142
6.1.5	MFV ATUAL: NÍVEL DE PROCESSO	144
6.1.5.1	INFORMAÇÕES UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO DO MFV.....	144
6.1.5.2	PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO MFV.....	145
6.1.5.3	DIAGNÓSTICO DO MFV: NÍVEL OPERACIONAL.....	153
6.1.6	LISTAGEM DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS	157
6.2	ESTÁGIO 2: CLASSIFICAÇÃO DAS RAÍZES DOS PROBLEMAS.....	158
6.3	MFV FUTURO DO NÍVEL MACRO	161
6.4	MFV FUTURO DO NÍVEL MICRO	164
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
7.1	ATENDIMENTO AO OBJETIVO PROPOSTO	166

7.2	CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO ROTEIRO	167
7.2.1	CONCLUSÕES DO PLANEJADO.....	168
7.2.2	CONCLUSÕES DO EXECUTADO.....	168
7.2.3	CONCLUSÕES DO SERVIÇO DE ALVENARIA	169
7.3	AVALIAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: MFV E LDB	169
7.4	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	170
	REFERÊNCIAS	171
	ANEXOS.....	179

RESUMO

Atualmente as empresas do setor da construção estão incorporando os conceitos da construção enxuta como estratégia para aprimorar seus sistemas de produção. No entanto, este processo de transformação apresenta várias dificuldades, destacando entre estas, a ausência de uma metodologia clara para diagnosticar, propor e implementar melhorias. Com base nisto, o objetivo desta dissertação é propor um roteiro para diagnosticar, encontrar oportunidades de melhorias e materializar estas oportunidades em canteiros de obras com base nos princípios e ferramentas (Linha de balanço e Mapeamento de fluxo de valor, principalmente) da produção enxuta, abordando aspectos de planejamento e execução dos serviços. A estratégia de pesquisa para alcançar este objetivo iniciou por uma revisão bibliográfica acompanhada de entrevistas e consultas a especialistas, para logo passar a um estágio prático (estudo exploratório na cidade de São Carlos), resultando em diretrizes e procedimentos para implementação da filosofia *lean*, que foram se aperfeiçoando, por meio de discussão e retroalimentação entre prática e teoria, até chegar num roteiro final, produto principal desta dissertação, o qual foi aplicado num estudo de caso na cidade de Limeira. Este roteiro está estruturado em quatro estágios: identificação dos problemas, classificação das raízes dos problemas, criação de propostas para melhoria e implementação. Entre os resultados da pesquisa destaca-se a forma sistêmica como se norteia o roteiro, englobando temas como: filosofia *lean*, ferramentas (LDB e MFV), métodos atualmente utilizados por empresas do setor e o método descrito por Shingo para obter melhorias. Adicionalmente, a pesquisa mostrou que para implementar num canteiro de obras conceitos como balanceamento da cadeia de produção, *Just in time*, fluxo contínuo, eliminação de estoque etc., é necessário definir para cada atividade variáveis tais como: tempos de ciclo, *lead times*, quantidade de operários envolvidos, elementos do trabalho entre outras.

ABSTRACT

Currently there are companies in the construction sector which are incorporating *lean* construction concepts as a strategy in order to improve their production system. However, this transformation process presents several difficulties, particularly among these, the lack of a clear methodology for diagnosing propose and implement improvement. Based on this, the goal of this dissertation is proposing a methodology to diagnose, finding opportunities for improvement and implementing these opportunities in a construction site, based on concepts and techniques (VSM and LOB) of *lean* production. To achieve this target, firstly, we make a literature review along with expert's interviews. In second place, we made an experimental practice at São Carlos city (São Paulo-Brazil), where we got some guidelines and procedures to implement a *lean* philosophy. Those procedures were progressing through discussion and feedback of practice and theory, until achieve a methodology, final product of this dissertation. After this, a methodology was applied on a case study at Limeira city (São Paulo - Brazil). Finally, this methodology is structured in four stages: problem identification, classification of root causes, creating proposals for improvement and implementation. Among the conclusions, there is, on the one hand the systematically way of the methodology, embracing topics such as: *lean* philosophy, *lean* techniques (VSM and LOB), methods currently used by companies in the *lean* consulting sector and the method described by Shingo to achieve improvements. In the other hand, the need to define certain variables for each activity (cycle times, lead times, number of workers involved, elements of work), in order to allow the implementation of more refined concepts such as balancing of the production chain, Just in time, streaming, stock disposal etc.

1 INTRODUÇÃO

O setor da Construção Civil ocupa um papel importante para o desenvolvimento de um país, contribuindo para o fortalecimento da economia e, de certa forma, colaborando também com o progresso social. Sob o ponto de vista econômico, esta promove o crescimento por meio da geração de infraestrutura, e incentiva o aumento na demanda de outras indústrias, que encontram nos produtos da construção civil a base necessária para o desenvolvimento e aprimoramento das suas atividades. Sob o ponto de vista social, é considerada uma fonte geradora de empregos em vários níveis profissionais e contribui para o desenvolvimento da sociedade, melhorando a qualidade de vida por meio da construção de escolas, hospitais, centros de recreação, habitação entre outros.

No entanto, como em outros setores, a Construção Civil se depara com desafios importantes sob o ponto de vista social, ambiental e econômico. No nível social, por exemplo, o Brasil apresentava no ano de 2008 um *déficit* habitacional de cinco milhões, quinhentos e quarenta e seis mil, trezentos dez (5.546.310) moradias, distribuídos nas diferentes regiões (PNAD e IBGE). Assim, sistemas construtivos que priorizem a velocidade de execução, mantenham níveis mínimos de qualidade para ocupação, reduzam os custos (portanto, menor preço para o cliente) e produzam o menor impacto ambiental possível, se convertem na principal forma de mitigar este déficit.

A este respeito, salienta-se a lacuna existente entre os ritmos de crescimento da oferta e da demanda de habitação, que tende a piorar tomando-se como base as cifras que caracterizam os sistemas de produção próprios da construção. Segundo Ciamp, Stalk apud Koskela (1992), a porcentagem de atividades que agregam valor no processo de produção da construção se situam entre de 3% a 20% que, em termos de tempo, significa uma participação entre 0,5 – 5% do tempo total de produção. Adicionalmente, Mello e Amorim (2009) concluem, a partir dos dados da FGV (2006), US Census Bureau (2002) e European Foundation for the Improvement of working and Living Conditions (2005), que a produtividade obtida pelos empregados no setor da construção Brasileira é 15% da produtividade dos Estados Unidos, enquanto que o prazo médio para obras de edificação no Brasil é três vezes maior do que a construção Norte-Americana. Estes dados não

consideram o tipo de sistema construtivo, pois os valores resultam da relação entre o faturamento e a quantidade de trabalhadores que emprega o setor. Isto visto de outra forma significa que os dados de produtividade apresentados se referem ao setor da construção civil como um todo, sem importar as diferenças que possam existir com relação aos sistemas construtivos utilizados, qualificação da mão de obra, ou nível de industrialização da construção entre outros. Para Amorim (1995) e Mello (2007) a baixa produtividade pode dever-se a inúmeros fatores tais como: mão de obra de baixa qualificação, falta de capacitação dos trabalhadores, baixo investimento em pesquisa e inovação, altos índices de desperdício nos recursos físicos, baixo nível de industrialização e deficiências na execução e controle do modelo de planejamento.

Sob o ponto de vista da sustentabilidade ambiental, a construção civil apresenta desafios importantes relacionados com a forma de extração e produção dos recursos renováveis e não renováveis e, mais diretamente, na forma como estes recursos, já transformados em materiais, são usados nos canteiros de obras. Neste último ponto, particularmente, deve-se trabalhar na redução de desperdícios durante a execução e no tratamento dado para o entulho e os desperdícios gerados (PALIARI, 1999).

Estas particularidades têm sido um problema intrínseco de uma construção civil, cujo desenvolvimento tem suas raízes em períodos anteriores à análise científica, formando uma cultura baseada no empirismo dos canteiros de obras (KOSKELA, 1992). Diante disto, algumas correntes têm optado por mudar totalmente o modelo de produção, seja criando sistemas inovadores ou utilizando sistemas construtivos presentes em outros países que contribuem à mitigação destas problemáticas, como é o caso da pré-fabricação de habitações em *steel frame*, *Wood frame* e chapas metálicas. Por outro lado, há correntes que entendem a importância da construção no âmbito social e, por isto focam o aprimoramento do sistema através de medidas que melhorem a gestão da qualidade e melhorem as condições dentro dos canteiros de obras, reconfigurando o modelo para produzir habitações em menor custo, em menor tempo de execução, porém atendendo aos requisitos de qualidade exigidos pelos clientes e os parâmetros de sustentabilidade exigidos pelo ambiente.

Neste sentido, estas correntes, além de propor iniciativas como a Qualidade Total, *Computer Integrated Construction*, e a industrialização, consideraram medidas focadas na racionalização da produção (KOSKELA, 1992). Esta última se vê representada perfeitamente na

proposição de Koskela (1992) de transferir a filosofia do Sistema Toyota de Produção (STP) para o ambiente da construção civil, com o intuito de obter os mesmos ganhos alcançados em outras indústrias. Em síntese, o STP é um modelo desenvolvido pela Toyota, que busca eliminar todos os tipos de desperdícios (superprodução, esperas, transporte, retrabalho, estoques, movimentação), visando aumentar a produtividade, melhorar a qualidade, reduzir o tempo de produção e diminuir o custo (LIB, 2011). Em sua estrutura, este modelo está composto por uma combinação de filosofia, sistemas e técnicas, onde as técnicas se relacionam com aspectos operacionais, a filosofia com os conceitos, e os sistemas, com a integração entre a operação e o conceito (PICCHI, 2001).

As primeiras conclusões dessa iniciativa (transferir os conceitos da produção enxuta) indicaram que, mesmo conhecendo o potencial que significaria para a construção, as incorporações dos conceitos *lean*, tanto acadêmicos quanto profissionais atuantes no mercado do trabalho mostraram, na melhor das hipóteses, um interesse médio ou baixo frente à proposta (KOSKELA, 1992). Este receio se devia, basicamente, a paradigmas arraigados que se opunham à introdução de novos conceitos, baseados em premissas como (KOSKELA, 1992; PICCHI, 2003):

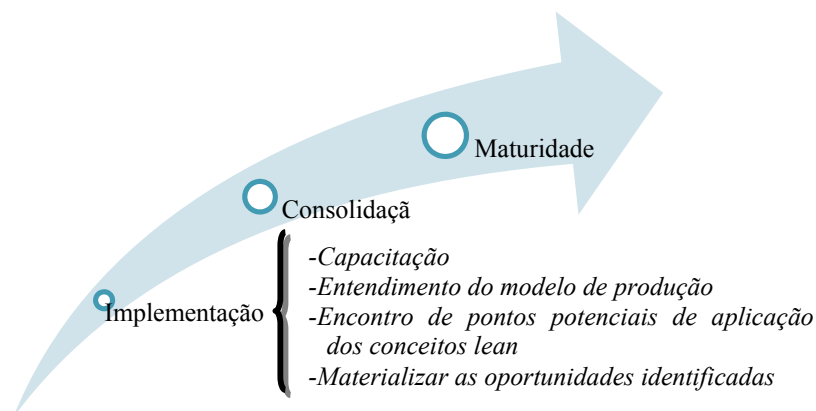
- A cultura intrínseca da construção não permitiria a inserção de novos conceitos;
- Os processos de adaptação seriam extensos, pois primeiro deve-se passar por um entendimento para depois entrar na etapa de implementação;
- Para que a transformação funcione, não só bastaria envolver a construção, senão que também seria necessário envolver os diversos agentes da cadeia de valor, exigindo ações nos níveis de empreendimento, empresa e setor.

Embora ainda estas ideias permaneçam no entendimento de muitas pessoas, vários grupos da academia e profissionais atuantes no mercado de construção acreditam nas capacidades do modelo, fato que se evidencia em empresas da construção, no âmbito nacional e internacional, como Arcona e Skanska na Suécia, BAA na Inglaterra e Construtora Castelo Branco, Construtora Fibra e C Rolim Engenharia no Brasil, cuja cultura atual se baseia nas filosofias, sistemas e técnicas da produção enxuta.

Neste sentido, se conclui que o problema não consiste no fato de a produção enxuta e a construção apresentarem incompatibilidades e sim, possivelmente, numa questão de método (Como e quando aplicar? Quais procedimentos seguir?), pois se percebe uma dificuldade para estabelecer como e onde começar a transformação. Para isto, é interessante referenciar a base prática da manufatura, cujo raciocínio se baseia numa **evolução gradual** que inicia nos níveis inferiores da operação e se estende a níveis de gerenciamento, até conseguir que toda a empresa funcione sob os conceitos *lean* (Hominiss Consulting, 2013).

Este crescimento passa por três estágios (Figura 1): o primeiro foca a implementação no nível de operação (neste se espera alcançar uma manufatura enxuta) a través da inter-relação de elementos como a educação básica, a metodologia, as ferramentas *lean* e os indicadores para controle. O segundo (neste se espera alcançar uma fábrica enxuta) visa a consolidação dos ganhos adquiridos no estágio anterior, através de medidas como a integração das diferentes áreas, a educação gerencial, o crescimento sustentável e o controle permanente. O terceiro e último (neste se espera alcançar uma empresa enxuta), se refere à maturidade, no qual são inseridos conceitos como de estrutura corporativa *lean*, padrões de operação, *benchmarking*, e sistema de educação *lean*. (Hominiss Consulting, 2013)

Figura 1 - Evolução para conseguir uma empresa enxuta



Fonte: adaptado de Hominiss Consulting. <http://www.hominiss.com.br/>. Acesso em maio de 2013.

Tomando como referência este método, pode-se dizer que o desenvolvimento deste trabalho se enquadra no primeiro estágio, devido basicamente a:

- é o estágio inicial para a transformação e, por isto, enfrenta desafios como a quebra de paradigmas, a inserção de novos conceitos, mudança de rotinas, implementação de novos métodos etc. Em síntese, este estágio tem que convencer aos envolvidos que as novas abordagens conduzem a melhorias, tanto para a empresa quanto para seus funcionários. Isto, na construção representa o maior problema, tendo em conta que, adicionalmente, deve adaptar os conceitos a uma estrutura organizacional e produtiva totalmente diferente ao contexto da manufatura;
- o sucesso ou fracasso dos estágios de consolidação e maturidade dependem da boa conclusão do estágio de implementação;
- comumente, os primeiros passos em qualquer transformação são os mais complexos, no sentido que estes, intrinsecamente apresentam uma disposição composta de questionamentos, dúvidas, incertezas e expectativas.

Dentro do estágio da implementação é possível entrever uma série de procedimentos que se requerem para a conclusão do mesmo, sendo estes: **capacitação, análises e entendimento do sistema de produção, encontro de pontos potenciais de aplicação dos conceitos lean e, finalmente, materialização das oportunidades identificadas** (Hominiss Consulting, 2013).

Com base neste modelo, na revisão bibliográfica, as entrevistas a especialistas, o estudo exploratório e a abordagem descrita por Shingo (2010) sobre o mecanismo do pensamento científico se criou um roteiro preliminar. Este roteiro, que tem como objetivo contribuir com o processo de entendimento, diagnóstico e posterior encontro de oportunidades de melhoria em canteiros de obras com base nos princípios e técnicas da produção enxuta, foi aperfeiçoado através da discussão e retroalimentação contínua, até se consolidar como o produto final desta dissertação.

Basicamente, o roteiro estrutura de forma sistemática as etapas para entender o sistema de produção, encontrar desperdícios e pontos potenciais de aplicação dos conceitos, gerar propostas para melhoria e solução de problemas e, finalmente, para implementar essas propostas.

Nas duas primeiras etapas (entender o sistema de produção, encontrar desperdícios e pontos potenciais de aplicação dos conceitos *lean*), o roteiro se baseia em duas ferramentas: o *Mapeamento de Fluxo de Valor* (MFV) e a *Linha de Balanço* (LDB). A primeira destas (MFV) apresenta grande destaque na indústria seriada e está adquirindo um posicionamento na

construção, como sendo uma técnica essencial para dar início ao processo de transformação para uma construção enxuta. Prova disto são as pesquisas desenvolvidas a partir do uso do MFV, onde se aplicou a técnica como passo inicial para diagnosticar e propor soluções e melhorias (ROSENBAUM et al. (2012), BULHÕES e PICCHI (2011), YU et al.(2009), BULHÕES e PICCHI (2008), GALLARDO et al. (2005), RODRIGUES, TIRINTAN e PICCHI (2005), CANOVA (2005) e REIS e PICCHI (2004). A segunda ferramenta (LDB) é uma técnica utilizada desde os anos 40 aplicável a projetos de caráter repetitivo que, neste caso, além da suas funções tradicionais vai subsidiar o processo do diagnóstico dos canteiros de obras, tal como foi utilizada no trabalho de Bulhões (2011).

Nas etapas subsequentes (gerar propostas para melhoria e solução de problemas e implementar essas propostas) o roteiro dispõe das outras técnicas *lean* existentes, da criatividade dos envolvidos e das ideias de bom senso para conseguir propostas de melhoria e, posteriormente, a sua implementação.

Finalmente, com base neste roteiro realizou-se um estudo prático num canteiro de obras na cidade de Limeira-SP, com o intuito de mostrar a sua aplicabilidade e a contribuição para a mitigação dos problemas intrínsecos da construção e, mais especificamente, na eliminação de paradigmas culturais referentes à transferência da filosofia enxuta à construção civil.

1.1 CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Este trabalho está inserido em um amplo o projeto de pesquisa denominado Tecnologias para Canteiro de Obras Sustentável de Habitações de Interesse Social (HIS) (CANTECHIS), financiado pela FINEP e integrado pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal da Bahia (UFBa). Este projeto de pesquisa “*visa o desenvolvimento de soluções tecnológicas aplicadas a canteiros de obras de empreendimentos habitacionais, especialmente de interesse social, visando à sustentabilidade ambiental e melhoria das condições de trabalho*” e se subdivide em 6 subprojetos com objetivos específicos, porém consoantes com o objetivo geral proposto.

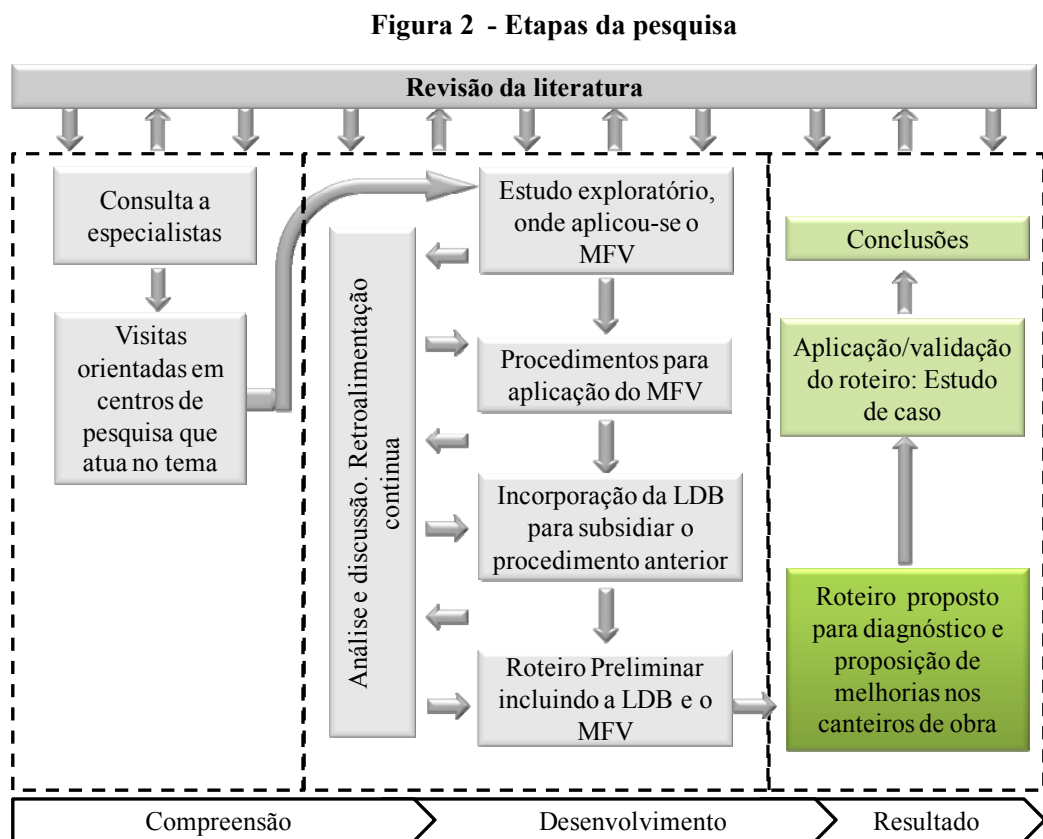
Em particular, este trabalho se enquadra no subprojeto “*Desenvolvimento de tecnologias de execução relacionadas a métodos e sistemas construtivos inovadores para empreendimentos do PMCMV*” (SPTEC) que tem como objetivo “*a avaliação e proposição de **melhorias gerenciais e tecnológicas** para um conjunto de métodos e sistemas construtivos inovadores para empreendimentos do PMCMV*”.

1.2 OBJETIVO GERAL

Propor um roteiro para diagnosticar, encontrar oportunidades de melhorias e implementá-las em canteiros de obras com base nos princípios e ferramentas da produção enxuta, abordando aspectos de planejamento e execução dos serviços.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa adotado neste trabalho segue as etapas apresentadas na Figura 2.



Fonte: elaboração do autor.

1.3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica focou os conceitos relacionados à construção enxuta, uma vertente da produção enxuta, assim como as principais técnicas de diagnóstico à luz destes

conceitos. Este processo foi desenvolvido ao longo da pesquisa, permitindo a constante interação entre teoria, prática, análise e discussão.

1.3.2 CONSULTA A ESPECIALISTAS E VISITAS ORIENTADAS

Ao longo do trabalho foram analisadas várias pesquisas sobre o MFV e sua aplicação na construção civil. Um dos trabalhos mais analisados foi a tese de doutorado de Iamara Bulhões de quem se recebeu contribuições importantes tanto no Exame de Qualificação, quanto na visita realizada no Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – NORIE em Porto Alegre-RS. Além dos aportes realizados pela professora, desenvolveu-se atividades encaminhadas ao objetivo desta dissertação, em companhia do professor Carlos Torres Formoso e a equipe de alunos orientados por ele. Após a visita todas estas retroalimentações foram discutidas com a equipe da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar para nortear e avaliar os objetivos desta dissertação.

Adicionalmente, se realizaram visitas a empresas tais como:

- Fábrica de motores da Volkswagen: nesta visita se evidenciaram inúmeros casos de aplicação dos princípios e ferramentas do Sistema de produção da empresa, cujo delineamento é governado pela filosofia *lean*;
- Empresa Canteiro: esta é uma empresa dedicada à fabricação de canteiros de obras, orientados à otimização do espaço, garantindo a segurança dos trabalhadores e pensando na sustentabilidade dos recursos. Nesta visita se evidenciou a importância de incluir um projeto do canteiro que garanta a organização do sistema de produção com base nos requerimentos e estratégias de execução definidos pela equipe de planejamento;
- Hominiss Consulting: além de participar de um minicurso realizado por essa empresa no congresso SIMPEP, esta contribuiu com sua experiência na implementação da produção enxuta em diferentes setores.

1.3.3 ESTUDO EXPLORATÓRIO

Após a análise bibliográfica, visitas a empresas e consulta a especialistas, realizou-se um estudo exploratório para entender como os conceitos estudados podem ser aplicados dentro de um canteiro de obras. Para isto, aplicou-se o MFV numa obra de alvenaria estrutural na cidade de São Carlos. Este processo nos forneceu as bases para entender a técnica, suas principais funções e a capacidade desta para representar situações próprias do setor que, como é conhecido, apresenta diferenças importantes em relação aos outros setores. No entanto, observou-se também, tanto no estudo exploratório como em outras pesquisas realizadas sobre a aplicação da técnica, que esta pode ser potencializada com a incorporação de outras variáveis que complementam suas funções. Assim, esta etapa também compreendeu a análise do estudo exploratório visando a melhoria do MFV quando aplicado na construção civil.

1.3.4 ROTEIRO PRELIMINAR DO USO DO MFV

Após deste estudo, observou-se a necessidade de criar diretrizes que norteassem a etapa de entendimento e diagnóstico do canteiro ou do serviço em análise. Neste processo surgiu uma série de questionamentos sobre diferentes pontos, entre os quais se destaca a forma como se estruturaria o método para entender, diagnosticar e encontrar pontos de melhoria. Assim, elaborou-se um roteiro preliminar que agrupou a experiência prática obtida no canteiro, a filosofia *lean* e o uso do MFV como técnica principal do método.

1.3.5 INCORPORAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO (LDB) NO ROTEIRO PRELIMINAR

Com base neste roteiro embrionário se passou a uma etapa de discussão, onde houve a reavaliação das pesquisas já realizadas e retroalimentação dos especialistas, e concluiu-se que a incorporação da LDB subsidiaria o MFV no processo de entendimento e diagnóstico do sistema de produção que se analisasse. Esta ideia se originou a partir do estudo da tese de doutorado da Iamara Bulhões e da visita ao NORIE, posto que nos dois casos a utilização destas técnicas potencializou o processo de diagnóstico.

1.3.6 ROTEIRO PRELIMINAR INCLUINDO O MFV E A LDB

Uma vez adotada esta ideia se vinculou ao roteiro duas abordagens essenciais: a incorporação do mecanismo do pensamento científico de Shingo (2010) e o método de atuação da empresa Hominiss, empresa dedicada à implementação de sistemas de produção enxuta. A primeira abordagem foi a base para nortear o roteiro e a segunda contribuiu com a experiência prática e sua forma de abordar o processo de implementação da filosofia enxuta. A evolução deste roteiro levou a uma estrutura sistêmica de quatro estágios: identificação dos problemas, classificação das raízes dos problemas, criação de propostas para melhoria e implementação.

1.3.7 ROTEIRO FINAL PARA DIAGNOSTICAR E PROPOR MELHORIAS NOS CANTEIROS DE OBRA

Com base na experiência obtida no estudo exploratório, na retroalimentação dos especialistas (Grupo do NORIE, Hominiss entre outros), e nas diferentes análises, o roteiro descrito na etapa 1.3.6 evoluiu a uma estrutura fluxo-orientada que contém os passos para identificar desperdícios, classificar as origens dos problemas, criar propostas para melhoria e implementação das propostas. O modelo surge como uma variação do mecanismo do pensamento científico definido por Shingo (2010), com a particularidade de uma abordagem mais prática adquirida através da inserção de conceitos de outras pesquisas, da experiência da empresa Hominiss e a utilização de técnicas como o Mapeamento de Fluxo de Valor e a LDB.

1.3.8 AVALIAÇÃO/VALIDAÇÃO DO ROTEIRO: ESTUDO DE CASO

A partir do roteiro proposto realizou-se um estudo de caso no empreendimento horizontal de residências unifamiliares na cidade de Limeira – SP com o objetivo de observar a aplicabilidade do roteiro e identificar suas contribuições dentro do processo de implementação da filosofia enxuta na construção civil.

1.3.9 ANÁLISES E CONCLUSÕES

Nesta última etapa foram realizadas as análises e conclusões sobre o estudo de caso e do roteiro proposto.

1.4 ESTRUTURA DO TEXTO

O texto foi estruturado em mais 5 capítulos, além deste capítulo introdutório, cuja descrição é apresentada a seguir.

No capítulo 2 são apresentadas a história e as bases do STP a partir da visão de Taichii Ohno, os principais conceitos do STP e, finalmente, os conceitos gerais da Construção Enxuta.

No capítulo 3 são abordadas as técnicas utilizadas para o atendimento do objetivo geral, o MFV e a LDB.

No capítulo 4 se apresenta, de forma geral, o estudo exploratório realizado e a suas considerações mais importantes.

No capítulo 5 se descreve, detalhadamente, o roteiro final, produto principal desta dissertação.

No capítulo 6 são apresentados os resultados da aplicação do roteiro num canteiro de obras na cidade de Limeira-SP.

No capítulo 7 são tecidas as considerações finais acerca do trabalho realizado.

2. ORIGEM E EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA

Os termos *produção enxuta*, *pensamento enxuto*, *filosofia enxuta* tem sido criados pela academia para identificar práticas, modelos, soluções e, em geral, a filosofia por trás do Sistema Toyota de Produção (STP). Este modelo, que surgiu na *Toyota Motor Company* após a segunda guerra, mudou uma série de paradigmas existentes na produção em massa e criou uma filosofia própria, que visa produzir mais usando cada vez menos recursos.

Assim, para fins didáticos, neste trabalho se aborda a evolução do STP em três etapas: uma etapa de **concepção**, onde se descrevem o contexto onde se criou o sistema como tal; uma segunda etapa de **pesquisa**, onde inúmeros acadêmicos estudaram o fenômeno e propuseram teorias de generalização para sistematizar os conceitos que nasceram ao interior da Toyota; e uma terceira etapa de **difusão**, onde foram divulgados todos esses conceitos para que empresas de todos os setores, incluindo o da construção civil, pudessem implementar o modelo. Evidentemente, tais etapas não são reconhecidas no contexto acadêmico, pois simplesmente é uma proposta deste trabalho para abordar sistematicamente a evolução do STP. Cabe salientar também, que tais etapas não buscam estabelecer uma relação sequencial entre estas, e sim uma superposição entre as mesmas, sempre vinculando pesquisa com difusão.

Neste capítulo são abordadas estas três etapas, no qual são apresentados o STP (a origem e principais conceitos), as propostas de generalização do STP e sua adaptação para a construção civil.

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

No que diz respeito ao processo de entendimento do STP, torna-se necessário descrever o contexto sobre o qual se originou o sistema e, adicionalmente, sistematizar os principais conceitos que formam sua base.

2.1.1 A ORIGEM DO STP

Ao longo da evolução dos sistemas de produção, Womack et al., (1992) consideram a existência de três momentos-chaves, considerando o grau de tecnologia envolvida, assim como os sistemas de gerenciamento da produção: os métodos artesanais, a produção em massa e a produção enxuta. Para estes autores, os métodos artesanais são aqueles caracterizados por “*ter uma mão de obra bem qualificada e ferramentas simples, mas flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor deseja: um item de cada vez*” (WOMACK et al., 1992, p. 3). Assim, segundo estes autores, nestes métodos, são gerados produtos exclusivos, de alto custo para o fabricante e, portanto, para o consumidor final, fazendo com que a comercialização do produto se tornasse difícil.

Em seguida, a evolução natural do mercado, da tecnologia e dos sistemas empregados, levou a mudar o sistema de produção utilizado naquele tempo, procurando obter maiores benefícios tanto para o produtor quanto ao consumidor. Assim, nasceu o sistema de produção em massa, que em essência “*utiliza profissionais excessivamente especializados para projetar produtos manufaturados por trabalhadores semi ou não qualificados, utilizando máquinas dispendiosas e especializadas em uma única tarefa*” (WOMACK et al., 1992, p. 3). Porém, esta concepção de produção resulta em ciclos de produção extensos, necessidade de espaços maiores, ausência de inovação e elevadas quantidades de produtos padronizados, que geram elevados estoques (matéria-prima, estoque em processo e produto acabado).

No entanto, tais características não eram consideradas ineficientes uma vez que havia um cenário econômico favorável, onde a capacidade de consumo da população era cada vez maior. O problema como tal veio depois, com a crise econômica do pós-guerra, onde o Japão atravessou por uma situação crítica que obrigou muitas empresas a fechar e, no caso da Toyota, a repensar seu sistema de negócio (WOMACK et al., 1992).

Dessa forma, se deu início a uma nova corrente de pensamento que questionou o modelo da produção em massa e criou uma série de conceitos que mudaram antigos paradigmas para, no final, dar origem ao STP, conhecido também como produção enxuta.

A *Toyota Motor Company* foi fundada em 1933 como uma divisão da *Toyoda Automatic Loom* voltada para a fabricação de automóveis. Naquele tempo, a Toyota contava com um

sistema de produção em massa e se baseava em muitas técnicas de gerenciamento desenvolvidas nos Estados Unidos, como o Controle de Qualidade (CQ) e Controle de Qualidade Total (CQT) (OHNO, 1997).

Mas, as condições do mercado japonês eram diferentes e a demanda era tal que o sistema utilizado não se adequava às necessidades. Tal fato foi agravado ainda mais após a Segunda Guerra Mundial, pois o Japão estava se recuperando dos danos causados e a demanda local diminuía cada vez mais, enquanto os Estados Unidos, mais especificamente a Ford, adquiria maior domínio da indústria automobilística (OHNO, 1997).

Assim, muitas empresas fecharam e outras, como a Toyota, apresentavam uma forte ameaça de quebra, obrigando-a a repensar e reformular seu método de produção e, dessa forma, tentar reativar a competitividade dentro do mercado mundial (WOMACK et al., 1992). Neste contexto, o presidente da Toyota Motor Company, Kiichiro Toyoda, pediu ao engenheiro de produção, Taiichi Ohno, para aumentar a produtividade e, assim, melhorar sua participação no mercado.

Ohno analisou a indústria dos Estados Unidos e observou que a produtividade de um operário americano era nove vezes maior em relação aos seus pares japoneses (OHNO, 1997). Este fato levou Ohno a pensar se aquela afirmação era realmente certa ou se simplesmente o operário japonês estava sendo desperdiçado a tal ponto que a produtividade estava sendo afetada, e concluiu que para melhorar e aumentar a produtividade, seria necessário eliminar os desperdícios.

Por outra parte, Ohno (1997) analisou o modelo de produção norte-americano e identificou que as carrocerias eram produzidas depois de unir mais de trezentas peças de metal prensadas de chapa de aço. Cada uma destas peças entrava no processo como uma grande chapa laminada, para depois ser levada a uma prensa que a moldava de forma plana, mas ainda sem a forma final específica. Em seguida, a peça plana entrava em uma imensa prensa estampadora que, quando se fechava com grandes toneladas de pressão, juntava um molde superior e outro inferior para dar a forma tridimensional desejada.

O problema radicava, segundo Ohno (1997), em que a quantidade mínima que devia se produzir pelas máquinas, para operar economicamente, era elevada para a demanda que a Toyota

atingia. Estas máquinas trabalhavam em três turnos ao dia, operando em doze batidas por minuto e produzindo ao redor de um milhão de peças ao ano, que era muito superior do que a demanda.

Como consequência, a empresa devia armazenar as peças que sobravam, resultando em elevados estoques e na geração de custos adicionais. Por outro lado, cada vez que havia a necessidade de se produzir outros tipos de peça, se devia desinstalar os pesados moldes e colocar os novos com muita precisão. Isto requeria horas ou dias de trabalho de mão de obra altamente capacitada e, por isso, a opção mais lógica era aproveitar a máquina fazendo a mesma peça durante meses (WOMACK et al., 1992).

Segundo estes autores, o sistema de produção em massa usado pela Ford devia produzir grandes quantidades de um mesmo modelo, contar com maquinários suficientes e únicos para fabricar todas as peças, ter uma equipe especializada para a troca de moldes e locais amplos para armazenagem. Tais características não eram viáveis para a Toyota, pois as condições físicas das fábricas e as condições econômicas do mercado não permitiriam aproveitar o sistema de forma adequada. Consequentemente, Ohno decidiu tentar técnicas mais simples que fizeram com que o período de fabricação de cada peça fosse mais rápido, passando de meses a horas e, assim, reduzindo a quantidade de peças por período.

Depois de treinamento e aperfeiçoamento contínuo, conseguiu que os mesmos operários fizessem a troca de moldes em somente três minutos, eliminando assim o tempo ocioso do operador e a equipe especializada que fazia a troca (WOMACK et al., 1992). Este avanço foi criado por Shigeo Shingo e nomeado de troca rápida de ferramentas (TRF)¹.

Este conjunto de experiências e ideias trouxe para Ohno a primeira grande revelação do sistema: a produção de lotes pequenos eliminava o custo de armazenagem das peças excedentes e também reduzia a quantidade de peças defeituosas, pois na produção em massa o erro só era visível na montagem (quando a quantidade de peças produzidas já era muito alta) enquanto que no novo sistema, este era detectado a tempo para consertar tais falhas (WOMACK e JONES, 1992).

¹ A TRF surgiu como resultado das análises teóricas e práticas das melhorias nos *setups*, tanto internos (operações realizadas quando a máquina está parada) como externos (operações realizadas quando a máquina em funcionamento) (SHINGO, 2000, p.51).

A partir desta iniciativa, foram sendo geradas outras ideias que eliminavam os tempos ociosos e otimizavam os recursos físicos e de mão de obra, como a automação², que trouxe à Toyota uma otimização de operários. Normalmente se contava com um operador que realizava a alimentação da máquina e verificava a qualidade do produto; esse tipo de operação resultava em operadores com tempos ociosos muito grandes e atividades que não agregavam crescimento profissional ao trabalhador. A ideia, portanto, era projetar máquinas que, além de fabricar as peças de forma correta, também pudessem verificar sua qualidade e alertar em caso de percepção de defeitos. Para isto, se tomou como referência uma máquina de tecer elaborada por Toyoda Sakichi, fundador da Toyota, que tinha a capacidade de distinguir produtos defeituosos e alertar sobre estes. Assim, se obteve um avanço muito importante, pois foi possível reduzir o número de trabalhadores por meio da atribuição do controle de várias máquinas a um único operário (OHNO, 1997).

De igual forma, ao longo dos anos foram apresentadas outras iniciativas no interior da Toyota, mas somente após a crise do petróleo de 1973, deu-se a conhecer o sistema de produção que estava fazendo com que a Toyota mantivesse margens de lucro consideráveis, numa época difícil tanto para empresas como para os países (OHNO, 1997).

Neste sentido, pode se concluir que o STP surgiu como consequência de uma crise econômica difícil (crises pós-guerra), que obrigou a encontrar a forma de relacionar e organizar o movimento variável do mercado, com a cadeia de fornecedores e com o desenvolvimento do produto, pensando em trazer maiores benefícios tanto para os clientes quanto para as empresas. A partir disto, surgiram dois conceitos chaves no desenvolvimento do novo modelo de produção (STP): o primeiro desses (*Just in time*) consiste em conseguir atingir as solicitações da demanda através da produção de pequenos lotes que, num caso ideal, irão alcançar cada processo num fluxo contínuo, onde o estoque entre processos será igual a zero. O segundo ponto está focado na automação da produção, cuja implantação contribui ao balanceamento das atividades realizadas pelos operários, eliminação dos tempos ociosos e redução das atividades que apresentam risco aos operários.

² Palavra que se refere à automação com inteligência humana. Também conhecido como *jidoka*. (LIB, 2011)

2.1.2 BASE CONCEITUAL DO STP

O STP é uma filosofia composta por uma série de conceitos, práticas e técnicas que serão apresentados de forma sucinta, por meio de três conceitos. O primeiro se refere ao desperdício, principal causa dos erros e as ineficiências. O segundo e terceiro são descritos por Ohno (1997) como os pilares do STP: o *Just in Time* e *Autonomação*.

2.1.2.1 DEFINIÇÃO DO DESPERDÍCIO

A conclusão mais importante obtida após a análise comparativa entre a indústria automobilística Norte-Americana e Japonesa residiu no fato de que os japoneses deviam estar desperdiçando demasiados recursos (físicos e de mão de obra) para obter uma produtividade nove vezes menor do que seus pares norte-americanos (OHNO, 1997). Partindo-se deste pressuposto, segundo este autor, a estratégia mais adequada para enfrentar os desafios seria a “*eliminação absoluta do desperdício*”. Para nortear esta proposta, Ohno (1997) definiu o desperdício (*Muda* em japonês) como sendo *qualquer atividade ou operação que consome recursos, porém não adiciona valor ao produto requerido pelo cliente*. De igual forma, classificou os desperdícios em sete (7) tipos, explicados a seguir:

- **Superprodução:** o desperdício por superprodução acontece quando não há inter-relacionamento entre a demanda e a produção, causando estoques num nível superior dos estoques padrão³. Frequentemente, os operadores de cada processo trabalham num ritmo diferente ou simplesmente, a função como tal tem um ciclo menor ou maior aos outros processos. Este fato acaba gerando duas consequências: a primeira é que os tempos ociosos detectados sejam eliminados por meio da redistribuição do trabalho ou redução do número de operários; a segunda possibilidade, mais comum, é que os tempos ociosos se destinem à contínua fabricação de peças ou elementos. Isto repercute no aumento dos estoques entre processos (que é outro tipo de desperdício) e esconde problemas simples, que de outra

³ “*Produtos mantidos em qualquer ponto (matéria-prima, estoque em processo ou produto acabado), para evitar que os clientes fluxo abaixo fiquem desabastecidos por problemas de capacidade dos processos fluxo acima*” (LIB, 2011).

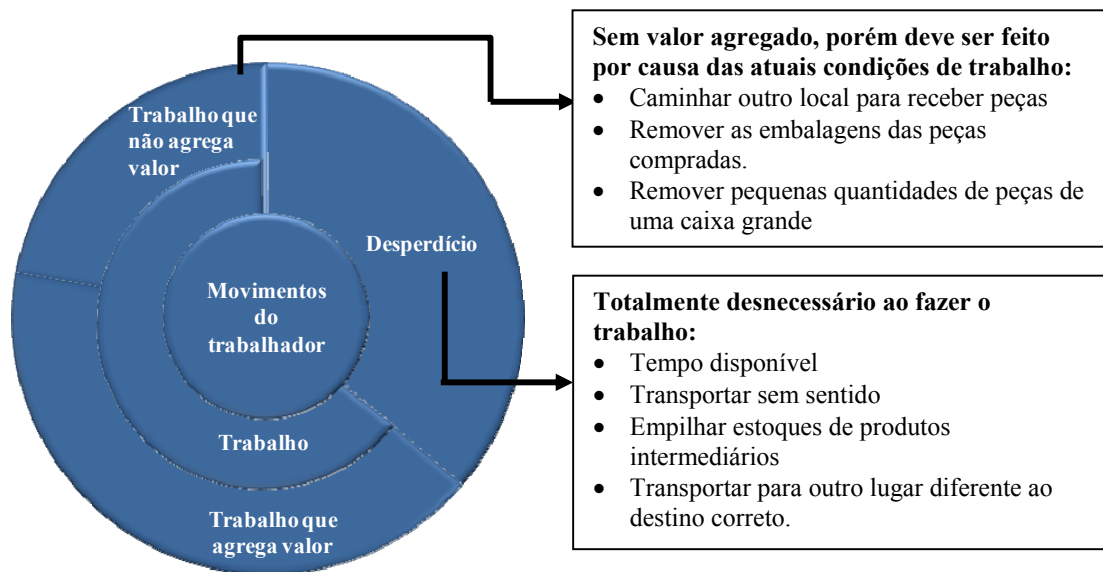
forma poderiam ser eliminados. Dentre estes problemas, destaca-se a detecção de peças defeituosas em pontos do processo onde já foram fabricadas várias peças com o mesmo defeito, causando assim, um desperdício maior. Pelo contrario, quando se produz um item por vez (sem gerar estoque), a detecção dos defeitos se resolvem imediatamente e, assim, evita-se a produção de mais peças com o mesmo erro (OHNO, 1997).

- **Espera:** este desperdício se apresenta quando um lote de peças espera para passar ao processo seguinte. Refere-se também, aos tempos de espera dos operários em função da falta de material, indisponibilidade de ferramentas, ou por desconhecimento das atividades a serem executadas.
- **Transporte:** transportes desnecessários ou movimentação ineficiente de materiais, peças e produtos entre processos ou mesmo entre os locais de armazenagem.
- **Processamento em si:** refere-se às atividades dentro do processamento, que consomem recursos e tempo, porém não geram valor no produto.
- **Inventário (estoque):** refere-se às matérias-primas, estoque em progresso ou de produtos acabados que são armazenados antes, durante e após o processo. São Considerados desperdício porque criam a necessidade de adequar locais para armazenamento, acarretam na necessidade de contratação de trabalhadores para carregar e alocar as mercadorias e, em outros casos, na compra de carrinhos para otimizar o fornecimento de material. Quando o estoque é elevado, é gerado outro tipo de custo, pois se torna necessário controlar a entrada e saída de material, manter o ótimo estado das mercadorias e, em casos extremos, é inevitável o uso de *softwares* para realizar inventários regularmente.
- **Movimentação:** O desperdício gerado pela movimentação desnecessária das peças ou produtos acabados durante a execução de uma operação.
- **Fabricação de produtos defeituosos:** A produção de peças ou produtos acabados, que não atendem às especificações de qualidade e desempenho estabelecido pelo projeto, tem como consequências; geração de resíduos, consumo de matérias-primas e necessidade de atividades de retrabalho.

Adicionalmente, as consequências destes desperdícios produzem medidas que em vez de atacar a raiz do problema, intensificam os prejuízos do sistema de produção. Quando existe superprodução ou excesso de estoque, por exemplo, se criam funções desnecessárias, se aumenta

a força do trabalho e, conseqüentemente, se incrementa os resíduos, os desperdícios, a movimentação interna e as atividades sem valor adicionado. Por outra parte, isto reflete na produtividade diária dos operários, encontrando aumentos significativos em atividades sem valor agregado, movimentação desnecessária etc.(Figura 3) (OHNO, 1997).

Figura 3 - Proporção de atividades de um operário



Fonte: O sistema Toyota de Produção, além da produção em larga escala (OHNO, 1997).

A partir da conceituação dos desperdícios, Ohno (1997) identifica duas formas para sua eliminação. A primeira se refere ao *Just in Time* e a segunda à automação (automação com inteligência humana).

2.1.2.2 *JUST IN TIME* (JIT)

O “*Just in time*” se refere a um estado ideal, no qual a matéria-prima inicia o processo de transformação passando por diferentes etapas na quantidade justa para que não seja gerado estoque entre uma atividade e outra, nem tempos ociosos por causa do atraso na etapa anterior. Em outras palavras significa que “*em um processo de fluxo as partes corretas necessárias à*

montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária” (OHNO, 1997, p. 26).

O objetivo do JIT definido pelo Lean Institute Brasil (2011, p. 78) é “*a total eliminação dos desperdícios para atingir a melhor qualidade possível, o custo mais baixo possível, o menor tempo de produção e o menor Lead time⁴ de entrega*”. Porém, alcançar este objetivo é um desafio, pois dentro de uma cadeia de produção se apresentam problemas como fabricação de produtos defeituosos, atividades de retrabalho, equipamentos danificados, tempos de ciclo variáveis etc. Portanto, Ohno (1997) afirma que entender o conceito do *Just in time* é complexo e propõe analisá-lo como um processo invertido, partindo desde o produto acabado até chegar à matéria-prima. Dessa forma, é claro que para começar o processo é necessário desinstalar uma peça do carro e levá-la por cada uma das fases, até chegar ao local de fornecimento de materiais. Assim, pode-se observar que a quantidade de elementos que ingressam no processo é igual à quantidade de peças que compõem o carro (OHNO, 1997).

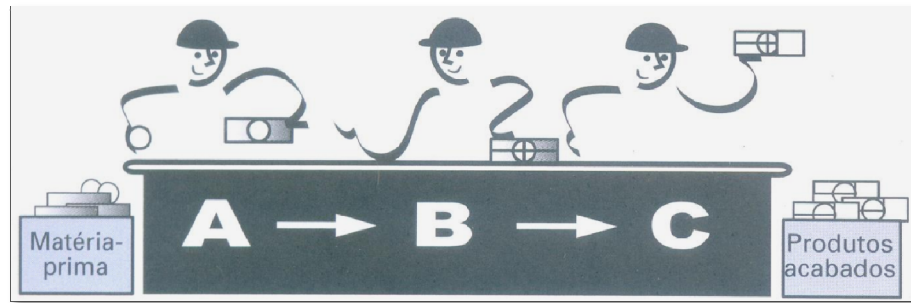
Com base neste raciocínio, Ohno programou uma estratégia que consistia num “quadro de sinalização” onde se indicavam as necessidades requeridas (*Kanban*⁵) para controlar que somente se produzisse a quantidade necessária de peças e assim atingir a demanda requerida no tempo solicitado. Desta forma, o ponto inicial do plano de produção era a quantidade de carros a produzir e as datas de entrega (OHNO, 1997).

Na Figura 4, apresenta-se graficamente um processamento em fluxo contínuo. Nota-se que entre cada uma das etapas (etapa “a”, “b” e “c”) não existe estoque de peças e há um sincronismo entre os processos.

⁴ Este conceito será definido no item 3.2.3

⁵ Palavra Japonesa que significa cartão ou sinal. Está ferramenta é utilizada para puxar materiais e partes ao longo do fluxo de valor sobre a base do *Just in time* (ARBULU, et al., 2003).

Figura 4 - Processamento em fluxo contínuo




Fonte: Lean Institute Brasil, 2011.

Na Figura 4, percebe-se que cada operário entrega a peça à etapa seguinte ao mesmo tempo do que os outros dois. A partir disto, pode-se afirmar que os tempos de ciclo dos processos “A”, “B” e “C” são iguais, possibilitando um ritmo contínuo, onde são eliminados os estoques intermediários. Porém, na realidade, é mais frequente que os tempos de ciclo de cada processo sejam diferentes, causando situações que estão em contraposição à produção enxuta, como a geração de estoques, esperas, e fluxos descontínuos.

Assim, uma das metas a serem alcançadas num sistema de produção que deseja ser enxuto consiste no *Just in time*, o qual, segundo Ohno (1997), pode ser implementado por meio da incorporação da demanda como o elemento puxador ou mediante a incorporação de supermercados⁶ em processos intermediários. Estes supermercados em conjunto com o *Kanban*, sejam no final da cadeia de produção ou numa etapa intermediária, funcionam como um elemento puxador que indica ao sistema o tipo de peça ou elemento a produzir, a quantidade requerida, e o momento em que deve ser iniciada a produção (Figura 5).

⁶ “Local onde um estoque padrão predeterminado é mantido para o fornecimento aos processos fluxo abaixo” (LIB, 2011).

Figura 5 - Exemplo dos cartões utilizados nesta ferramenta (Kanban)

From Supplier	To Marketplace
Product Description Boots XYZ	
Location 1C4-1	SKU N° 03015322
Kanban Signal Bin or Card	Kanban Qty 100
	

Fonte: Arbulu et al, (2003).

Com base nestes cartões, os operários identificam quando se deve dar início à produção de uma peça ou elemento e em que quantidade esta deve ser produzida. Desta forma, se garante que em cada etapa se produza a quantidade mínima para satisfazer a demanda do cliente final, evitando a superprodução de peças.

2.2.1.3 AUTONOMAÇÃO (JIDOKA)

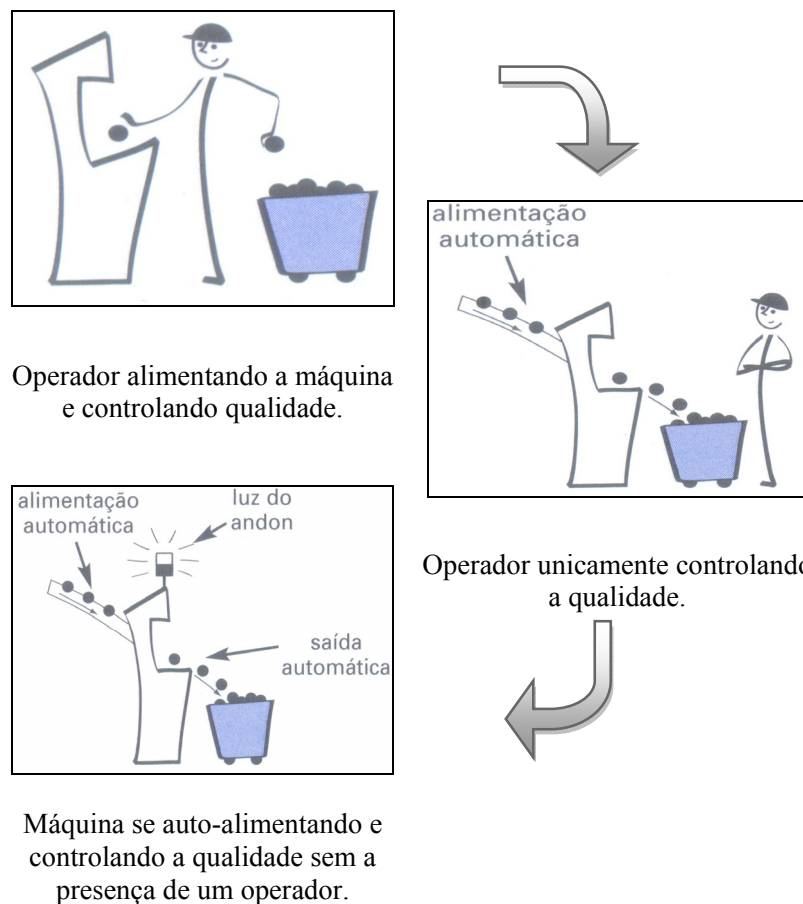
O termo Autonomia refere-se à automação com inteligência humana, pois o equipamento tem a habilidade própria de identificar as peças boas e as peças ruins, sem o controle de um operador (LIB, 2011).

Um dos problemas mais decorrentes entre os equipamentos consistia na necessidade de um operário para verificar se as peças produzidas estavam de acordo com os requisitos estabelecidos e, assim, evitar a produção de peças defeituosas. Isto resultava em custos maiores e operadores com tempos ociosos. A ideia, portanto, era projetar máquinas que, além de fabricar as peças de forma correta, também pudessem verificar a qualidade e alertar em caso da percepção de defeitos. Para isto, se tomou como referência uma máquina de tecer elaborada por Toyoda Sakichi, fundador da Toyota, que tinha a capacidade de distinguir produtos defeituosos e alertar sobre o problema. Assim, se conseguiu um avanço muito importante, pois se eliminavam os operários que cuidavam da qualidade, precisando que só um operador fizesse a manutenção das máquinas, caso apresentassem problemas (OHNO, 1997).

Na Figura 6, se expõe, em três fases, a evolução no uso dos equipamentos no interior da Toyota. Na primeira fase, o equipamento tem a função de processar o material enquanto o operário supervisiona a qualidade do produto e alimenta a máquina. Na segunda fase, se concede à máquina a faculdade de se auto-alimentar e, portanto, o operário se limita a supervisionar a qualidade dos produtos acabados. Finalmente, se fornece à máquina a capacidade de identificar e alertar defeitos, conseguindo, portanto, a transferência das funções de alimentação e supervisão do operário ao equipamento (LIB, 1997).

Desta forma, a Toyota eliminou consideravelmente o número de operários que trabalhavam na fábrica, passando a utilizar, numa célula de produção, apenas um operário para cuidar de cinco máquinas ao invés de cinco (um para cada máquina).

Figura 6 - A evolução rumo à Autonomia (*Jidoka*)



Fonte: adaptado de *Lean Institute Brasil* (2011).

Deve-se destacar que o *andon*⁷ funciona só para alertar a ocorrência de um problema e não para classificar as peças como defeituosas ou perfeitas. Portanto, quando a sinal é ativado a produção é suspensa até que a equipe de manutenção conserte o dano. Dessa forma, todos os envolvidos são obrigados a agir rapidamente e a solucionar o problema no primeiro momento e de forma definitiva (LIB, 2011).

2.2 PROPOSTAS DE GENERALIZAÇÃO DO STP

Após a crise de 1973, a destacada competitividade mostrada pelo STP originou um grande interesse em acadêmicos e empresas para entender e aplicar os conceitos do sistema, dando origem a diversas propostas de generalização (WOMACK e JONES, 1990). Estas propostas sistematizaram a filosofia por trás do STP através da hierarquização de termos tais como princípios, elementos, sistemas, capacidades, regras ou ferramentas.

O surgimento desses estudos contribuíram para a divulgação do modelo em todo o mundo, transformando-o no benchmarking de muitas empresas. No entanto, percebe-se que este fato também criou dificuldades para entender a essência real do STP, no sentido que cada proposta aborda a filosofia de forma diferente, dando maior ou menor destaque a conceitos chave do sistema.

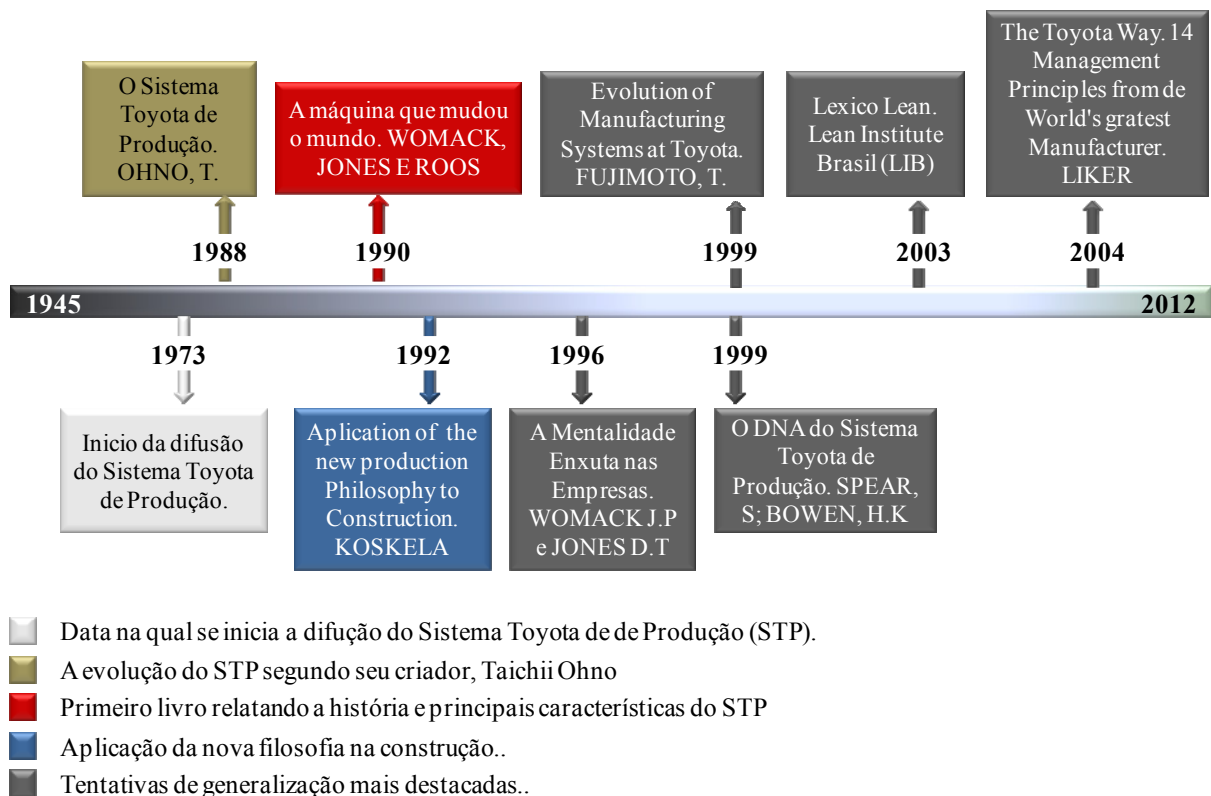
Assim, dependendo da abordagem, a ideia essencial do STP é explicada a partir de uma série de princípios, capacidades ou regras, que nem sempre conseguem reunir em um todo, a filosofia do STP. Portanto, considera-se importante explicar as propostas mais destacadas e, assim, fornecer uma visão mais abrangente, onde as deficiências de uma se suprem com as fortalezas de outras.

Na Figura 7, apresentam-se uma série de momentos chave compreendidos entre 1945 até hoje. A linha se inicia em 1945, ano em que começou a transformação do sistema de produção da Toyota, seguido da data que Womack e Jones estabelecem como ponto de partida da divulgação do STP (1973). Da mesma forma se indicam as datas de publicação de dois livros essenciais para

⁷ “Ferramenta de gestão visual que mostra o estado das operações em uma área em um único local e avisa quando ocorre algo anormal” (LIB, 2011 p.4).

o entendimento do modelo: “O Sistema Toyota de Produção”, escrito por Ohno em 1988 e A máquina que mudou o mundo, escrito por Womack, Jones e Roos em 1990. Em seguida se indica o ano em que Lauri Koskela publicou o estudo que, entre outros temas, propõe a aplicação dos conceitos do STP na Construção Civil. Este momento é importante, posto que grande parte dos conceitos realizados por este autor é aplicado ao longo do desenvolvimento deste trabalho, que se enquadra no setor da construção civil. Finalmente se apresentam as cinco propostas de generalização analisadas: a “Mentalidade Enxuta nas Empresas” dos autores Womack e Jones (1996), o “DNA do Sistema Toyota de Produção” de Spear e Bowen (1999), “*The Evolution of a Manufacturing Systems at Toyota*” de Fujimoto (1999), o “*Lexico Lean*” escrito por o *Lean Institute Brasil* (2003) e, por último, “*The Toyota Way*” de Liker (2004).

Figura 7 - Propostas de Generalização do Sistema Toyota de produção



Fonte: elaboração do autor.

Como se observa nesta figura, o STP tem sido foco de vários estudos, pois este, sem dúvida, apresenta maior eficiência no uso do tempo e dos recursos físicos em comparação com outros sistemas de produção. A necessidade de definir uma teoria absoluta que explique totalmente o sistema de produção tem gerado inúmeras propostas dentre as quais se destacam as cinco apresentadas anteriormente (identificadas com a cor cinza). No entanto, todas estas abordam os principais conceitos de maneiras diferentes e, por isto, em seguida se expõe cada uma separadamente e em ordem cronológica.

2.2.1 CINCO PRINCÍPIOS DE WOMACK E JONES

Após a publicação do livro “A Máquina que mudou o mundo”, de Womack, Jones e Roos (1990), os autores publicaram outro livro intitulado “A mentalidade enxuta nas empresas”, com o qual popularizaram o termo mentalidade enxuta (*lean thinking*) e propuseram os cinco princípios, que para eles, suportam o STP (Figura 8).

Figura 8 - Diagrama que relaciona os cinco princípios da mentalidade enxuta



Fonte: Terry e Smith (2011)

A Figura apresentada, desde a visão de Terry e Smith, mostra os cinco princípios propostos nesta abordagem, como uma sequência de passos que devem ser seguidos para obter

um sistema de produção que seja enxuto. O ponto de partida é a identificação do valor para o cliente, seguido da identificação da cadeia de valor, implementação do fluxo contínuo, produção puxada e, por último, a perfeição.

- **VALOR:** “o *ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é o valor*” (WOMACK e JONES, 1996, p. 4). Portanto, a definição de valor de um produto específico vai ser determinada unicamente pelo cliente, enquanto o produtor ocupa o papel de receptor dessas necessidades e o responsável da criação daquele valor. Em concordância com isto, o valor se consegue quando o cliente recebe o produto desejado, no momento requerido e pelo preço que está disposto a pagar (TERRY e SMITH, 2011). De igual forma, Kotler (2000) afirma que a satisfação do cliente se alcança quando existe uma concordância entre o desempenho do produto e os requisitos do cliente.

Koskela (2000), por sua parte, realça a importância do gerenciamento dos requisitos, como parte essencial do ciclo de geração de valor do cliente, cujos princípios básicos são: captura dos requisitos, fluxo dos requisitos, compreensão dos requisitos, adequação da capacidade do sistema de produção e medição do valor.

O primeiro princípio requer de uma atenção maior, posto que, frequentemente, a determinação do valor de um produto começa no cenário errado, onde o produtor quer manter o produto na forma em que está sendo fabricado e o cliente só enxerga pequenas variações do que está recebendo (WOMACK; JONES, 1996). O segundo e terceiro, referem-se à análise dos requisitos registrados e o entendimento das razões por trás desses requisitos (KOSKELA, 1992). O quarto visa adaptar o sistema de produção à nova definição de valor criada nos princípios anteriores (KOSKELA, 1992). Por fim, o quinto tem como finalidade determinar, por meio de medições, se os requerimentos dos clientes foram alcançados e desta forma estabelecer parâmetros para desenvolver novos produtos ou determinar em que pontos houve falhas (KOSKELA, 1992).

- **A CADEIA DE VALOR:** este princípio se refere à identificação do processo de formação de valor, que pode ser relativo à cadeia produtiva, a um processo de produção específico ou uma fábrica (WOMACK; JONES, 1996). Desde outra visão, a cadeia de valor é considerada como o fluxo que um produto percorre, iniciando na solicitação do cliente, passando pelas etapas de projeto, fabricação, entrega e uso (TERRY e SMITH,

2011). Dentro das etapas mais importantes na criação de valor, destacam-se as etapas de desenvolvimento do produto, planejamento e produção, que por sua vez, se compõem de atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor (desperdício). Estas últimas podem se subdividir em atividades essenciais ao processo (desperdício Tipo 1) e aquelas que podem ser eliminadas sem afetar o processo (desperdício Tipo 2) (WOMACK; JONES, 1996). Diante deste conceito, a principal finalidade deste princípio consiste em identificar todos os processos que formam a cadeia de produção, desde a concepção do produto até a entrega ao cliente.

- **FLUXO:** refere-se à movimentação contínua de um item por vez, através dos processos que compõem a cadeia de produção, eliminando esperas e estoques entre processos. Para isto é necessário eliminar todas as atividades que não agregam valor e desenvolver mecanismos para que as atividades realmente necessárias no processo fluam de forma contínua. Neste sentido, técnicas como: balanceamento dos ciclos das máquinas e dos operários, realocação do *layout* da fábrica, redução nos tempos de *set up*, entre outras, vão contribuir com este princípio (WOMACK; JONES, 1996).
- **PRODUÇÃO PUXADA:** este conceito se refere a um modelo de produção, no qual os processos fluxo acima determinam o início dos processos fluxo abaixo, fazendo com que seja necessária a inclusão de um elemento puxador que ative a produção. Em alguns casos esse elemento é o próprio cliente. A partir desta ideia é possível eliminar estoque, melhorar o fluxo de caixa (os investimentos são realizados no momento em que são necessários), e aprimorar o balanceamento das funções dos operários (WOMACK; JONES, 1996). Para estes autores, uma das formas para puxar a produção é através da demanda do cliente, pois no momento que este solicita o produto, uma série de sinais vai alertando o processo anterior até chegar ao processo inicial da cadeia. Outros autores descrevem a produção puxada como um método no qual as atividades fluxo abaixo alertam as atividades fluxo acima sobre suas necessidades, através do uso de cartões, que indicam quando e onde certa quantidade de peças é necessária (LIB, 2011).
- **PERFEIÇÃO:** A perfeição está relacionada com a premissa da Toyota, que afirma que sempre existirá uma forma melhor de executar um processo (DANKBAAR, 1997). Isto sugere que este é um processo contínuo, pois, sempre depois de alcançadas as melhorias e

reduzidos os desperdícios, novos problemas aparecerão para ser analisados e posteriormente eliminados (WOMACK; JONES, 1996). Desta forma se observa que os quatro primeiros princípios interagem entre si e, quanto mais se tenta implementá-los, mais os desperdícios ocultos são expostos e passíveis de serem eliminados (WOMACK; JONES, 1996).

Analisando cada um dos princípios e relacionando-os com a filosofia do STP, se observa uma correspondência notável, refletida, por exemplo, no valor, o qual descreve a preocupação da Toyota por conhecer as necessidades do cliente e mudar o modelo anterior, que primeiro projetava e desenvolvia o produto para logo persuadir ao cliente a comprá-lo (OHNO, 1997).

Desde a visão do STP, o produtor deveria avaliar o produto frente às necessidades e requerimentos de um determinado mercado e, partindo desse resultado, se daria início às etapas de projeto, fabricação e entrega.

Da mesma forma, o conceito de eliminar estoques, a partir da determinação de um elemento puxador dentro de um sistema em fluxo contínuo, se reflete nos princípios três e quatro (fluxo e produção puxada), que respectivamente propõem levar a produção a um estado em que cada item alcança a seguinte etapa, unicamente, no momento em que esta o exige (OHNO, 1997).

No entanto, existem outras ideias que ficaram num segundo plano, como é o papel que realiza o operário dentro do processo produtivo, sendo este o recurso mais importante dentro da cadeia e o elemento que faz possível a implementação das melhorias. Da mesma forma, Koskela (2004) afirma que esta proposta (cinco princípios) não se considera uma teoria válida, pois, esta carece de uma adequada conceituação de produção, refletida na imprecisão de conceitos tais como agregação de valor.

2.2.2 AS QUATRO REGRAS DE SPEAR E BOWEN

No artigo “*Decoding the DNA of the Toyota Production System*” os autores afirmam que o STP tem sido intensamente pesquisado e documentado, porém ainda existem conceitos que têm gerado interpretações erradas, causando, em algumas empresas, o fracasso na implementação dos princípios e ferramentas do sistema. Frustradas por sua incapacidade de replicar o desempenho da

Toyota, estas empresas afirmam que o sucesso do sistema se deve a uma cultura própria de muitos anos e por isto torna-se difícil sua aplicação (SPEAR; BOWEN, 1999).

No entanto, outras empresas japonesas como a Nissan e Honda têm respondido de maneira positiva no processo de aplicação dos conceitos e a Toyota, por sua parte, implementou com sucesso seu sistema ao redor do mundo. Estes contrastes levam a questionar as causas do sucesso ou fracasso do STP nas empresas onde tem sido utilizado, encontrando respostas na forma como o sistema é adaptado, pois, segundo os autores, o sistema deve entender-se como o conjunto de filosofias e técnicas e não como a aplicação de práticas isoladas. Além disto, a implementação do STP deve estimular a participação de trabalhadores e gestores na aprendizagem por meio da experimentação, conseguindo a contribuição de todos os atuantes da organização (SPEAR; BOWEN, 1999).

Com base nestas dificuldades, estes autores tentam demonstrar o que está implícito, mediante a descrição de quatro regras que consistem em: três regras de projeto que mostram como o sistema estabelece suas operações como experimentos e uma quarta regra de melhoria a qual descreve como se ensina o método científico a todos os trabalhadores de todos os níveis da empresa.

2.2.2.1 Regra 1: Como trabalham as pessoas

Em essência a primeira regra se refere à descrição detalhada das atividades desenvolvidas dentro da cadeia de produção, tais como: o conteúdo da atividade, a sequência dos procedimentos, o tempo estimado da execução, os resultados requeridos etc. Um exemplo disto é a instalação dos bancos dos carros, nos quais se especifica a quantidade de parafusos, a sequência como estes devem ser parafusados, o torque a ser aplicado e o tempo estimado para sua finalização. Além destas informações, se devem especificar as etapas nas quais são subdivididas cada atividade e os tempos estimados para cada uma, como no caso da fábrica da Toyota em Georgetown (Kentucky), onde a instalação dos bancos do carro se realiza após passar por sete etapas. Para controlar o tempo de cada etapa, a fábrica realizou marcas no chão que delimitavam o começo e o fim destas. Assim, se o trabalhador está na área demarcada da etapa três e não

consegue terminar antes que o carro chegar na quarta etapa, será possível perceber visualmente que ele está executando uma atividade numa etapa não correspondente.

De maneira similar ao exemplo anterior, esta regra visa alcançar este nível de detalhe na descrição das atividades e, assim, espera oferecer ao trabalhador (seja recém-contratado, experiente ou novo na área) toda a informação necessária para executar de maneira satisfatória a atividade. Caso contrário, o trabalhador vai encontrar diferentes formas de realizar as atividades, gerando, possivelmente, menor qualidade, menor produtividade, custos mais elevados e maior dificuldade na hora de identificar problemas ou erros (SPEAR; BOWEN, 1999).

2.2.2.2 Regra 2: Como as pessoas se conectam

A segunda regra refere-se a estabelecer uma conexão direta, tanto no interior da fábrica como entre fornecedor e cliente, onde as informações sejam claras e sem ambiguidades. Esta comunicação se converte em elemento essencial no sistema, pois por meio deste são informados os requerimentos do cliente e conseqüentemente as solicitações para cada uma das células de trabalho. Por outra parte, esta é via pela qual o trabalhador vai informar erros ou problemas que acontecem no posto ou na célula. Um exemplo típico desta comunicação é a técnica conhecida como *Kanban*⁸, que consiste no uso de cartões onde se especificam o número de identificação da peça, a quantidade de peças a serem realizadas etc. (SPEAR; BOWEN, 1999).

2.2.2.3 Regra 3: Como se constrói a cadeia de produção

Esta regra estabelece que cada produto ou serviço deve passar por uma linha de produção (caminho) específica e simples. Para isto, os autores afirmam que, normalmente, quando um operário tem uma dúvida, solicita respostas para as pessoas mais próximas. Porém, na Toyota, se estabelecem caminhos predeterminados onde se especificam as pessoas indicadas para solucionar problemas e os passos a serem seguidos até conseguir a solução. Neste sentido, se um operário não encontrar a solução consultando a primeira pessoa da cadeia, o caminho lhe indicará outra pessoa que poderá ajudar na solução do problema (SPEAR; BOWEN, 1999).

⁸ Ferramenta definida no item 2.1.2.2

2.2.2.4 Regra 4: Como obter melhorias

A quarta regra estabelece que as melhorias devem ser realizadas em todos os níveis hierárquicos da organização, de acordo com métodos científicos e sob a orientação das pessoas indicadas (SPEAR; BOWEN, 1999).

2.2.3 AS TRÊS CAPACIDADES DE FUJIMOTO

No seu livro “*The Evolution of a Manufacturing Systems at Toyota*”, Fujimoto descreve que a evolução do STP, de igual forma à teoria da evolução das espécies de Darwin, passando por etapas de **variação** (mutações como mudanças aleatórias na informação genética), **seleção** (seleção natural causada, em sua maioria, por diferentes taxas de propagação) e **retenção** (reprodução da informação genética dentro e entre os indivíduos) (FUJIMOTO, 1999). Estas etapas, em conjunto, criaram mudanças no sistema, que ao longo do tempo foram se fortalecendo até formar parte da espinha dorsal do STP (do DNA do STP).

Assim, Fujimoto (1999) explica a evolução a partir destes três aspectos, destacando que a variação no STP não é um processo aleatório e sim o resultado da habilidade de se adaptar às novas mudanças do ambiente (ou mercado).

Adicionalmente, Fujimoto (1999) afirma que a chave para entender o STP é a perspectiva total do sistema de rotinas de produção, a qual tem como principal componente a informação. Isto, basicamente se deve a que esta (informação) flui através do desenvolvimento do produto (projeto do produto), passa pelos fornecedores do sistema, pela produção, e chega, finalmente, aos clientes, que direta ou indiretamente passam a informação para seus colegas, amigos e familiares. Da mesma forma, a satisfação ou insatisfação do cliente entra no sistema e proporciona subsídios para implementar melhorias no produto. Por último, no interior da empresa, o fluxo da informação se vê refletido na transmissão, em todas as direções, dos conhecimentos, rotinas e habilidades dos funcionários, estabelecendo padrões dentro da produção.

Assim, o autor resume que os dois enfoques existentes da informação, **criação de informação** (como se cria informação através dos processos do pensamento humano) e

transmissão de informação (informação transmitida para executar determinada tarefa), são considerados exclusivos e independentes, porém, dentro de uma filosofia onde se espera obter a satisfação do cliente, estes devem se relacionar e desenvolver conjuntamente (FUJIMOTO, 1999). Neste sentido, a Toyota apresenta do ponto de vista evolutivo, três níveis de capacidades (Quadro 1), que explicam e mantêm o alto desempenho e a melhoria contínua (PICCHI, 2001).

Quadro 1 - As três capacidades do STP

CAPACIDADE	NATUREZA BÁSICA	INFLUÊNCIA	INTERPRETAÇÃO
De Manufatura Rotinizada	Estático e Rotineiro	No nível de desempenho competitivo	Conjunto de rotinas organizacionais que mostram a forma de realizar as atividades de todos os processos da empresa.
De Aprendizado Rotinizado	Dinâmico e Rotineiro	Nas mudanças ou recuperações do desempenho competitivo	Conjunto de rotinas organizacionais que se enfocam na identificação e solução de problemas e retenção da solução.
De Aprendizado Evolutivo	Dinâmico e não rotineiro	Nas mudanças dos padrões da capacidade da rotina	Habilidade esporádica que afeta as capacidade rotinizadas de manufatura e de aprendizado, através de processos irregulares de sistemas variados de emergência.

Fonte: The Evolution of a manufacturing System as Toyota (FUJIMOTO, 1999).

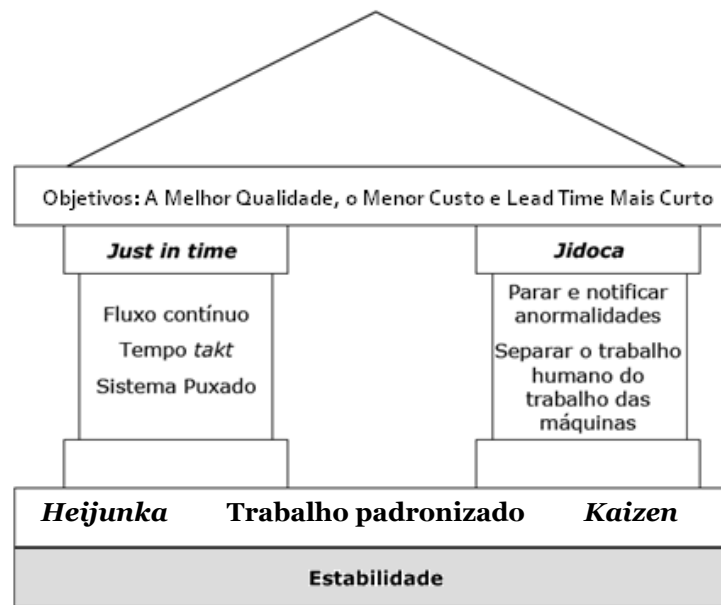
A partir das três capacidades expostas, Fujimoto (1999) afirma que os processos da manufatura são impulsionados pelas informações, uma vez que estas são transmitidas ao longo da cadeia de produção, fornecendo todo o requerido para obter, de maneira eficiente, um produto de ótima qualidade.

2.2.4 A CASA DO STP DO LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB)

Segundo o LIB (2011), o STP tem como objetivos produzir produtos com a melhor qualidade, o menor tempo de produção (*lead time*) e o menor custo possível. Para isto, afirma-se que para alcançar o objetivo devem ser eliminados os desperdícios da cadeia produtiva e, portanto, se estabelece o *Just in time* e a autonomia (*Jidoka*) como os pilares do modelo de produção. Estes e outros conceitos são apresentados sob a forma de casa, cujos elementos

representam os conceitos mais importantes do STP. A base é dividida em dois níveis: o primeiro nível representa a estabilidade, enquanto o segundo nível se compõe de *Heijunka*, trabalho padronizado e *Kaizen*. Os dois pilares representam o *Just in time* e a automação, e na cobertura se encontram os objetivos. (Figura 9).

Figura 9 - Representação do Sistema Toyota de Produção (LIB, 2011)



Fonte: *Lean Institute Brasil (2011)*.

Na sequência se descreve cada um dos elementos que compõem a casa.

2.2.4.1 BASE DA CASA DO STP

NÍVEL 1: a **estabilidade** básica se refere à disponibilidade de materiais, mão de obra, maquinaria e métodos (denominados pelo autor de 4M's) na hora de começar a operar uma linha de produção. Neste sentido, se pressupõe que para obter um fluxo contínuo e manter o ritmo da produção de acordo com o tempo *takt*⁹, deve se contar com os 4M's disponíveis (SMALLEY,

⁹ Tempo *takt*: ritmo de produção necessário para atender a demanda (ALVAREZ; ANTUNEZ, 2001). Este conceito será ampliado no item 3.2.3

2005). Caso contrário, é possível encontrar ao longo da linha de produção o que Koskela (2004) denomina como a oitava categoria de desperdício (*Making – Do*). Este termo se refere ao fato de começar uma atividade sem alguns dos elementos de entrada ou continuar com a execução desta, mesmo que um dos elementos (materiais, ferramentas, mão de obra, condições externas, instruções etc.) de entrada tenha se esgotado (KOSKELA, 2004).

Com base no exposto, o autor argumenta que as empresas devem trabalhar na gestão rigorosa dos 4M's antes de implementar qualquer um dos princípios do sistema:

- **Mão de Obra:** a estabilidade na mão de obra se alcança contando com operários bem treinados em cada um dos processos que compõem a linha de produção. Para isso é necessário fornecer programas de treinamento industrial como o aplicado nos Estados Unidos durante a segunda guerra, denominado *Training Within Industry (TWI)*, o qual se compõe de três cursos; instrução de trabalho, métodos de trabalho e relações de trabalho (SMALLEY, 2004). Cada um deles tinha uma duração de dez horas, onde o primeiro componente ensinava técnicas de planejamento de recursos e métodos de ensino para os operários. O segundo ensinava como analisar tarefas e como fazer melhorias simples dentro do seu domínio de controle, conseguindo que os trabalhadores identificassem a finalidade de uma atividade e questionassem se esta poderia ser eliminada, reorganizada ou simplificada. O terceiro e último componente foca as relações interpessoais para que os operários aprendessem a tratar as pessoas do grupo e resolvessem seus próprios problemas ao invés de ignorá-los (SMALLEY, 2004).
- **Máquinas:** a estabilidade nas máquinas se refere à compatibilização entre a demanda dos clientes e a capacidade do processo. Por isto, recomenda-se medir a produção real de um processo e compará-lo com a capacidade potencial do processo analisado. Assim podem se encontrar problemas e determinar planos de melhoria que aumentem a capacidade do sistema (SMALLEY, 2004).
- **Materiais:** a estabilidade nos materiais se consegue com a estimativa correta do material para cumprir com a demanda, que por sua vez se consegue com o bom gerenciamento da cadeia de fornecedores, que deve garantir a qualidade e o cumprimento na entrega dos materiais (SMALLEY, 2004).

- **Métodos:** a estabilidade enquanto ao método se refere à necessidade de criar procedimentos padrão, sem cair no erro de considerá-los perfeitos, pois parte da filosofia enxuta é procurar soluções para melhorar continuamente os processos. Neste sentido, os métodos devem servir para medir ou comparar se as mudanças propostas realmente estão gerando melhorias no sistema (SMALLEY, 2004).

NÍVEL 2: está composto por três termos importantes. Dois deles, *heijunka* e trabalho padronizado, se consideram técnicas e, o *kaizen* se enquadra dentro da filosofia do sistema.

- **Heijunka:** este termo, de origem japonesa, pode se definir como o nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo (LIB, 2011). Isto leva a obter uma produção mais flexível e eficiente frente às mudanças da demanda e ajuda também na redução de estoque, custos, *Lead time* e mão de obra.
- **Trabalho Padronizado:** refere-se ao estabelecimento detalhado dos procedimentos que se devem executar pelos operários em cada uma das etapas que compõem a linha de produção. Destacam-se três elementos a serem descritos no processo (LIB 2011):
 - A. Tempo *takt*: Frequência com a qual se deve produzir uma peça ou produto para atender a demanda do cliente.
 - B. A sequência detalhada das atividades executadas por cada operador dentro do tempo *takt*.
 - C. “O estoque padrão, incluindo os itens nas máquinas, exigido para manter o processo operando suavemente” (LIB, 2011, p. 101).

Todos estes elementos devem ser expostos em cada uma das estações de trabalho com os objetivos de documentar os procedimentos atuais, instruir e treinar os novos operários e estabelecer parâmetros de comparação para determinar se as propostas de melhoria são ou não eficientes (LIB 2011).

- **Kaizen:** Refere-se à melhoria contínua tanto na cadeia de valor quanto os processos individuais, visando sempre a eliminação de desperdícios, a redução do *lead time* e o aumento do valor do produto. Portanto, se vislumbram dois níveis de *kaizen*: o primeiro tem o enfoque no fluxo total de valor e o segundo se centra na melhoria de cada processo individualmente (LIB, 2011).

2.2.4.2 PILARES DA CASA DO STP

Da mesma forma que Ohno considera *Just in time* e autonamação os pilares do STP, o Lib (2011) também os incorpora dentro da casa e os descreve mantendo a essência do conceito:

- **Just in Time:** “*sistema de produção que produz e entrega apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária*”. Junto a este pilar, se relacionam outros conceitos importantes que complementam o entendimento da teoria. Estes são: tempo *takt*, fluxo contínuo e sistema puxado.
 - A. Fluxo contínuo significa produzir e movimentar um item por vez ao longo de uma série de etapas de processamento. Cada item é movimentado e processado apenas quando é exigido pela etapa seguinte (LIB, 2011).
 - B. O tempo *takt* está relacionado com os objetivos do *just in time* enquanto que a partir deste vai se estabelecer o ritmo do sistema produção e se permite o alinhamento da produção à demanda (LIB, 2011).
 - C. Sistema puxado é um sistema de produção em que os processos posteriores sinalizam aos processos anteriores sobre suas necessidades de produção. Operacionalmente existem três tipos de sistemas puxados: supermercado, sequencial e misto (LIB, 2011).
- **Autonomação (Jidoca):** este termo foi descrito no item 2.2.1.3.

2.2.5 OS QUATORZE PRINCÍPIOS DE LIKER (2004)

















Na visão de Liker (2004), a *Toyota Motor Company* trabalha com um sistema de produção especial, que tem sido capaz de desenvolver produtos de maneira mais rápida e com níveis de qualidade elevados. Em 1994, a Toyota projetava carros e caminhões novos em 12 meses ou menos, enquanto seus concorrentes requeriam, tipicamente, de dois a três anos. Isto, para Liker (1994) se deve, além das ferramentas e os métodos de melhoria da qualidade aplicados pela Toyota, a uma filosofia mais profunda de negócios que se preocupava pela compreensão dos trabalhadores e suas motivações, em formar líderes e em incentivar o trabalho em equipe.

Adicionalmente, o STP mostrou um interesse maior pelo cliente e sua participação dentro da cadeia de produção, questionando-se se a Toyota cumpria com as exigências do consumidor. Assim, o primeiro passo no STP para o desenvolvimento de um produto era conhecer o significado de valor, definido como a transformação física ou de informação de um produto ou serviço em algo que o cliente deseje (LIKER, 2004).

Por outra parte, o STP foca a eliminação de desperdício, tornando-se importante identificar todos os tipos e em quais situações se apresentam. Assim, Liker (2004), conforme exposto igualmente por Ohno (1997), descreve os tipos de desperdício existentes na cadeia de produção. Embora, em termos gerais as duas abordagens sejam iguais, Liker (2004) determinou um desperdício a mais dos existentes e apresenta pequenas diferenças conceituais com outros.

No Quadro 2 listam-se todos os tipos de desperdícios encontrados até o momento na literatura, indicando, se cada tipo está ou não incluso nas abordagens apresentadas. Além disso, se descrevem, se houver, as diferenças conceituais entre as duas posturas e se definem os desperdícios que não estão descritos no item 2.1.2.

Quadro 2 - Desperdícios presentes na cadeia de produção

Desperdício	Ohno	Liker	Observações
1 Superprodução			
2 Espera			
3 Transporte			
4 Processamento em si			Neste tipo de desperdício, Ohno (1997) se refere à execução de atividades que consomem recursos e tempo, porém não criam valor, enquanto Liker (2004) se refere a processos ineficientes devido à falta de ferramentas ou deficiência nos projetos.
5 Estoque			
6 Movimento			
7 Produtos defeituosos			
8 Criatividade do empregado negligenciada			Na solução de problemas é necessários envolver os conhecimentos e as experiências dos trabalhadores, pois caso contrário pode-se chegar a soluções ineficientes que consumam recursos e tempo, porém, não resolvem o problema de maneira definitiva.

Fonte: elaboração do autor.

Adicionalmente, o autor expõe seu entendimento do STP por meio de quatorze princípios que se referem tanto à produção como à gestão da empresa (Quadro 3).

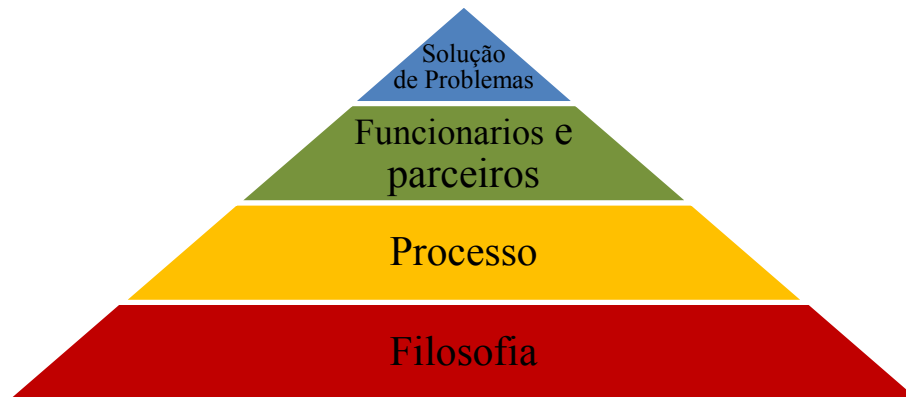
Quadro 3 - Os quatorze princípios de Liker (2004)

Princípio	Descrição
1	Basear as decisões gerenciais numa filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
2	Criar fluxo contínuo nos processos para trazer os problemas à vista.
3	Usar sistemas de produção puxada para evitar a sobreprodução.
4	Nivelamento da carga de produção.
5	Criar uma cultura onde os problemas se solucionem no primeiro momento e definitivamente.
6	A padronização das tarefas é a base para criar melhoria contínua e capacitar aos operários.
7	Manter um controle visual para que os problemas não fiquem escondidos.
8	Usar tecnologia confiável e testada para servir aos processos e seus funcionários.
9	Formar líderes que entendam perfeitamente seu trabalho, vivam a filosofia e a ensinem.
10	Formar pessoas e times comprometidos com a filosofia da empresa.
11	Respeitar e aumentar sua rede de parceiros e fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
12	Ir e ver por si mesmo para entender a situação.
13	Tomar decisões por consenso após de uma análise profunda das diferentes opções e realizar a sua implementação com rapidez.
14	Tornar-se uma organização em aprendizagem, através da reflexão e a melhoria contínua.

Fonte: The Toyota Way (LIKER, 2004).

Nota-se que para cada princípio foi atribuído uma cor específica, relacionando-os com a estrutura piramidal apresentada na Figura 10. Esta estrutura, proposta por Liker (2004), explica o STP a partir da hierarquização de quatro elementos, começando pela filosofia (base), seguida pelo processo, depois pelos funcionários e parceiros e, finalmente, pela solução de problemas.

Figura 10 - Quatorze princípios de Liker (2004)



Fonte: The Toyota Way (LIKER, 2004).

Na proposta realizada por Liker (2004) se observa uma forte tendência à formação de pessoas e equipes que compartilham da filosofia do STP, uma vez que as mudanças radicais são alcançadas a partir da alteração dos comportamentos e dos pensamentos de todos os atuantes de uma empresa. Neste sentido, se espera que a filosofia chegue a todos os departamentos da empresa até alcançar níveis mais operacionais, onde serão materializadas as vantagens do modelo.

Estes conceitos fazem desta abordagem uma proposta diferenciada, pois em comparação às outras, concede um papel importante aos envolvidos na produção, incluindo tanto funcionários da gestão como operários, fornecedores e parceiros. Isto se reflete nos princípios 9, 10 e 11, que se agrupam na terceira categoria da pirâmide (Funcionários e parceiros).

2.3 CONSTRUÇÃO ENXUTA

Embora a indústria da Construção civil tenha rejeitado as ideias provenientes da manufatura, pelo fato de considerar-se muito diferente às outras indústrias, sempre tem existido uma preocupação por evoluir para uma construção mais racionalizada (HOWELL, 1999). Neste sentido, a procura de sistemas construtivos e gerenciais inovadores que ofereçam maior eficiência no processo de construção dos projetos, sem comprometer a boa qualidade, tem se convertido numa necessidade (KOSKELA 1992). Como consequência desta busca, a produção enxuta

mostrou grande potencial para ser usada na construção e trazer melhorias na eficiência do sistema e diminuição dos altos níveis de desperdício.

O primeiro estudo sob esta iniciativa ocorreu na década de noventa, com a publicação do texto intitulado “*Application of the new Production Philosophy to Construction*” do autor Lauri Koskela. O objetivo principal do trabalho era avaliar as implicações da nova filosofia de produção na construção civil (KOSKELA, 1992).

2.3.1 MODELO DE PRODUÇÃO ATUAL

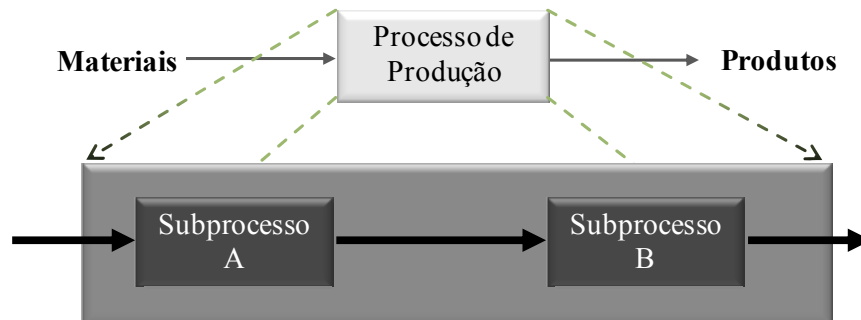
A construção civil comumente é entendida como um modelo de produção totalmente diferente ao modelo da indústria seriada, porém, observando detalhadamente, esta possui características similares às de uma fábrica, onde são desenvolvidos projetos que posteriormente serão montados num local fixo com ajuda de equipes temporárias, para finalmente, formar um único produto (BALLARD; HOWELL, 1998).

Contudo, tradicionalmente, a construção civil se representa com um modelo de produção que converte matérias-primas ou informações (elementos de entrada), em produtos intermediários (alvenaria, revestimento, cobertura etc.) ou produtos finais (Edifício) (FORMOSO, 2000).

Portanto, o modelo se caracteriza por (Figura 11):

- O modelo de conversão é um conjunto de subprocessos que também são processos de conversão.
- O custo total do processo pode ser reduzido mediante a minimização dos custos de cada subprocesso.
- O valor do produto final (*outputs* ou elemento de saída) está associado ao custo ou valor dos materiais de entrada (KOSKELA, 1992).

Figura 11 - Modelo Tradicional de Produção: a produção vista como a divisão de subprocessos



Fonte: Application of the new Production Philosophy to Construction (KOSKELA, 1992).

Como é notório, este modelo é simples e não inclui parâmetros e elementos presentes no processo de produção, tais como espera, transporte e inspeção (fluxos físicos). Portanto, pode se interpretar o modelo sob dois pontos de vista: o primeiro é que as atividades que não agregam valor podem se excluir do modelo e, o segundo, é que o modelo considera todas as atividades, incluindo as de fluxo, como atividades de conversão (atividades que agregam valor). As duas interpretações são incompletas, pois fornecem uma visão muito geral dos subprocessos e não permitem visualizar os verdadeiros focos de ineficiência. Por isto, acontece que as tentativas de melhoria são focadas na eficiência de todo o subprocesso, produzindo também, melhores desempenhos em atividades que deveriam ser reduzidas ou eliminadas (KOSKELA, 1992). Adicionalmente, estes modelos não permitem acompanhar os verdadeiros pontos de evolução, pois as soluções são focadas para produzir mudanças em todo o subprocesso e não em atividades particulares. Finalmente, Koskela (1992) afirma que, infelizmente, a maior parte dos custos num processo de produção é causada por atividades de fluxo e, por isso, a importância de representá-las dentro do modelo de produção.

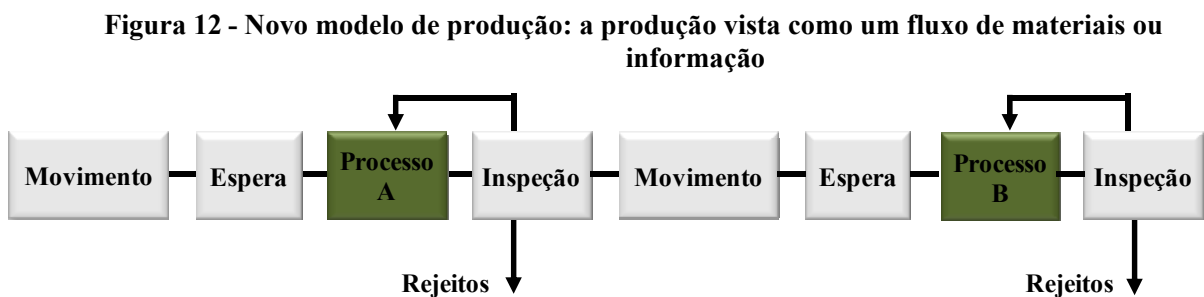
Sob o ponto de vista da qualidade, este modelo apresenta as seguintes características:

- O produto de cada conversão é comumente variável e, em determinadas situações ocorre que uma parte do produto gerado não atinge as especificações implícitas ou explícitas, gerando atividades de retrabalho (KOSKELA, 1992). Isto se deve, principalmente, à falta de inspeção tanto das atividades internas de cada processo quanto do produto final.

- As especificações para cada conversão são imperfeitas, mostrando só os requisitos do processo seguinte e do cliente final (KOSKELA, 1992). Em outras palavras, isto indica que o nível de detalhamento das especificações é baixo, chegando até níveis intermediários e, portanto, são produzidos produtos defeituosos que não atingem satisfatoriamente as necessidades do cliente.

Como conclusão, o fato de desmembrar ainda mais os subprocessos e determinar os tipos de atividade (atividades de fluxo ou atividades de valor) presente num sistema, leva a incentivar a elaboração de especificações mais detalhadas, propiciar um controle de qualidade mais rigoroso e a focalizar as soluções, pois normalmente as atividades que agregam valor devem ser objeto de melhorias na eficiência e qualidade e, as atividades que não agregam valor devem ser eliminadas.

Com base no exposto e a síntese e generalização de diferentes modelos sugeridos em vários campos, se cria um novo modelo de produção que se define como um fluxo de materiais e informações que parte desde a matéria-prima até chegar ao produto final (KOSKELA, 1992) (Figura 12).



Fonte: Application of the new Production Philosophy to Construction (KOSKELA, 1992).

A partir desta Figura se observa que o modelo se compõe, em essência, de conversões (atividades que agregam valor) e atividades de fluxo (movimento, espera e inspeção). Tanto as atividades de conversão como as de fluxo consomem dinheiro e tempo, porém só as atividades de conversão agregam valor ao produto final. Portanto, os principais esforços para encontrar melhorias estão na redução ou eliminação das atividades de fluxo e no aumento da eficiência das atividades que agregam valor (KOSKELA, 1992).

Para Koskela (1992) o novo sistema de produção se baseia em dois termos importantes: O “*Just in Time*” e “*Total Quality Control*”.

- ***Just in Time***: a definição desse termo segue, basicamente, o mesmo delineamento do exposto no item 2.1.2.2.
- ***Total Quality Control***: O ponto de partida do movimento de qualidade foi a inspeção das matérias-primas e produtos por meio de métodos estatísticos (KOSKELA 1992). Na visão de Shingo (1988), o controle de qualidade, além de se aplicar na produção, deve chegar a todos os departamentos, a gerencia e a todas as operações da empresa.

2.3.2 PRINCÍPIOS PROPOSTOS POR KOSKELA

Na visão de Koskela (1992), o modelo de produção desenvolvido pela Toyota se baseia nos seguintes princípios:

1 - Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor: Para entender este princípio é necessário definir uma atividade que agrega valor e as que não agregam valor:

- **Atividades que agregam valor:** definido como as atividades que transformam o material em algo requerido pelo cliente.
- **Atividades que não agregam valor:** estas atividades também são chamadas desperdícios e são definidas como aquelas atividades que consomem tempo, insumos, espaço sem gerar valor ao produto.

Com base nas definições apresentadas anteriormente, a ideia central deste princípio é eliminar todas as atividades que não agregam valor. Para Ciampa (1991) *apud* Koskela (1992), usualmente só 3% aos 20% das atividades geram valor nos processos. Sendo este número tão baixo, é necessário analisar o processo e implementar estratégias que aumentem as atividades que agregam valor e reduzam ou eliminem por completo as que não agregam valor.

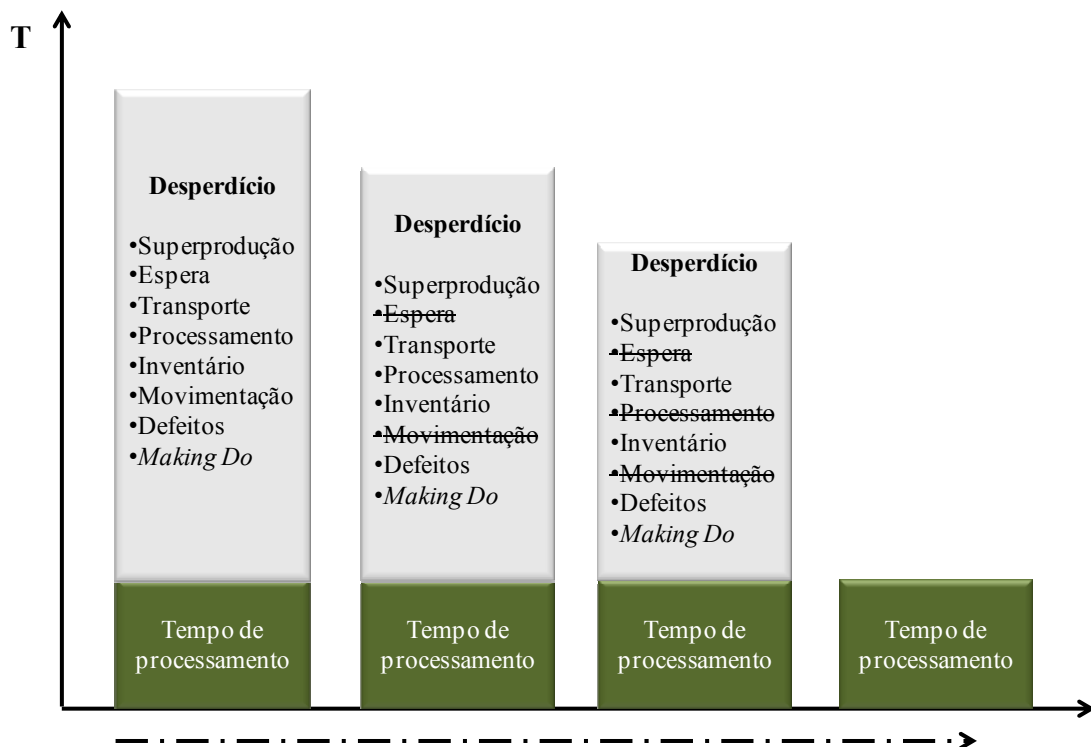
2 - Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes: este princípio busca conhecer realmente o significado de valor para o cliente, sendo este, considerado como o cliente final e o cliente da atividade seguinte. Conhecendo e analisando os requisitos do cliente pode se aumentar o valor e reduzir o eliminar elementos que o cliente, interno ou final, não considera como valor.

3 - Reduzir a variabilidade: este princípio diz que mesmo que os produtos sejam produzidos na mesma linha de produção e com os mesmos recursos, estes vão apresentar variabilidades. Portanto, estas diferenças devem ser minimizadas, pois, sob o ponto de vista do cliente, produtos uniformes são melhores e, por outra parte, se reduzem os erros causados ao desenvolver um produto que não atinge as especificações projetadas. Assim, este princípio incentiva a padronização dos processos, redução da incerteza e aumento da previsibilidade.

4 - Reduzir o tempo de ciclo: para Kupka (1992) o tempo é uma variável universal e muito útil, pois através do monitoramento desta é possível controlar as melhorias de outras variáveis como o custo e a qualidade. Sob esta ótica, uma estratégia eficaz para a melhoria dos procedimentos consiste em conhecer os tempos de ciclo para depois propor soluções que os reduzam.

Na Figura 13, apresenta-se a evolução dos tempos de produção na medida em que são eliminados os desperdícios.

Figura 13 - Evolução do tempo de ciclo a medida que se eliminam os desperdícios.



Fonte: adaptado de Berliner e Brimson (1988).

Note-se que o tamanho dos desperdícios, em comparação com o tempo de processamento, é muito maior, pois atualmente, a construção civil apresenta altas margens de desperdício, afetando, conseqüentemente, a eficiência do sistema de produção.

5 - Simplificar por meio da redução do número de etapas e partes: a simplificação pode ser entendida como a redução de componentes de um produto ou como a redução de número de passos dos fluxos de material ou de informação. Com base nesta definição a simplificação pode ser alcançada pela eliminação de atividades que não agregam valor no processo de produção e pela reconfiguração das etapas que agregam valor.

6 - Aumentar a flexibilidade de saída: incrementar a flexibilidade pode trazer danos ao processo, mas é uma boa estratégia de mercado. Por isso este princípio deve estar acompanhado de outro tipo de atividades como: minimizar o tamanho de lotes dependendo da demanda, reduzir a dificuldade na troca de equipamentos, capacitar os operadores em diferentes áreas.

7 - Aumentar a transparência do processo: este princípio se refere a manter todas as etapas do processo visíveis e transparentes para controlar e poder enxergar de forma rápida os problemas que aconteçam. Por isto, se sugere manter a limpeza na fábrica e projetar o *layout* para facilitar o controle visual. Frequentemente, ferramentas como o 5S e o sistema SPL (*Systematic Layout planning*) ajudam na implementação deste princípio. Este último consiste “*numa estruturação de fases, de um modelo de procedimentos e de uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos das áreas envolvidas no planejamento*” (ELIAS et al., 1998).

8 - Focar o controle no processo completo: além de controlar os subprocessos é muito importante observar o processo como um todo, que deve ser medido constantemente para observar sua evolução.

9 - Melhoria contínua no processo: em toda empresa, sem importar o produto que ela desenvolva, é importante sempre se questionar sobre quais dos procedimentos estão causando interferências na cadeia de produção ou, simplesmente, como poderia se melhorar os processos. Portanto, é importante que estes questionamentos sejam realizados constantemente, mesmo após a realização das melhorias, pois sempre que um problema é resolvido, aparecerá outro e sempre existirá uma maneira de levar as operações a níveis mais altos de eficiência. Neste sentido,

Koskela (1992) afirma que as perdas inerentes do processo sempre serão um objetivo para resolver e melhorar continuamente.

10 - Equilíbrios entre melhorias nos fluxos e melhorias nas conversões: para Koskela (1992), tanto as melhorias nos fluxos quanto as melhorias nas conversões podem ser equilibradas, pois melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, portanto, menor uso de equipamentos. Além disso, fluxos mais controlados facilitam a implementação de novas tecnologias de conversão que, por sua vez, trará benefícios no fluxo e na variabilidade.

11 - *Benchmark*: embora este conceito só fosse formalizado por Camp (1989), a indústria japonesa já usava este conceito para melhorar os procedimentos da empresa. O Benchmarking pode ser entendido como a comparação entre a própria empresa com a empresa líder no mercado para vislumbrar as melhores práticas de aquela empresa e logo depois implementá-las. Também é definida como o encontro e a implementação das melhores práticas do mundo, enfocando-se principalmente nos procedimentos de negócio e não nas tecnologias utilizadas (KOSKELA, 1992).

2.4 CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS PROPOSTAS

O primeiro ponto a ser destacado das abordagens apresentadas neste capítulo consiste na convergência nos mesmos objetivos estabelecidos pela Toyota: *eliminar todo tipo de desperdícios, visando aumentar produtividade, melhorar qualidade, minimizar custos e reduzir tempos de produção.*

No entanto, observam-se também notórias diferenças no modo como foram estruturados os conceitos e elementos próprios do modelo. Em cada um destes, se estabelece uma visão própria, focada em diferentes aspectos, criando assim, diversas bases que dificultam o entendimento do conceito essencial do sistema.

Mesmo existindo essas divergências, é possível relacionar todos os enfoques partindo da base dos cinco princípios de Womack e Jones, visto que estes têm sido assertivos para absorver as ideias centrais do STP, sendo usados, inclusive, como base conceitual para implementação do modelo em muitas empresas (KOSKELA, 2004).

Neste sentido, o estudo desenvolvido por Picchi (2003) constitui o ponto de início para estabelecer a relação entre os princípios de Womack; Jones e os princípios de Koskela, as regras de Spear; Bowen, as capacidades de Fujimoto, a casa do STP e os 14 princípios de Liker (Quadro 4).

Quadro 4 - Relação entre seis enfoques de generalização

		Comparação realizada por Picchi (2003)			Complementação realizada pelo autor	
Womack; Jones (1996)	Koskela (1992)	Spears; Bowen (1999)	Fujimoto (1999)	LIB (2003)	Liker (2004)	
Valor	P2: Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes P4: Reduzir o tempo de ciclo			Melhorar qualidade, menor custo, <i>lead time</i> mais curto		
Cadeia de Valor	P1: Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor P5: Simplificar por meio da redução do número de etapas e partes P8: Focar o controle no processo completo P10: Equilíbrios entre melhorias nos fluxos e melhorias nas conversões				P12: Ir e ver por si mesmo e entender a situação.	
Fluxo	P3: Reduzir a variabilidade P7: Aumentar a transparência do processo	REGRA 1: Como trabalham as pessoas. REGRA 3: Como se constrói a cadeia de produção.	Capacidade de manufatura rotinizada.	-Trabalho padronizado - <i>Heijunka</i> -Estabilidade	P2: Criar Fluxo Contínuo nos processos. P6: Padronização das tarefas. P7: Manter um controle visual... P9: Formação de líderes. P10: Forme pessoas e times comprometidos.	
Produção Puxada	P6: Aumentar a flexibilidade de saída	REGRA 2: Como se conectam as pessoas		Pilar 1: <i>Just in Time</i>	P3: Usar sistemas de produção puxada. P4: Nivelamento de carga de produção.	
Perfeição	P9: Melhoria contínua no processo P11: <i>Benchmark</i>	REGRA 4: Como melhorar	Capacidade de aprendizado rotinizado. Capacidade de aprendizado evolutivo.	Kaizen Pilar 2: Autonomiação	P1: Basear as decisões em filosofias de longo prazo. P5: Solucionar problemas no primeiro momento e de forma definitiva. P8: Use tecnologia confiável e testada. P11: Respeite e aumente sua rede de parceiros. P13: Tomar decisões por consenso. P14: Torne-se uma organização em contínua aprendizagem.	

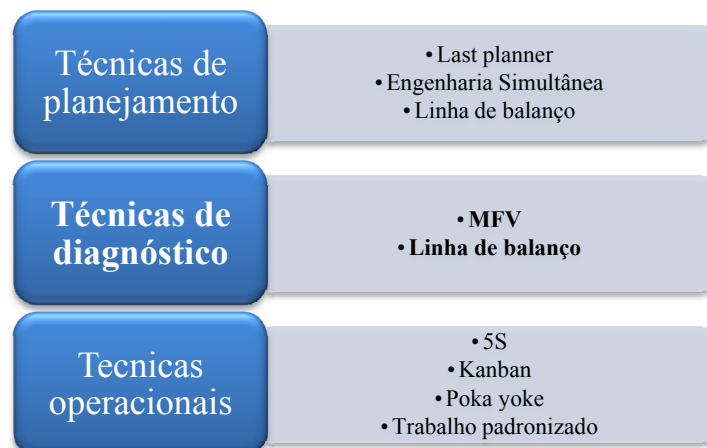
Observa-se que cada um dos cinco princípios consegue envolver de forma geral as ideias das outras abordagens, excetuando o **valor**, cujo papel se vê reduzido nos outros enfoques, onde é abordado superficialmente. Este fato pode ser uma das razões pela qual os cinco princípios são comumente usados para entender a filosofia por trás do STP, mesmo que para alguns autores a definição deste termo (valor) seja imprecisa, devido ao fato de que o pensamento enxuto carece de uma adequada conceituação de produção e não encerra sistemicamente o conceito de geração de valor (KOSKELA, 2004).

Portanto, mesmo que o pensamento enxuto não possa ser considerado como uma teoria de produção válida e madura, esta é a abordagem mais completa, e tem ajudado de melhor forma a absorver as ideias centrais, convertendo-se no ponto de partida na transformação para uma produção enxuta (KOSKELA, 2004).

3 TÉCNICAS PARA DIAGNÓSTICO NO CONTEXTO DA PRODUÇÃO ENXUTA

São observadas inúmeras técnicas que, atualmente, já estão consolidadas e relacionadas fortemente com alguns princípios específicos da filosofia enxuta, tais como: *5S*, *Kanban*, *Last Planner*, *MFV*, *Poka-yoke*, *Andon*, *Heijunka Box*, gráfico do balanceamento do operador, engenharia simultânea, entre outras (Figura 14). Cada uma destas técnicas refletem pontos da filosofia enxuta e são aplicáveis para alcançar objetivos específicos. No entanto, acredita-se que a proposição de melhorias não só se limita à aplicação destas técnicas, pois toda ideia que vise melhorar o modelo e esteja alinhada com a filosofia vai contribuir de alguma forma com as metas finais. Desta forma, tanto ferramentas novas quanto antigas tem sido utilizadas, atualmente, com outros fines. Bulhões (2009), por exemplo, utilizou a LDB junto com o MFV para subsidiar o processo de planejamento de longo prazo, visando à incorporação de conceitos como o tempo *takt* e a sua relação com a produção. A partir disto, acredita-se que todas as técnicas são aplicáveis em diferentes contextos e com fines diferentes. No entanto, para fins didáticos, em seguida se agrupam algumas ferramentas segundo sua área de atuação, planejamento, diagnóstico ou operação (Figura 14).

Figura 14 – Algumas técnicas da produção enxuta



Fonte: elaboração do autor.

Com base nesta figura, pode se afirmar que o escopo desta dissertação envolve a área de diagnóstico, tendo como ferramentas principais a LDB o MFV. Em se tratando da implementação da produção enxuta, o MFV se constitui como uma técnica amplamente usada por ser considerada a porta de entrada para o processo de implementação dos conceitos da produção enxuta [BULHÕES (2009); PASQUALINI (2005) e PICCHI (2003)]. A LDB, por sua vez, é uma técnica criada nos anos quarenta para programar e controlar projetos de caráter repetitivo, principalmente para nortear o planejamento de longo prazo (NAVMAT apud. ARDITI, et al., 2002). Porém, neste trabalho será usada junto com o MFV para potencializar o processo de diagnóstico da execução dos serviços de construção, visto que esta fornece uma visão gráfica que subsidia o processo e complementa o MFV.

3.1 LINHA DE BALANÇO (LDB)

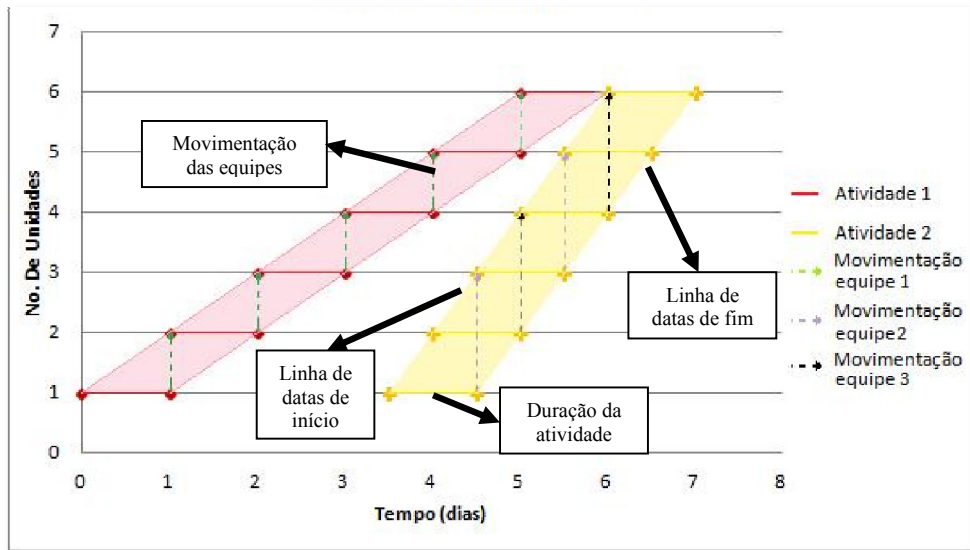
A LDB é uma técnica gráfica, originada na Goodyear nos anos 40, aplicável a projetos que envolvem operações de caráter repetitivo, tais como estradas, arranha-céus, prédios, túneis e tubulações (ARDITI, TOKDEMIR, SUH, 2002). Comumente, é usada como uma ferramenta de planejamento complementar de longo prazo, que relaciona as unidades de produção, no eixo vertical, e o tempo, no eixo horizontal, proporcionando uma visão diferente, em parte pela inclusão de outras variáveis que não são visíveis em outras técnicas. Assim, Sousa; Monteiro (2011) afirmam que é possível inferir informações como (Figura 15):

- Intervalos temporais ou espaciais entre atividades;
- Datas de início e fim de cada atividade;
- Ritmo de produção;
- Comparação visual entre os ritmos de produção;
- Número de equipes atuando em cada atividade;
- Conflitos na relação lógica das atividades;
- Sequência de execução;
- Tempo de produção de cada unidade (eixo horizontal).

Para Arditi et al. (2002) a LDB é uma variação dos métodos de planejamento que permite o balanceamento das atividades para que sejam executadas de forma contínua. Os autores

ratificam que os principais benefícios da LDB são o fornecimento da taxa de produção, em um formato gráfico acessível, e a possibilidade de ajustar velocidades de produção para obter modelos em fluxo contínuo.

Figura 15 - Exemplo de linhas de balanço de duas atividades, executadas por várias equipes



Fonte: elaboração do autor.

Os dados principais de entrada para a realização da LDB como técnica de planejamento são a quantidade total de unidades e data de entrega de todas estas. Assim, é possível determinar a taxa alvo para entrega¹⁰ e, conseqüentemente, o ritmo de produção de cada atividade, cujo valor não pode ser menor à taxa alvo (LUMSDEN apud ARDITI et al., 2002).

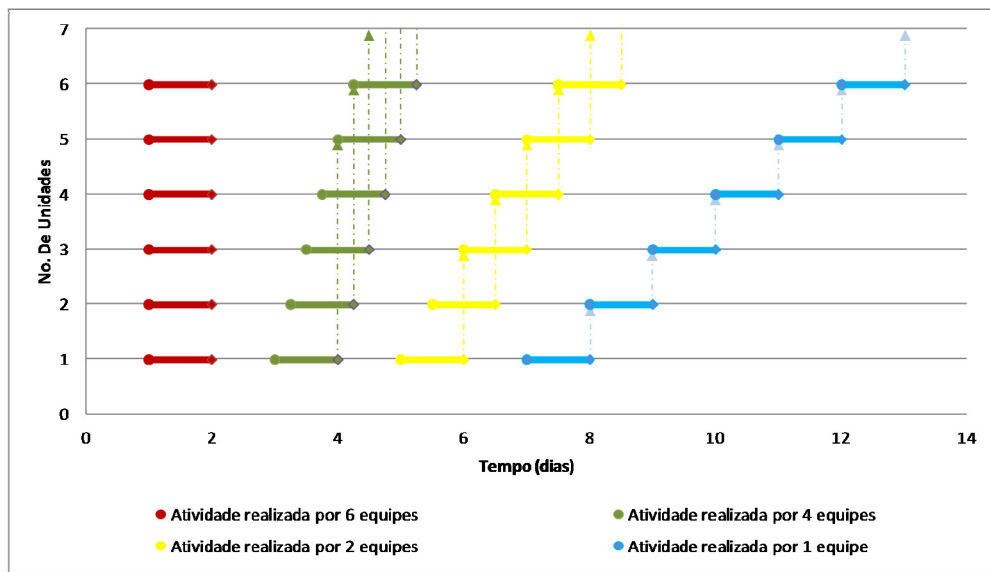
Neste sentido, vários autores (PSARROS apud ARDITI et al., 2002) incorporaram o termo de “ritmo natural” da atividade, definido como sendo a taxa ótima de saída que uma equipe, com uma quantidade ótima de operários, pode executar.

Diante do exposto, é possível variar positiva ou negativamente a velocidade de produção, obtendo para uma mesma atividade inclinações diferentes. Na Figura 16, por exemplo,

¹⁰ A taxa alvo para entrega de um projeto é definida em termos de número de unidades a serem completadas por unidade de tempo (unidades/dia, unidades /semana, unidades/mês) (ARDITI et al., 2002).

são apresentadas quatro atividades iguais, executadas por equipes com quantidade variável de operários. A primeira linha mostra seis equipes trabalhando paralelamente em frentes diferentes, resultando em um ritmo de produção de 6 aptos/dia. Em contraposição, a última linha representa a mesma atividade realizada, porém com um ritmo de produção de 1 apto/dia.

Figura 16 -Variação na inclinação das linhas de balanço conforme se incrementam as equipes envolvidas na execução



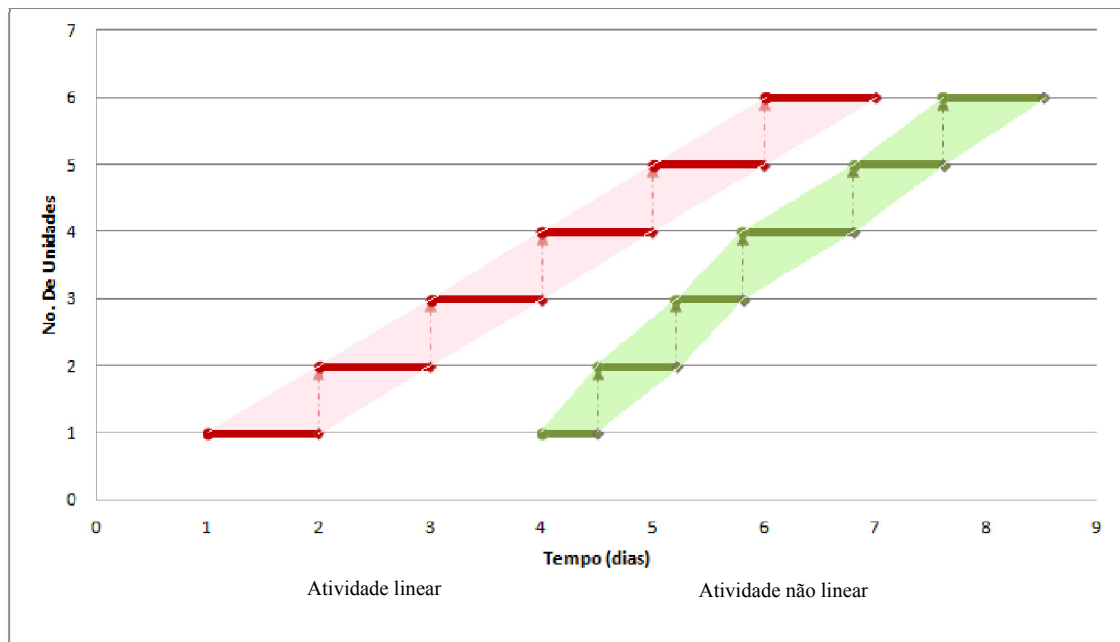
Fonte: elaboração do autor.

Neste sentido, o ponto de partida para desenvolver a LDB inicial consiste em criar um cenário-base, onde são atribuídas taxas de produção para cada atividade e, desta forma, determinar o prazo total para entrega da obra. Este resultado é comparado com as datas de entrega reais e, dependendo do caso, ajustam-se todas as atividades até conseguir atender aos prazos previstos do projeto (ARDITI et al., 2002).

Cabe salientar que o desenvolvimento da LDB parte da ideia de que o tempo de execução das atividades tem um comportamento linear (tempos de duração iguais em cada unidade), o que é incorreto, considerando que o tempo de uma mesma atividade varia em cada execução (Figura 17). Frequentemente, nas primeiras unidades, o tempo de execução é maior; porém, na medida em que o operário conhece o processo este tempo diminui drasticamente. Este

fenômeno é conhecido como a “*learning curve effect*” ou curva de aprendizado (ARDITI et al., 2002).

Figura 17 - Atividades lineares e não lineares

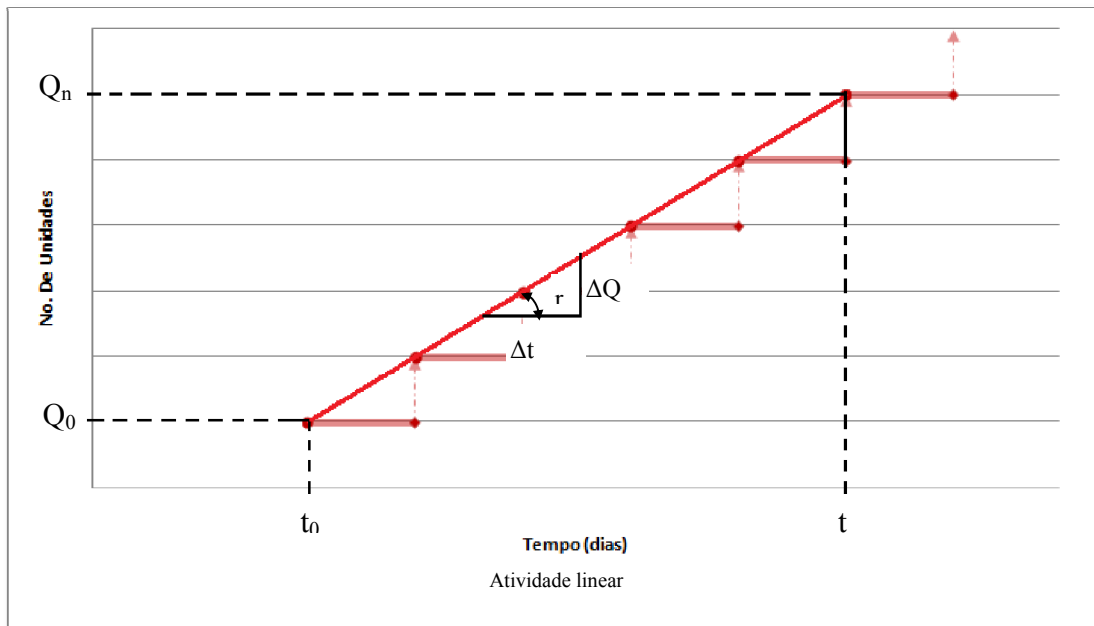


Fonte: adaptado de Arditi et al. (2002).

Embora comumente o planejamento por meio da LDB não inclua o conceito de não linearidade, esta é uma condição que deveria ser incorporada para refletir um cenário real. O problema, basicamente, é que o método da técnica requer de um taxa de produção constante ao longo da execução da atividade. De forma contrária, seria necessário estabelecer uma curva de aprendizado que reformule a taxa de produção de cada atividade em cada unidade.

Em termos matemáticos, a LDB pode ser trabalhada a partir da análise de uma das retas que compõem o gráfico (linha de datas de início e linha de datas de fim), pois se parte do fato de que estas são paralelas e, conseqüentemente apresentam as mesmas propriedades geométricas. Neste sentido, alguns autores representam a LDB de um projeto mediante uma série de retas, onde cada uma representa uma atividade em particular. Assim, cada reta apresenta um coeficiente angular que, neste caso, é chamado de taxa de produção e se identifica com a letra “r” como mostra a Figura 18.

Figura 18 - Elementos que compõem a LDB



Fonte: adaptado de Zohair e Sarraj (1990).

O coeficiente angular da reta ou taxa de produção da atividade se define como a relação entre o tempo e a quantidade de unidades executadas:

$$r = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde:

r: taxa que representa o número de unidades produzidas por unidade de tempo

Q: quantidade de unidades a serem realizadas

t: tempo

$$\int \Delta Q = \int r dt \quad (2)$$

$$\int \Delta Q = r \int dt \quad (3)$$

$$Q = rt + C \quad (4)$$

A reta da Figura 18 contém o ponto (t_0, Q_0) , que ao ser substituído na equação (4) se obtém o seguinte:

$$C = Q_0 - rt_0 \quad (5)$$

Assim, a equação 4 pode se reescrever da seguinte forma:

$$Q = rt + Q_0 - rt_0 \quad (6)$$

$$Q - Q_0 = r(t - t_0) \quad (7)$$

Onde o valor de r se define pela equação a seguir:

$$r = \frac{Q - Q_0}{t - t_0} \quad (8)$$

Este valor representa a quantidade de unidades a serem produzidas por unidade de tempo que, visto da forma inversa, representa o tempo *takt*. Mesmo que às vezes este valor coincida com o tempo de produção (*lead time*) de uma unidade, não se podem confundir os dois conceitos (*lead time* e tempo *takt*). Quando o *lead time* de um produto é maior ao tempo *takt* é necessário produzir de forma parcialmente paralela cada unidade, é dizer, que a segunda unidade começa a ser produzida enquanto a primeira está sendo processada. De forma contrária, quando o *lead time* e o tempo *takt* são iguais, significa que seria possível produzir totalmente uma unidade e começar a outra, logo depois, sem afetar a entrega ao cliente.

Com base no exposto, o cálculo do tempo *takt* requer um ajuste, ainda mais quando o tempo de produção de uma unidade é muito longo, como acontece na construção civil. Neste sentido, Zohair e Sarraj (1990) definiram o ritmo de produção da seguinte forma (esta equação será explicada em detalhes no item 3.2.3).

$$r = \frac{Q - I}{D - d} \quad (9)$$

Onde

r = taxa de saída por unidade de tempo

Q = quantidade de produtos a serem fabricados (demanda)

D = Tempo disponível para produzir a totalidade do pedido (demanda).

d = Tempo de duração para produzir uma unidade

Com base neste resultado é possível determinar o tempo *takt*, calculando o inverso do valor *r*.

Existem *softwares* para a elaboração da LDB, tais como *Vico*® ou *Primavera software*®, porém também é possível gerá-la por meio do Excel®. Para isto é necessário criar uma matriz onde cada uma das linhas representa as unidades de produção e as colunas representam as atividades, que a sua vez se compõem de três colunas: data de início, data de fim e tempo de duração útil. Cabe salientar que este tempo de duração exclui as horas do dia que não são trabalháveis, os dias de descanso e os feriados.

3.2 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

3.2.1 DEFINIÇÃO E OBJETIVOS

O *Lean Institute Brasil* (2011, p.60) define o MFV como um “*diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes do pedido à entrega*”. Na visão de Bulhões (2009 p.75), o MFV é uma ferramenta gráfica “*que permite visualizar e entender processos a partir da síntese de um conjunto de informações consideradas essenciais para identificar desperdícios*”.

Neste sentido, se identificam dois objetivos gerais: o primeiro deles é representar graficamente, mediante informações obtidas no local, o estado atual do processo analisado. E o segundo é fornecer subsídios para propor um estado futuro, onde sejam eliminadas, se possível, as atividades de fluxo (espera, inspeção e transporte) e se consiga obter fluxo contínuo entre os processos (ORTIZ et al., 2012).

Dessa forma, se observa uma concordância entre os objetivos da técnica e a finalidade da produção enxuta que, no conceito de Rother e Shook (2003), consiste em obter processos nos quais se deve produzir somente o necessário e no tempo requerido para os processos seguintes de tal forma a se estabelecer um fluxo regular entre estes, sem retornos, com um *lead time* curto, maximizando a qualidade e reduzindo o custo o máximo possível (ROTHER e SHOOK, 2003).

Complementando, estes autores definem outras funções do MFV no processo de implementação da mentalidade enxuta:


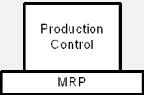
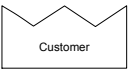
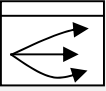
- O MFV visualiza, além do processo individual, os fluxos de todo o processo;
- Ajuda na identificação dos desperdícios no fluxo de valor;

- Fornece subsídios para propor melhorias e torna visíveis as decisões tomadas, fazendo possível a discussão dos resultados obtidos;
- Torna possível a interação entre conceitos e ferramentas, evitando assim a implementação isolada de técnicas;
- É base de um plano de implementação, pois estabelece metas e fornece o caminho para alcançá-las;
- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- O MFV é uma linguagem que pode servir como ferramenta de comunicação, planejamento de negócios ou para gerenciar o processo de mudança.

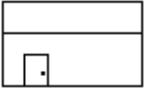
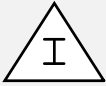

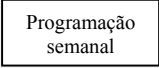
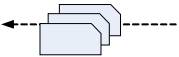


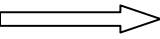



3.2.2 SIMBOLOGIA EMPREGADA NA ELABORAÇÃO DO MFV

A simbologia utilizada na elaboração do MFV foi desenvolvida por Rother e Shook (2003) com o objetivo de representar situações e atividades próprias da fábrica, porém afirmam que, caso necessário, podem ser adicionados outros símbolos, sempre e quando estes sejam conhecidos por todas as partes envolvidas. É assim, como outros setores, entre estes a construção, tem adaptado a simbologia para seu uso próprio, adicionando símbolos que representam melhor uma determinada situação (Quadro 5).




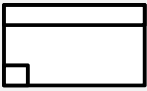

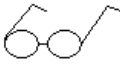






Quadro 5 - Simbologia usada no Mapeamento de Fluxo de Valor

No.	Símbolo	Representa	Observações
1		Caixa de Dados	Usa-se para registrar as informações relativas ao processo de produção, departamento, clientes etc.
2		Centro de Controle	Representa um sistema computadorizado onde se controla e se planeja a produção.
3		Cliente	Representa clientes internos e externos.
4		<i>Cross-Dock</i>	Os materiais não são armazenados, e sim movimentados dos caminhões que chegam até as linhas de espera para os caminhões que saem.



Continuação Quadro 5

No.	Símbolo	Representa	Observações
5		Depósito	Representa o local onde os materiais são armazenados, para logo serem movimentados até a área requerida.
6		Estoque	Representa o acúmulo de material estocado antes de ser processado. Deve-se indicar a quantidade e o tempo que o material dura estocado.
7		Fluxo de Informação eletrônico	Representa o meio pelo qual a informação é transmitida. Neste caso se refere ao meio eletrônico.
8		Fluxo de Informação manual	Representa o meio pelo qual a informação é transmitida. Neste caso refere-se ao meio manual.
9		Fontes Externas	Representa clientes, fornecedores e processos de produção externos.
10		Informação	Descreve um fluxo de informação.
11		<i>Kanban</i> chegando em lotes	
12		<i>Kanban</i> de produção	Cartão o dispositivo que informa que quantidade deve ser produzida por um processo.
13		<i>Kanban</i> de Retirada	Cartão ou dispositivo que instrui o operador de materiais a buscar e transferir as peças.
14		<i>Kanban</i> de Sinalização	Indica quando o ponto de reposição é alcançado e outro lote precisa ser produzido.
15		<i>Milk run</i>	Representa um método para acelerar o fluxo de materiais entre plantas, fazendo que numa mesma viagem se realize a entrega de múltiplas cargas a múltiplas plantas.
16		Movimento de Produção por sistema empurrado	Representa o material produzido e movimentado ao processo seguinte.
17		Movimento de produtos acabados para o cliente	Representa o fluxo final, onde o produto é levado até o cliente.
18		Movimento marco	Utilização para indicar marcos que correspondem a dados específicos.
19		Necessidades de Kaizen	Mostra a necessidade de melhoria em um mapa de fluxo de valor.
20		Nivelamento de carga	Ferramenta para interceptar lotes de <i>kanban</i> e nivelas o seu volume e <i>mix</i> por um período de tempo.

Continuação Quadro 5

No.	Símbolo	Representa	Observações
21		Operador	Representa a pessoa ou grupo de pessoas que esta executando a atividade. Importante informar a quantidade de operadores numa atividade.
22		Pedidos	Representa a solicitação de novos pedidos, comumente em forma eletrônica.
23		Posto de <i>Kanban</i> ou caixa de Coleta	Representa o local onde o <i>kanban</i> é coletado e mantido.
24		Processo	Representa o processo pelo qual a matéria está passando.
25		Processamento do acordo do nível de serviço	Usado para indicar uma desconexão governada por um acordo de nível de serviço.
26		Programação “vá ver”	Ajustes na programação com base na verificação dos níveis de estoque.
27		Pulmão ou estoque de segurança	Pulmão: Peças para cobrir as variações da demanda. Estoque de Segurança: protegem ao fabricante no caso de uma ineficácia no processo.
28		Repetição ou retrabalho	Representa a repetição de uma atividade ou retrabalho da mesma.
29		Retirada	Representa o retiro de material, normalmente de um supermercado.
30		Supermercado	Estoque controlado de peças, utilizado para programar a produção em um processo fluxo acima.
31		Telefone	Representa as informações urgentes transmitidas por telefone.
32		Tempo de atraso	Usado para atrasos não causados por recursos indisponíveis.
33		Transferência de quantidades controladas de material entre processos.	Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de materiais entre os processos.
34		Transporte aéreo	Fornecer a frequência de carregamento
35		Transporte ferroviário	Fornecer a frequência de carregamento

Continuação Quadro 5

No.	Símbolo	Representa	Observações
36		Transporte marítimo ou fluvial	Fornecer a frequência de carregamento
37		Transporte rodoviário	Fornecer a frequência de carregamento
38		Transporte urgente	

Fonte: adaptado e modificado do Léxico *Lean* (2011).

Cabe salientar que existem vários *softwares* que contém dentro da base de dados estas simbologias. Neste caso particular, usou-se o programa eVSM® que usa como plataforma o programa *Microsoft Visio*®. Os dois em conjunto servem para a elaboração de diagramas, esquemas, fluxogramas e, neste caso, para o desenvolvimento do MFV.

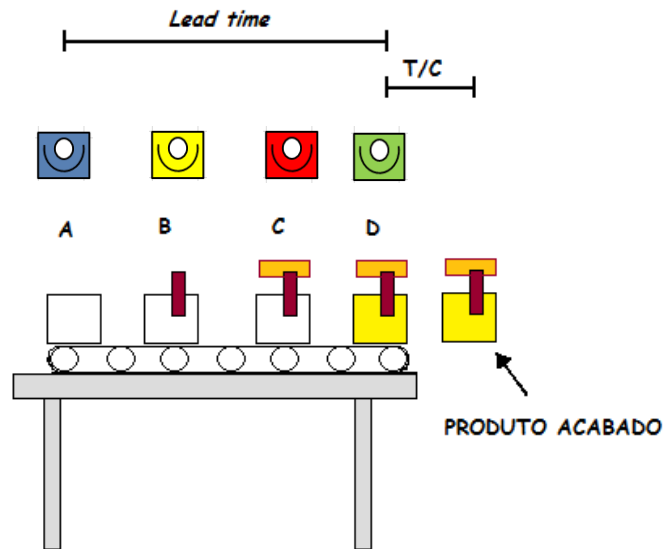
3.2.3 MÉTRICAS ASSOCIADAS AO MFV

As métricas associadas do MFV são: Tempo de ciclo de cada processo, *lead time* de cada processo, Tempo de ciclo do sistema e *lead time* do sistema.

Para definir tais métricas, apresenta-se um exemplo genérico de sequência de processos, desde a matéria-prima, para fabricar um produto qualquer (Figura 19), no qual o produto passa por quatro processos diferentes:

- Processo A: cor azul e com tempo de duração de três minutos.
- Processo B: cor amarela e com tempo de duração de cinco minutos.
- Processo C: cor vermelha e com tempo de duração de quatro minutos.
- Processo D: cor verde e com tempo de duração de dois minutos.

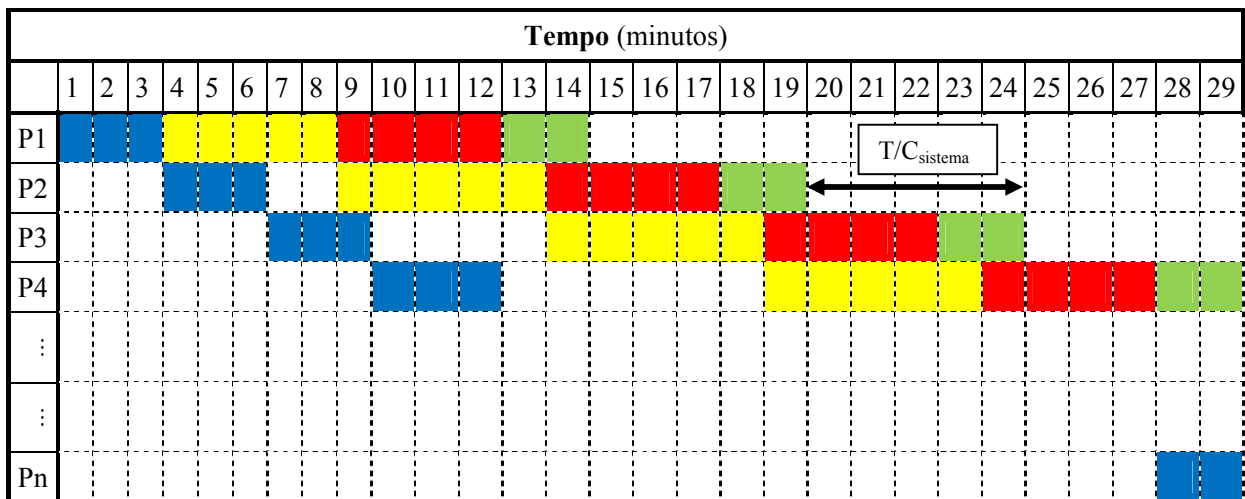
Figura 19 - Cadeia de produção de um produto “x”



Fonte: elaboração do autor.

Este conjunto de processos pode ser representado considerando seus respectivos tempos de duração e sequência de acordo com a Figura 20.

Figura 20 - Tempos de ciclo para cada processo que compõe



Fonte: elaboração do autor.

A descrição de cada métrica mencionada é feita na sequência:

- **Tempo de ciclo (T/C):** Frequência, normalmente expressada em segundos, com que uma peça ou produto é completado por um processo (ROTHER E SHOOK, 2003). Esta definição é aplicável tanto para processos individuais (máquinas e operários) quanto para a cadeia completa (produto acabado). Assim, o tempo de ciclo do operador corresponde ao tempo necessário para que este complete todas as tarefas de um trabalho em uma estação antes de repeti-las (LIB, 2011). É Também definido como o tempo entre a saída da peça 1 e a saída da peça 2. Neste exemplo tem-se:

$$T/C_A = 3 \text{ min}, T/C_B = 5 \text{ min}, T/C_C = 4 \text{ min}, T/C_D = 2 \text{ min e } T/C_{\text{sistema}} = 5 \text{ minutos}$$

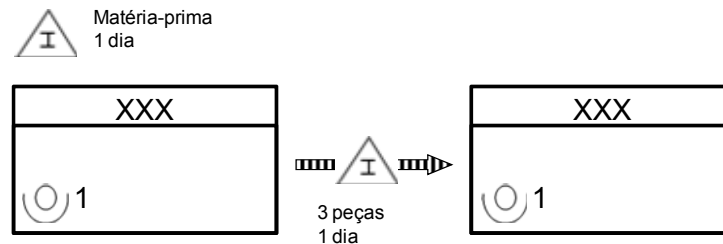
- **Lead Time:** tempo necessário para um produto percorrer todo o processo ou fluxo de valor. No caso descrito, refere-se ao tempo total de fabricação de um produto, desde a entrada matéria-prima até sua saída do sistema produtivo, passando pelos processos A, B, C e D. Salienta-se também que para cada processo há um *lead time*. Assim, o *lead lime* do total será o somatório dos *leads times* associados a cada processo mais os tempos de espera entres estes:

$$\text{Lead time} = LT_A + LT_B + LT_C + LT_D = 3 + 5 + 4 + 2 = 14 \text{ min}$$

Note-se que para cada produto o *lead time* pode variar devido à diferença de ciclos de cada processo, que à medida que a produção avança os tempos de espera (estoques) entre processos aumentam, tendo como resultado um *lead time* diferente para cada produto. Dada esta característica intrínseca do modelo, Rother e Shook (2003) sugerem levantar os dados de uma mostra intermediária do lote para se obter um dado que melhor represente a realidade.

- **Número de Operadores realizando a atividade.** No exemplo se define um operário por atividade.
- **Estoque:** Quantidade de material (ou peça transformada) estocado antes de entrar no seguinte processo. Normalmente, os estoques de matéria-prima se representam na parte superior da caixa de processo (símbolo 6 do Quadro 5), enquanto que o estoque de peça transformada se desenha entre os processos. Em cada caso, deve-se especificar a quantidade de peças estocadas e o tempo que ficam estocadas (Figura 21).

Figura 21 - Estoque de matéria-prima e estoque de produto



Fonte: Rother e Shook (2003)

- **Turnos:** número de turnos por processo e por equipamento.
- **Tempo de troca:** Tempo para mudar a produção de um tipo de produto para outro. Às vezes também chamado de setup da máquina (ROTHER e SHOOK, 2003)
- **Tamanho dos lotes de produção (TLP):** refere-se a quantidade peças por pacote a serem produzidas.
- **Esquema do PCP:** neste devem se registrar temas como a frequência da chegada do material e forma como o pedido é realizado, assim como o esquema utilizado para o planejamento e para o controle da produção.
- **Tempo takt:** definido pela demanda do mercado e do tempo disponível para produção. Este fornece o ritmo da produção para atender a demanda (ALVAREZ E ANTUNEZ, 2001). Desde outra ótica, esta métrica representa o tempo máximo que pode existir entre a finalização do produto P_k e a finalização do produto P_{k+1} para atingir a solicitação da demanda.

$$\text{Tempo Takt} = \frac{\text{Tempo de produção disponível}}{\text{Demanda do cliente}}$$

No entanto, o valor que resulta deste cálculo não é exato, mais ainda quando se analisa desde a produção do primeiro produto. Para explicar este caso, se exemplificará uma fábrica que deve produzir 50 unidades diárias, cujo *lead time* da unidade é de 14 min. (tempo para que uma unidade atravesse toda a cadeia de produção), com um tempo disponível de 8 horas no dia. Com base nessas informações se calcula que o tempo *takt* para atingir a demanda diária é de 9,6 min., é dizer que após de produzir a primeira unidade devem passar 9,6 min. (como

máximo) para terminar a segunda e assim por diante até alcançar a demanda solicitada pelo cliente (50 produtos).

$$\text{Tempo Takt} = \frac{8 \text{ horas} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{horas}}}{50 \text{ unidades}} = 9,6 \text{ min/unidade}$$

Tendo como base este valor, observa-se que a fábrica teria que trabalhar uns minutos a mais dos 480 min. do dia (8 horas), para conseguir produzir a demanda solicitada (Tabela 1).

Tabela 1 - Tempos de início e final para 50 produtos conforme o cálculo do tempo *takt*

Produto	Tempo de início (min)	Tempo final (tempo de início + 14 min)
1	0	14
2	9,6	9,6 + 14 = 23,6
3	9,6 + 9,6 = 19,2	19,2 + 14 = 33,2
4	19,2 + 9,6 = 28,8	28,8 + 14 = 42,8
5	28,8 + 9,6 = 38,4	38,4 + 14 = 52,4
⋮	⋮	⋮
50	460,8 + 9,6 = 470,4	470,4 + 14 = 484,4

Fonte: elaboração do autor a partir de Zohair e Sarraj (1990).

Nota-se que o último produto sai da cadeia aos 484.4 min., porém o dia acaba aos 480 min. Este erro acontece porque o tempo *takt* estabelece que cada 9,6 min. deve sair um produto, caso que não ocorre nos primeiros 14 min. (*lead time* de uma unidade), pois nesse tempo está sendo fabricado o primeiro produto. Para corrigir esta defasagem Zohair; Sarraj (1990) propuseram no seu trabalho uma equação que corrige isto:

$$r = \frac{Q - 1}{D - d} \quad (9)$$

Onde

r = taxa de saída por unidade de tempo

Q = quantidade de produtos a serem fabricados (demanda)

$D =$ Tempo disponível para produzir a totalidade do pedido (demanda).

$d =$ Tempo de duração para produzir uma unidade

Para encontrar o tempo *takt* nas mesmas unidades da definição, deve-se fazer o inverso do valor “r” ($1/r =$ tempo *takt*). Neste sentido, o tempo *takt* para a mesma situação passaria a ser de 9,51 min.

$$r = \frac{50-1}{(8 \times 60)-14} = 0,105$$

$$\frac{1}{r} = 9,51 \text{ min}$$

Neste caso, o tempo *takt* é de 9,51 min., 0,09 min. menos que do apresentado na Tabela 1. Assim, a partir desse valor é possível fabricar os 50 produtos em 480 min. disponíveis por dia. (Tabela 2).

Tabela 2 - Tempos de início e fim para 50 produtos conforme o cálculo do tempo *takt* com o fator de correção

Produto	Tempo de início (min)	Tempo de fim (tempo de início + 14 min)
1	0	14
2	9.51	9.51 + 14 = 23.51
3	9.51 + 9.51 = 19.02	19.02 + 14 = 33.02
4	19.02 + 9.51 = 28.53	28.53 + 14 = 42.53
5	28.53 + 9.51 = 38.04	38.04 + 14 = 52.04
⋮	⋮	⋮
50	456.48 + 9.51 = 466	466 + 14 = 480

Fonte: elaboração do autor a partir de Zohair e Sarraj (1990).

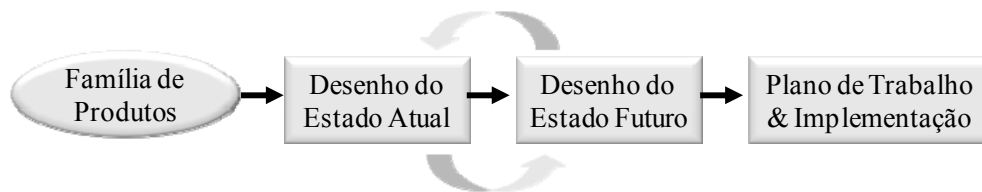
Mesmo que neste exemplo a diferença entre as duas abordagens seja mínima, é uma consideração que deve se realizar, ainda mais se o *lead time* do produto é muito superior à frequência com que deve sair uma unidade no final da cadeia de produção, como acontece no ambiente da construção. Mudando as unidades do exemplo a dias ou meses, teríamos que a produção das 50 unidades demoraria, no primeiro caso, 4,4 dias ou meses a mais. Porém no segundo caso se conseguiria entregar a totalidade da demanda na data definida pelo cliente.

- **Tempo de trabalho disponível:** Tempo efetivamente disponível por turno no processo, do qual se descontam os tempos de descanso, em reuniões e de limpeza (ROTHER E SHOOK, 2003).

3.2.4 ETAPAS PARA APLICAÇÃO DA TÉCNICA

Rother; Shook (2003) definiram quatro etapas gerais para a aplicação do MFV, explicando em cada uma, os procedimentos e elementos para sua execução (Figura 22).

Figura 22 - Etapas Iniciais do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)



Fonte: Aprendendo a Enxergar (ROTHER e SHOOK, 2003).

De maneira geral, o MFV inicia pela seleção de uma família de produtos, seguida do desenho do estado atual, a partir do qual se realiza o diagnóstico do processo. Posteriormente, se propõem melhorias e soluções, que são descritas num estado futuro que, por sua vez, serve como plano de trabalho para a implementação dessas mudanças.

3.2.4.1 FAMILIA DE PRODUTOS

Visto que uma empresa desenvolve vários produtos em várias linhas de produção, a primeira etapa do mapeamento de fluxo de valor (MFV) consiste na escolha da família de produtos, termo que se refere a “*um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos*” (ROTHER; SHOOK, 2003 p.6). Para definir esta etapa, os autores propõem realizar uma matriz, onde um dos eixos registra os produtos e no outro as etapas de montagem (Figura 23). Desta forma, é possível determinar

quais produtos são de especial interesse para o cliente e quais apresentem semelhança nas etapas de produção.

Figura 23 - Exemplo da escolha da família de produtos

	Etapas de montagem e equipamentos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	✓	✓	✓		✓	✓		
B	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
C	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
D		✓	✓	✓			✓	✓
E		✓	✓	✓			✓	✓
F	✓		✓		✓	✓	✓	
G	✓		✓		✓	✓	✓	

Uma família de produtos

Fonte: adaptado de Rother; Shook (2003).

3.2.4.2 DESENHO DO ESTADO ATUAL

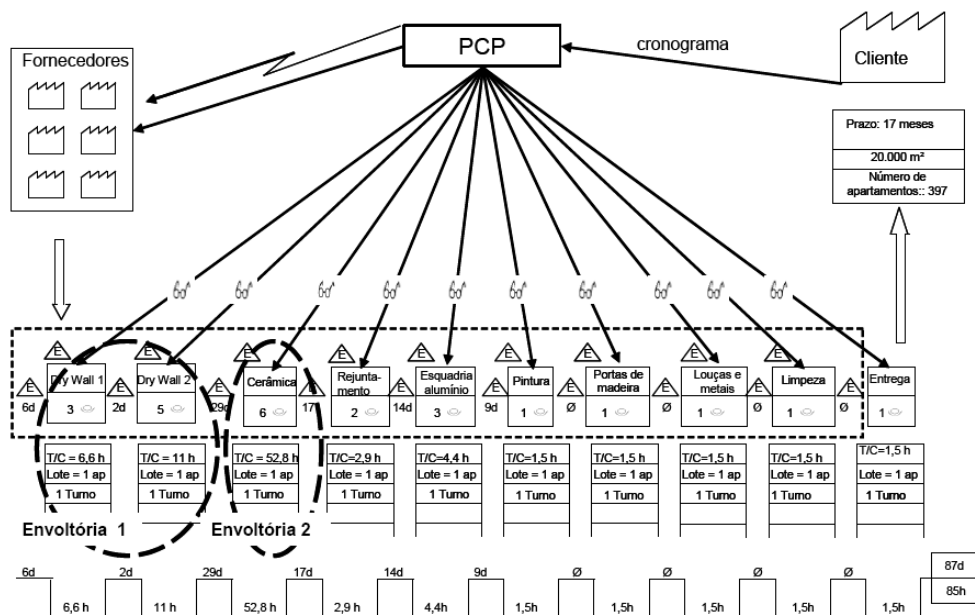
Uma vez definidas as simbologias, as métricas e escolhida a família de produtos sob a qual se realizará o MFV, o passo seguinte consiste no levantamento das informações, para o qual, se sugere começar desde a última etapa do processo (produto acabado) seguindo com os processos anteriores até chegar o início da cadeia (fornecimento de matéria-prima). Uma vez registrados os dados e realizado o croqui do modelo de produção, se elabora o MFV atual. Este, normalmente se inicia pela identificação do cliente (representado pelo símbolo 3 do Quadro 5), dos fornecedores (símbolo 9, “Fontes externas”) e o centro de controle da produção (símbolo 2 do Quadro 5). Estas informações devem ser alocadas dentro do mapa, comumente apresentado da forma como mostra a Figura 24, estabelecendo o fluxo de informação entre estes (símbolo 7 para o fluxo eletrônico e símbolo 8 para o fluxo manual). Neste ponto é necessário descrever a frequência de comunicação entre os diferentes departamentos, a frequência com que são realizados e entregues os pedidos e o modo em que os materiais chegam à fábrica.

O próximo passo consiste em desenhar os processos que compõem a cadeia de produção, partindo da esquerda para direita e na sequência das etapas do processo. Cada uma dessas deve ser representada com o símbolo 24 (processo), o símbolo 1 (caixa de dados) e as informações referentes ao processo tais como: título do processo, número de operários, T/C, tamanho do lote, turnos entre outros devem ser informados (ROTHER; SHOOK, 2003).

Após desenhar a sequência de processos os mesmos são completados com a entrega dos produtos ao cliente, indicando a frequência de entrega e o tipo de transporte usado para tal fim.

Uma vez definido o mapa geral, se inicia o detalhamento do gráfico, por meio da inclusão de símbolos e informações que o potencializarão para aprimorar suas principais funções. Neste momento, é importante mostrar o tipo de gestão que realiza o PCP em cada processo (programação, inspeção), o modo como são movimentados os subprodutos (símbolos 16, 17 e 33) e a presença de supermercados, estoques de segurança, pulmões ou sistemas *kanban* etc.

Figura 24 - Exemplo do Mapeamento de fluxo de valor atual



Fonte: Bulhões e Picchi (2011).

Finalmente, desenha-se a linha do tempo na parte inferior do gráfico, tendo em conta que nas zonas vale se situam os tempos de processamento enquanto que no ápice (cume) se

colocam os tempos do estoque da peça transformada (esperas). Com base nestes dados, é possível calcular o *lead time* do produto, o tempo de agregação de valor e o tempo total das atividades de fluxo (transporte, espera e inspeção).

3.2.4.3 DESENHO DO ESTADO FUTURO

O Mapeamento de fluxo de valor futuro representa um cenário teórico evolucionado do mapeamento atual, onde são propostas modificações para estabelecer fluxo contínuo da cadeia de valor e propor melhorias em situações específicas, observadas na etapa de diagnóstico. Para nortear este processo, Rother e Shook (2003) propõem responder oito (8) questionamentos, que facilitam o desenvolvimento dessa visão futura.

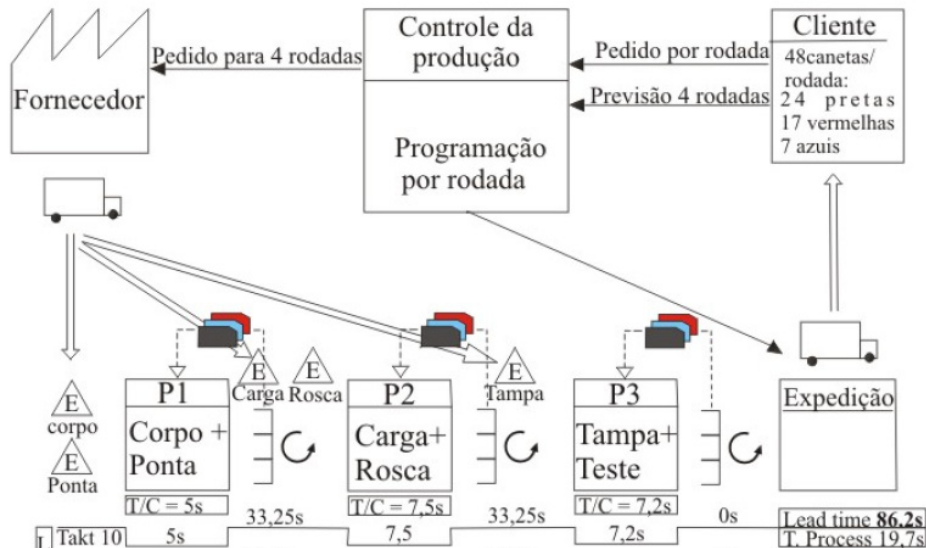
1. Qual é o tempo *takt*?
2. O produto produzido tem como destino final, um supermercado (onde os clientes puxam a produção) ou a expedição diretamente?
3. Em quais etapas da produção é possível usar o fluxo contínuo?
4. Onde é possível e necessário introduzir os sistemas puxados com supermercados?
5. Em que ponto único da cadeia de produção se programará a produção?
6. Como nivelar a produção no processo puxador?
7. Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente do processo puxador?
8. Quais melhorias devem ser implementadas para garantir o fluxo de valor proposto no mapa do estado futuro?

Conforme esses questionamentos são respondidos, prosseguisse à formulação de propostas de melhoria, as quais devem estar encaminhadas a resolver problemas específicos observados na etapa de diagnóstico e a implementar conceitos próprios da mentalidade enxuta tais como:

- Implementação dos sistemas puxados por meio da instalação de supermercados e sistemas *kanban*, por exemplo;
- Estabelecer fluxo contínuo entre os processos;
- Eliminação de atividades de fluxo (transporte, espera e inspeção);
- Redução de tempos de troca e tempos de *set up*;
- Redução de estoques entre processos.

Em seguida se apresenta um exemplo do MFV futuro (Figura 25).

Figura 25 - Exemplo de MFV futuro



Fonte: tomado de Costa e Jungles (2006).

3.2.4.4 PLANO DE TRABALHO E IMPLEMENTAÇÃO

Esta etapa consiste no planejamento e posterior implementação das melhorias propostas no mapeamento futuro. Para isto, Rother; Shook (2003) propõem, como estratégia de ataque, dividir as propostas em etapas e executá-las paulatinamente. Em cada uma, sugere-se determinar os objetivos principais, planejar as atividades (como e quando fazer), definir metas quantificáveis, estabelecer objetivos (benchmarking com outras empresas por exemplo), definir estratégias de controle para monitorar os avanços e determinar as pessoas que estarão envolvidas na mudança.

Uma vez definida a subdivisão das propostas surge o questionamento de determinar por qual destas se iniciará a mudança, para o qual pode se seguir o raciocínio de escolha definido por Rother; Shook (2003):

- Por proximidade do cliente final: enquanto o processo puxador se tornar mais eficaz e confiável, obrigará a que problemas em processos anteriores sejam visíveis (BULHÕES, 2009).
- Por maior probabilidade de sucesso: dessa forma os resultados se verão em um curto prazo, fato que estimula o *Kaizen*, e demonstra as vantagens da técnica e os benefícios do pensamento enxuto de forma geral.
- Por impacto financeiro: este ponto é essencial, visto que as melhorias de menor investimento geralmente são mais fáteis de executar, apresentam menos riscos e requerem de menor tempo de resposta.
- Por facilidade de aplicação: este tem a ver com a estabilidade da proposta, visto que esta deve contar com os recursos necessário para sua execução, principalmente operários capacitados que compreendam o plano de ação.

3.2.5 APLICAÇÃO DO MFV NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na tentativa de transferir os conceitos da produção enxuta à construção civil, vários autores têm optado por escolher o MFV para subsidiar este processo. No entanto, esta técnica foi originada no ambiente da indústria da manufatura que, a diferença da construção, se caracteriza por contar com processos industrializados, padronizados, com uso de tecnologias de alto nível e sistemas de controle de qualidade rigorosos. Este fato cria uma dificuldade na aplicação do MFV num canteiro de obras, que faz com que os autores realizem uma adaptação própria para sua utilização.

Com o intuito de entender estas adaptações, realizou-se um levantamento bibliográfico, onde se listam alguns trabalhos que utilizaram o MFV como base para o desenvolvimento do mesmo (Quadro 6).

Quadro 6 - Bibliografia consultada referente ao uso do MFV na construção civil

	Título	Autores	Ano
1	Identificação de desperdícios através de ferramentas de <i>Lean Thinking</i> aplicadas a estudos de caso do Fluxo de Negócios	REIS; PICCHI	2004
2	A aplicação da mentalidade enxuta numa indústria de pré-fabricados de concreto	CANOVA	2005
3	Utilização do mapeamento de fluxo de valor para avaliação da produção de lajes Pré-fabricadas-Estudo de caso: Obra Jardim das Torres - São Carlos/SP	RODRIGUES; TIRINTAN; PICCHI	2005
4	Integração da gestão da fabricação e montagem de peças de concreto pré-fabricado <i>In-situ</i> usando conceitos <i>Lean Thinking</i>	GALLARDO; GRANJA; PICCHI	2005
5	Mapeamento do fluxo de valor na construção: Estudo de Caso em uma Construtora Brasileira	PASQUALINI	2005
6	Diagramas de influência para uma cadeia de suprimentos da Construção Civil - Estudo de caso preliminar na cadeia de Pré-fabricados de concreto	FONTANINI; PICCHI	2008
7	Fluxo contínuo em projetos estruturais para obras em pré-fabricados de concreto	BULHÕES; PICCHI	2008
8	<i>Development of lean model for house construction using Value Stream Mapping</i>	YU; TWEED; AL- HUSSEIN	2009
9	Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações	BULHÕES; PICCHI	2011
10	<i>Green-Lean approach for assessing environmental and production waste in construction</i>	ROSENBAUM, TOLEDO, GONZALEZ	2012

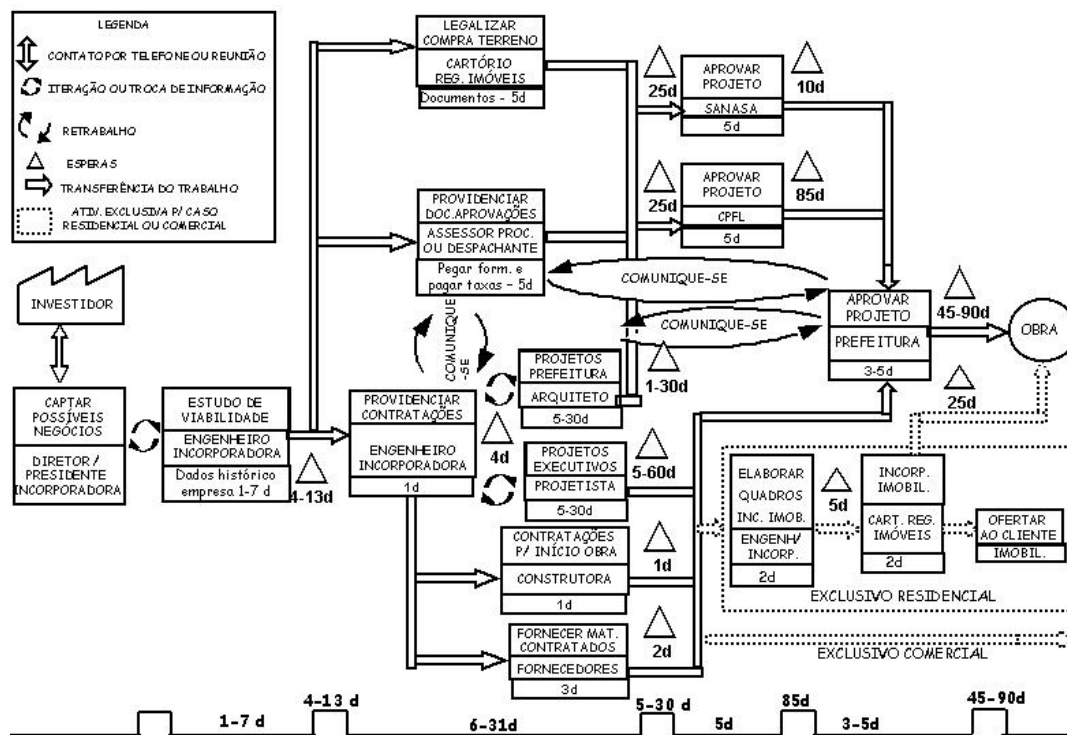
Fonte: elaboração do autor.

No processo de entendimento dessas pesquisas, notaram-se algumas diferenças referentes a conceitos, métodos de coleta de dados e formas de representar as informações. Isto não significa que os diferentes entendimentos estejam errados, mas por outra parte, mostra a necessidade de criar uma metodologia que unifique os conceitos e estabeleça parâmetros claros para a aplicação da técnica na construção civil. Em seguida é apresentado um breve resumo de cada trabalho, mostrando o MFV atual, as principais adaptações realizadas (referente ao MFV), e o aporte realizado tanto na ferramenta quanto na construção civil.

3.2.5.1 REIS E PICCHI (2004)

Esta pesquisa teve como foco do estudo o fluxo de negócios, mas especificamente as atividades anteriores à execução da obra, tais como: captação de negócios, estudo de viabilidade, legalização da compra do terreno, solicitação de projetos (as *built*), contratação de empreiteiros, avaliação dos projetos na prefeitura, entre outras. A proposta basicamente consistiu em elaborar um diagnóstico, usando o MFV, para identificar os desperdícios existentes nesse fluxo e, em seguida, lançar propostas de melhorias, que o tornassem mais produtivo, utilizando ferramentas decorrentes da filosofia enxuta (REIS; PICCHI, 2004) (Figura 26).

Figura 26 - MFV atual do fluxo de negócio



Fonte: tomado de Reis; Picchi (2004).

Para coletar essas informações, os autores entrevistaram engenheiros responsáveis pelas etapas de incorporação de empreendimentos residenciais e comerciais na região de Campinas,

obtendo assim, as sequências das atividades, com seus respectivos tempos de duração (REIS; PICCHI, 2004).

Destaca-se neste artigo, a aplicação do MFV em outras etapas diferentes à produção como tal, mostrando assim, diferentes aplicabilidades e a capacidade de se adaptar em outros contextos para contribuir com o entendimento e a proposição de melhorias. Por outra parte, Observou-se diferenças referentes às diretrizes apresentadas neste capítulo, mais especificamente com a forma de apresentar o mapa: simbologia e esquematização.

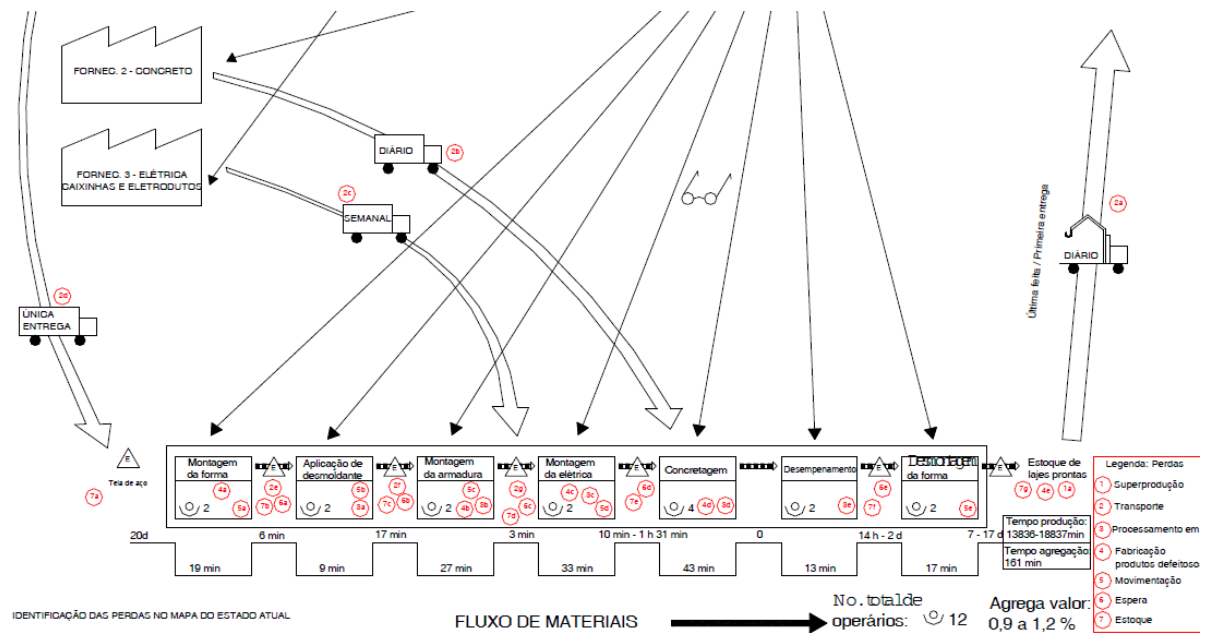
3.2.5.2 CANOVA (2005)

O trabalho desenvolvido por Canova (2005), de maneira geral, relata e analisa a implantação da mentalidade enxuta em uma indústria de pré-fabricados de concreto, focando-se nos fluxos de informações desde o contato com o cliente, passando pelas etapas de orçamento, contratação, concepção do projeto e entrega da obra. A análise realizada pelo autor se baseia na elaboração do MFV atual a partir de entrevistas realizadas a vários colaboradores para entender o fluxo das etapas antes descritas. Após esta etapa, o autor propõe algumas melhorias que são formalizadas num MFV futuro e implementadas em grande parte no fluxo real da empresa.

3.2.5.3 RODRIGUES, TIRINTAM E PICCHI (2005)

Este trabalho teve como objetivo estudar e analisar o potencial de aplicação do MFV na produção de lajes pré-fabricadas em obra, a partir de um estudo de caso em uma construtora de médio porte na cidade de São Carlos/SP. Basicamente, o autor aplicou o MFV no processo de fabricação de lajes, partindo desde a montagem da forma até a estocagem de lajes prontas, com um diferencial importante, que consistiu em identificar e classificar diferentes causas para cada um dos desperdícios identificados por Ohno no item 2.1.2. Assim, por exemplo, se identificaram algumas razões das perdas ocorridas por produtos defeituosos como: montagem da fôrma **(4a)**, montagem da armadura **(4b)**, montagem da elétrica **(4c)** e concretagem **(4d)**. Figura 27.

Figura 27 - MFV do estado atual do processo de fabricação de lajes de concreto pré-fabricadas



Fonte: Rodrigues; Tirintam e Picchi (2005).

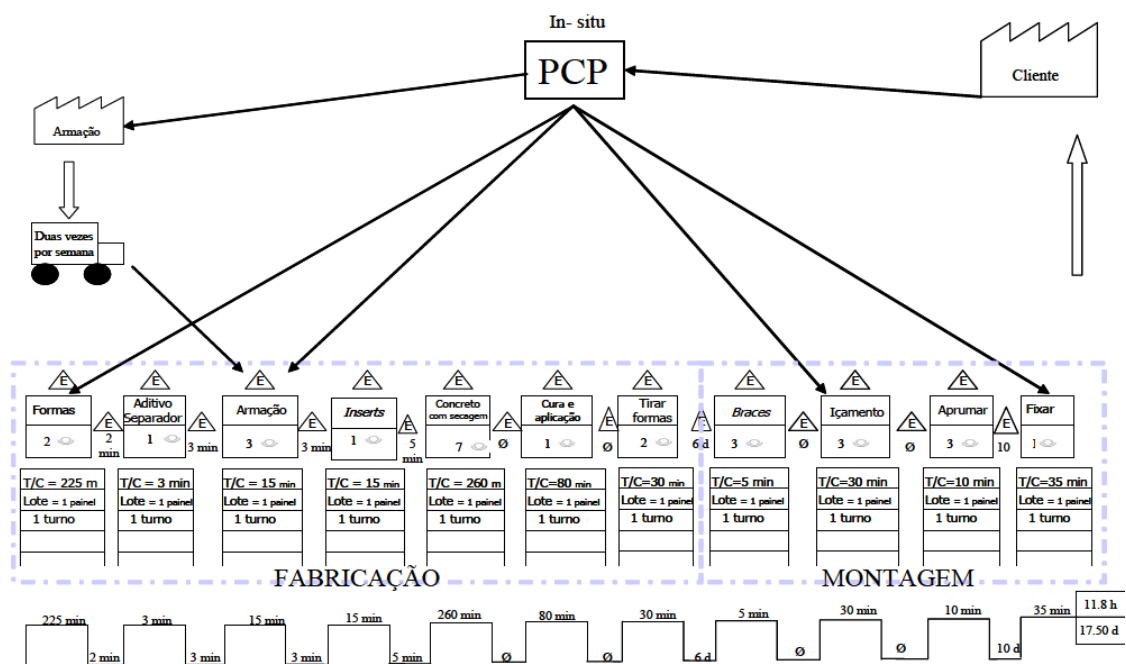
O principal aporte realizado neste trabalho com respeito à utilização do MFV foi a definição de uma série de razões que causaram algum tipo de desperdício em cada um dos processos analisados. Assim, os autores definiram sete categorias (devido aos sete tipos de desperdício), que por sua vez se dividiram em vários tipos, conforme as causas que encontraram ao longo do estudo. No caso das perdas no processamento em si, por exemplo, houve cinco causas: **3a**: não há controle da aplicação do desmoldante (vaselina) na forma da laje; **3b**: no momento da montagem da armação, há locais onde é necessário cortar pedaços da tela para ajustar à forma; **3c**: não há controle da metragem de eletrodutos utilizados na laje; **3d**: na etapa de concretagem sempre ocorrem perdas resultantes do lançamento de concreto para fora da fôrma; **3e**: o desempenamento sempre lança os excessos de concreto para fora da laje.

Esta abordagem demonstra a flexibilidade da técnica, quando utilizada em outras indústrias, e seu potencial para se adaptar a diferentes contextos e exigências.

3.2.5.4 GALLARDO; GRANJA; PICCHI (2005)

A pesquisa desenvolvida por Gallardo *et al.* (2005) focalizou a aplicação dos princípios e técnicas *lean* para identificar oportunidades de melhorias na gestão da produção e na montagem de elementos pré-fabricados de concreto *in-situ*. Para isto, foi desenvolvido um mapa de fluxo de valor atual, tomando como base o processo genérico de produção e montagem de pré-fabricados pelo sistema *Tilt-up*, a partir de estudos de caso e a experiência dos praticantes do sistema. Finalmente, desenhou-se um MFV Futuro, onde se identificaram mudanças na gestão do processo, incorporando conceitos *lean* (Figura 28).

Figura 28 - MFV atual desenvolvido para retratar a fabricação e montagem de pré-fabricados do sistema Tilt-up



Fonte: Gallardo, Granja e Picchi (2005)

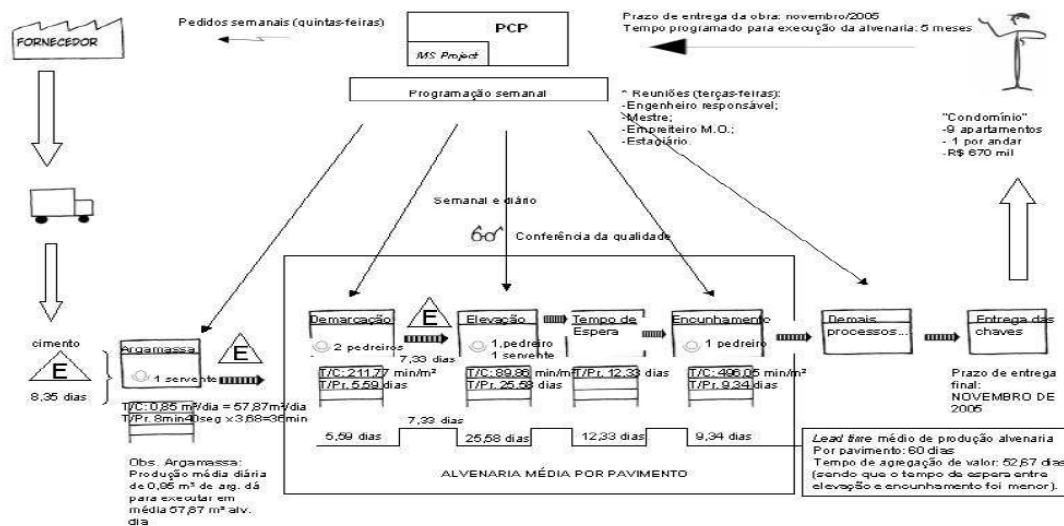
Nota-se que nesta abordagem não foram adicionadas novas informações; pelo contrário, foram seguidos os procedimentos descritos por Rother; Shook (2003).

3.2.5.5 PASQUALINI (2005)

O trabalho desenvolvido por Pasqualini (2005) apresenta uma adequação e aplicação do MFV numa construtora brasileira, com o intuito de identificar uma série de problemas e propor ações de melhoria na produção da alvenaria de um pavimento tipo, incluindo desde a produção de argamassa até encunhamento e entrega ao processo posterior (PASQUALINI, 2005).

A autora afirma que devido às diferenças entre manufatura e construção, foi necessário realizar uma adequação da técnica, como se mostra em seguida na Figura 29.

Figura 29 - MFV atual do processo de alvenaria de um pavimento tipo numa obra brasileira



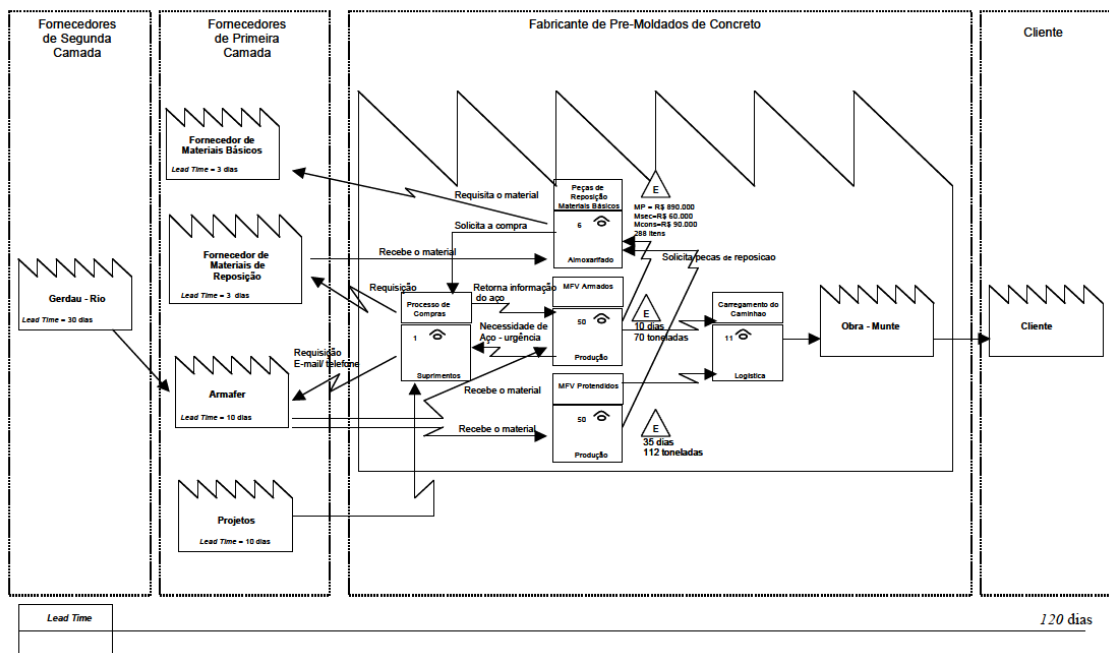
Fonte: Pasqualini (2005).

Observa-se uma abordagem diferente do lote do estudo, visto que o produto macro é um pavimento, que a sua vez se compõe de subprodutos que, depois de realizados repetidas vezes, complementam o produto macro (m³ de argamassa, m² de elevação de alvenaria etc.). Este fato obriga à inclusão de uma variável nova chamada de tempo de produção (T/Pr) que, neste caso, é o resultado da multiplicação do tempo de ciclo de cada subproduto pelo quantitativo do serviço.

3.2.5.6 FONTANINI; PICCHI (2008)

Este trabalho focou a cadeia de suprimentos de uma empresa fabricante de pré-moldados. Em numa primeira etapa foram identificados desperdícios e etapas que não agregam valor, por meio de levantamento de dados e entrevistas que, posteriormente, resultou num macro mapa de fluxo de valor. Em seguida, foram realizados diagramas de influência para representar o fluxo atual e uma proposta de melhoria, baseada no conceito de *Just in time* e o gerenciamento de suprimentos (FONTANINI; PICCHI, 2008) (Figura 30).

Figura 30 - Macro mapa de fluxo de valor da cadeia de aço

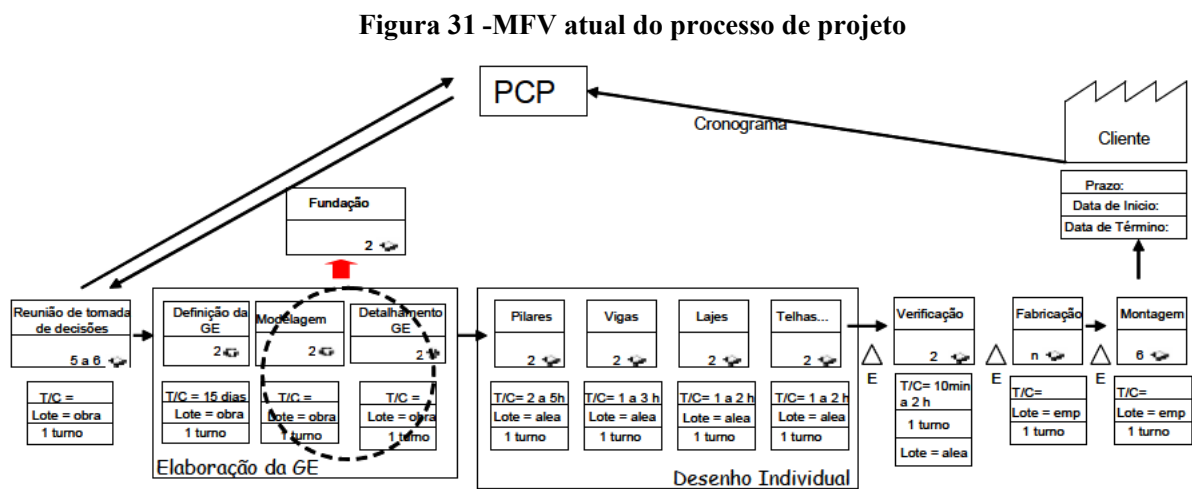


Fonte: Fontanini e Picchi (2008)

Adicionalmente, os autores propuseram relacionar estas técnicas com *softwares* de simulação, demonstrando assim, a possibilidade de utilizar outro tipo de tecnologias em parceria com as técnicas da filosofia enxuta.

3.2.5.7 BULHÕES; PICCHI (2008)

Diferentemente dos outros artigos, este enfoca na aplicação dos conceitos *lean* na etapa de projeto, especificamente no projeto de estruturas. O objetivo principal consistiu em implementar “*fluxo contínuo no processo de projetos estruturais para obras de montagem de estrutura pré-fabricada, com ênfase na redução do tamanho do lote de projeto*” (BULHÕES; PICCHI, 2008 p.1) (Figura 31).



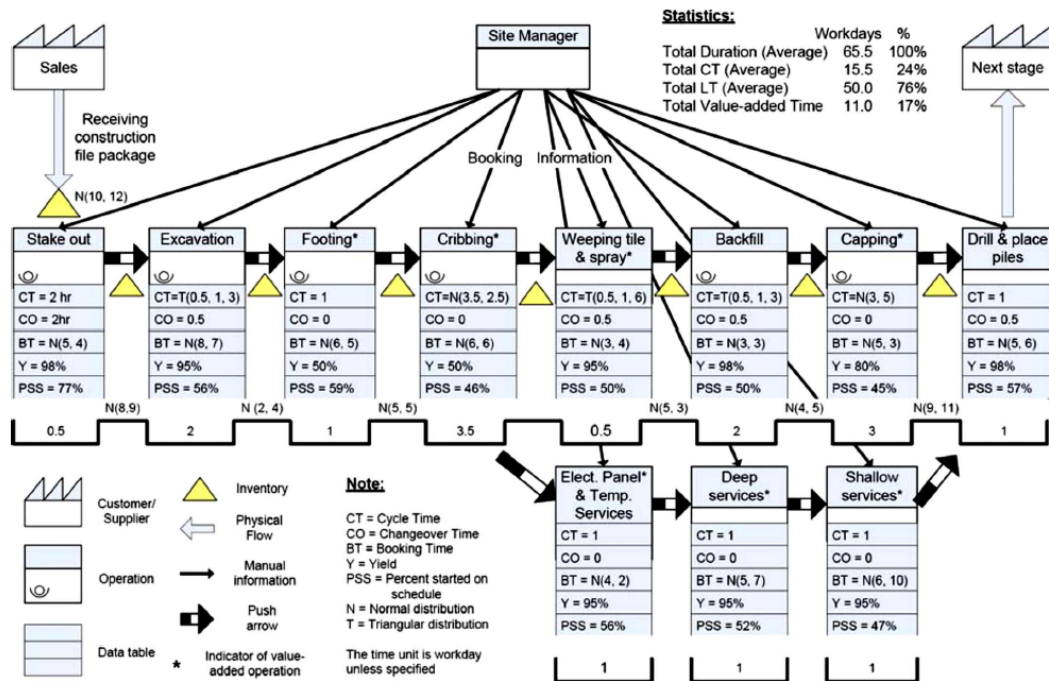
Deste estudo, os autores destacam a importância do MFV na compreensão e análise da formação de valor no processo e a consideram a técnica chave para a proposição de melhorias, visando a implementação de fluxo contínuo.

3.2.5.8 YU; TWEED E AL-HUSSEIN (2009)

Neste trabalho, os autores, em colaboração com uma construtora, realizaram uma abordagem sistemática baseada na técnica do MFV, para analisar o estado atual de um processo e formular um modelo de produção enxuto na construção de casas. No desenvolvimento do MFV, podem ser observadas algumas adaptações e diferenças com respeito ao descrito nos trabalhos anteriores. Em primeiro lugar, Yu *et al.* (2009) redefiniram conceitos como tempo de ciclo e *lead*

time, e criam outros elementos como *Booking time* (BT), Porcentagem de atividades começadas de acordo com o cronograma (PSS), *Yield* entre outros (Figura 32).

Figura 32 - MFV atual desenvolvido para descrever o primeiro estágio do processo de uma casa



Fonte: tomado de Yu; Tweed e Al-Hussein (2009).

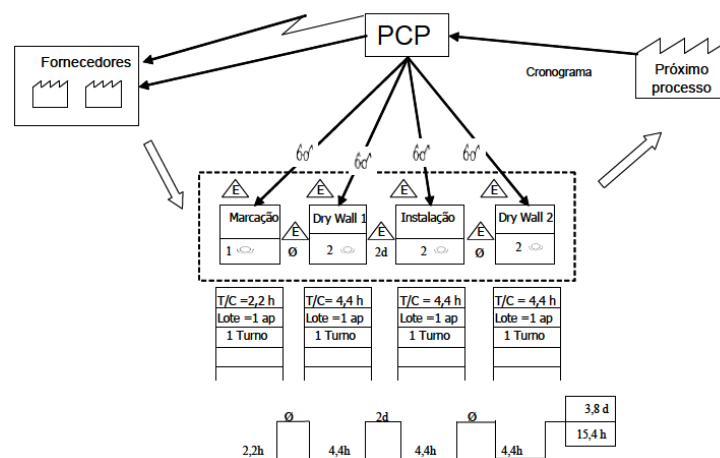
Destaca-se a inclusão da variável “*yield*” que expressa a porcentagem de casas que atravessam o fluxo sem realizar retrabalhos. De igual forma, é importante destacar a forma como os autores classificam, por meio de um asterisco, as atividades como sendo de processamento ou de operação, segundo a classificação de Shingo (2010). Por último, nota-se que os autores adaptaram a técnica às necessidades do estudo por meio da adição de novas variáveis que potencializaram a técnica, demonstrando que esta ferramenta é dinâmica, sendo conceitualmente conhecida e aplicada por pesquisadores e empresas e não formalmente definida de maneira que as pesquisas acadêmicas fiquem limitadas somente ao conceito original.

3.2.5.9 BULHÕES; PICCHI (2011)

Este trabalho se enfoca na aplicação do fluxo contínuo no ambiente da construção civil. O objetivo principal é “*propor diretrizes para a implementação de fluxo contínuo na construção civil, com base nos conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta*” (BULHÕES; PICCHI, 2011). Para o desenvolvimento deste, os autores escolheram como estratégia de pesquisa a pesquisa-ação, partindo de dois estudos empíricos realizados em obras de edificações. Em cada caso aplicou-se uma série de técnicas para dar início a transformação, dentre as quais se destacam a LDB e o MFV.

Inicialmente, os autores realizaram um MFV macro de um apartamento, desde a instalação do *dry wall*, incluindo instalação da cerâmica, esquadria, pintura, limpeza e entrega ao cliente interno. A partir dessa análise, os autores decidiram realizar um estudo mais detalhado da execução do *dry wall*, pois havia um interesse particular na implementação de fluxo contínuo nestas atividades (Figura 33).

Figura 33 - MFV atual do *dry wall*



Fonte: Bulhões e Picchi (2011).

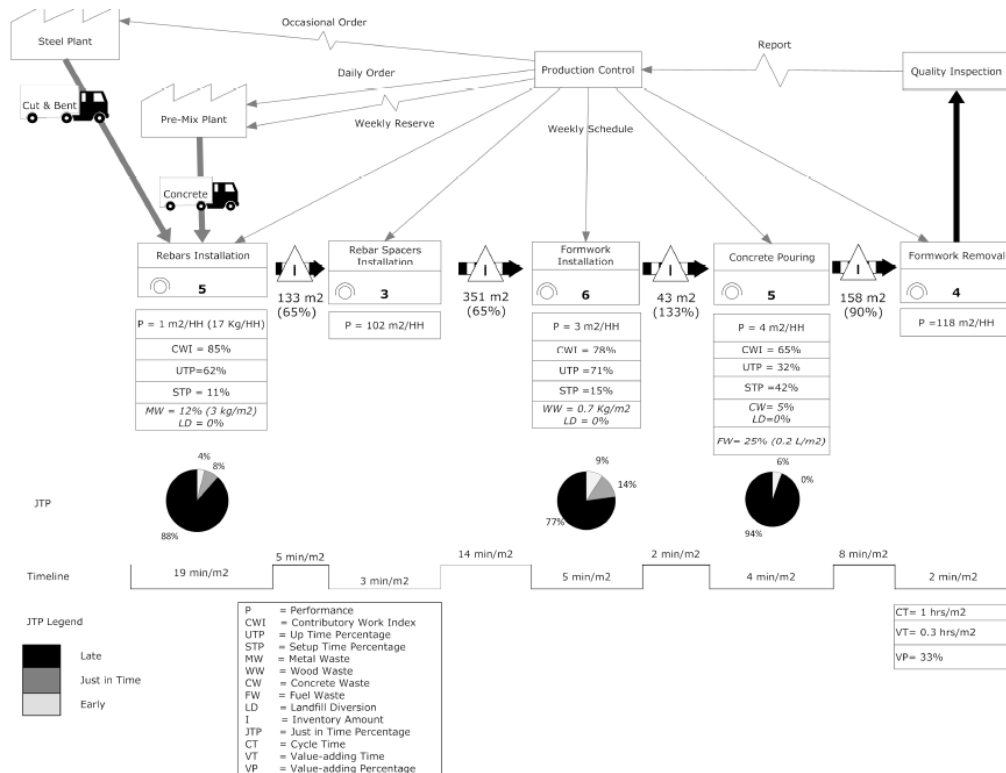
Com base na análise do MFV e nas outras técnicas utilizadas (LDB, GBO, TTCP), foi possível definir ritmos de produção, balancear as atividades dos operários, definir as causas das perdas, entre outras. Destaca-se assim, a utilização de duas técnicas (LDB e MFV) para diagnosticar as obras, visto que em cada uma podem ser observadas diferentes situações do processo. Na LDB, por exemplo, observam-se ritmos de produção, sequência das equipes e

intervalos de espera entre atividades. Por outra parte, o MFV revela fluxos de informação e material, tempos de agregação de valor, trabalho e progresso e desperdício entre outras.

3.2.5.10 ROSEMBAUN; TOLEDO E GONZALEZ (2012)

Este trabalho analisa a construção de um hospital, especificamente, a produção da estrutura de concreto, sob a ótica da construção enxuta e da sustentabilidade. Para tal fim, os autores tomaram como ferramenta base o MFV, o qual foi adaptado por meio da incorporação de uma série de variáveis relacionadas com a sustentabilidade, produtividade e controle de perdas (ROSEMBAUN, TOLEDO e GONZALEZ 2012). Na Figura 34 mostra-se o MFV atual, com a incorporação de algumas variáveis.

Figura 34 - MFV atual das paredes de concreto



Fonte: Rosembaun; Toledo e Gonzalez (2012).

Salienta-se a forma particular como foi usada a ferramenta, mudando alguns elementos e adicionando outras informações, porém mantendo o conceito básico, que é retratar a cadeia de produção de um produto determinado e, por meio deste, encontrar desperdícios e situações em divergência com a filosofia enxuta. Adicionalmente, os autores registraram informações que tem a ver com outras áreas, como a perda de recursos físicos (materiais e mão de obra), que por sua vez envolvem temas de sustentabilidade do canteiro de obras. Isto demonstra que a técnica do MFV pode ter diferentes aplicabilidades e evidencia, por outra parte, a compatibilidade entre a construção enxuta (filosofia enxuta em geral) e temas ambientais.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista da funcionalidade, o MFV se constitui numa importante técnica para o encontro de ineficiências e a análise dos processos sob a visão da agregação de valor. Esta técnica é, de fato, o primeiro passo para a implementação dos conceitos *lean*, visto que permite a análise do modelo de produção como um todo, facilita a identificação de desperdícios e situações em divergência com os conceitos e sua aplicabilidade é fácil e de baixo custo.

No entanto, observa-se que a técnica original, com seus elementos e componentes, não consegue satisfazer as exigências específicas do setor da construção civil, devido, basicamente, às diferenças entre os modelos (tecnologia, cultura etc.), o que obriga a passar por um processo de adaptação adequada.

Estas adaptações, em sua maioria não mudam as funções e conceitos principais da técnica, e sim a potencializam por meio da agregação de variáveis que dentro da construção civil se tornam importantes. Assim, nota-se que em cada pesquisa os autores incluíram informações adicionais, com o intuito de obter maiores benefícios nos respectivos estudos, demonstrando, assim, que o MFV é uma técnica dinâmica que, mesmo tendo conceitos definidos, permite mudanças que agregam valor aos estudos que se realizam a partir desta.

Por outra parte, evidenciou-se que a LDB é uma técnica visual importante que além de ser usada no planejamento, pode também ser utilizada no processo de diagnóstico, principalmente, pela forma como esta relaciona a unidade de produção com as atividades, com os tempos de duração e suas respectivas equipes.

Finalmente constatou-se que, mesmo que as duas técnicas se elaborem a partir da mesma base de informações, cada uma oferece uma visão diferente, conseguindo extrair maiores conclusões, complementando-se entre si para gerar uma análise mais abrangente.

4 ESTUDO EXPLORATÓRIO

O primeiro trabalho prático desenvolvido se deu através do estudo exploratório realizado na cidade de São Carlos - SP. De maneira geral, o estudo consistiu em aplicar o MFV numa obra que faz parte do PMCMV, que se compõe de 15 blocos de edifícios em alvenaria estrutural de cinco pavimentos com quatro unidades habitacionais cada. Todos os apartamentos se constituem de sala, cozinha, banheiro e dois dormitórios, completando em total uma área de 42,25 m² por apartamento e uma área de 184 m² por pavimento.

Foi focado nas atividades desenvolvidas para a produção de um pavimento, analisando desde a execução da alvenaria até a concretagem da laje pré-fabricada protendida com preenchimento em EPS e capa de concreto usinado. A coleta de dados se iniciou no dia 13/02/2012, após o término da fundação e o contrapiso do primeiro pavimento, e foi finalizada no dia 29/02/2012, com a concretagem da laje do primeiro pavimento (ORTIZ, VIVÁN, PALIARI, 2012).

Este estudo contribuiu com o entendimento do MFV, mostrou a suas vantagens quando usado na construção, porém também gerou uma série de questionamentos que propiciou uma nova abordagem desta ferramenta, composta por novas variáveis, adaptadas às exigências observadas no estudo realizado. Estas ideias são discutidas a seguir.

4.1 INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA POTENCIALIZAR O MFV NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Um das lições aprendidas no estudo exploratório é que o MFV, na sua versão original, carece de certos elementos que dentro da construção civil se tornam importantes para realizar um processo de diagnóstico diferenciado. Esta afirmação se evidenciou também em cada uma das pesquisas referenciadas no capítulo 3, onde foram adicionadas certas informações para melhorar as funções do MFV.

Com base nisto, na sequência são apresentadas as informações que serão utilizadas nesta técnica para potencializar seu uso. Tais informações visam fornecer um retrato mais detalhado do

produto e, conseqüentemente, evidenciam melhores condições para a identificação de desperdícios e aprimoramento dos processos sob a ótica da agregação de valor e da qualidade. Cabe salientar que estas propostas são o resultado do estudo exploratório e das pesquisas estudadas sob o uso do MFV.

4.1.1 VARIÁVEL DE QUALIDADE

A primeira etapa do MFV consiste em diagnosticar a produção do produto escolhido. Para isto, é importante fornecer a maior quantidade de informações e, assim, obter um panorama mais completo do processo. A partir disto, nota-se que não é suficiente somente coletar as informações relacionadas com a produtividade do processo, pois estas não trazem informações sobre a qualidade do serviço, o que resulta, muitas vezes, em atividades realizadas com alta produtividade, porém com baixa qualidade. Seguindo este raciocínio, se propõe inserir uma variável de qualidade na representação do MFV que indique, de forma simples, a conformidade ou inconformidade da qualidade de uma atividade. Desta forma, se espera fomentar ações gerenciais que melhorem a qualidade e evidenciar o incremento desnecessário no *lead time*, consequência das atividades de retrabalho. Portanto, se propõe classificar a qualidade do produto executado em quatro (4) níveis, segundo a seguinte definição: “um serviço bem executado prescinde de ser refeito” (SANTANA et al., 1994) (Quadro 7).

Quadro 7 - Níveis de qualidade propostos para inserção no MFV

Qualidade	Sigla
Serviços que não requerem retrabalhos e não afetaram outros processos	Q1
Serviços que foram executados satisfatoriamente, porém afetaram de alguma forma, outros serviços, precisando de atividades de retrabalho.	Q2
Serviços que apresentaram alguma não-conformidade e, por isto, requerem retrabalhos no próprio serviço, porém sem afetar outros.	Q3
Serviços que requerem retrabalhos e, além disso, afetaram outros processos, gerando retrabalhos nestes.	Q4

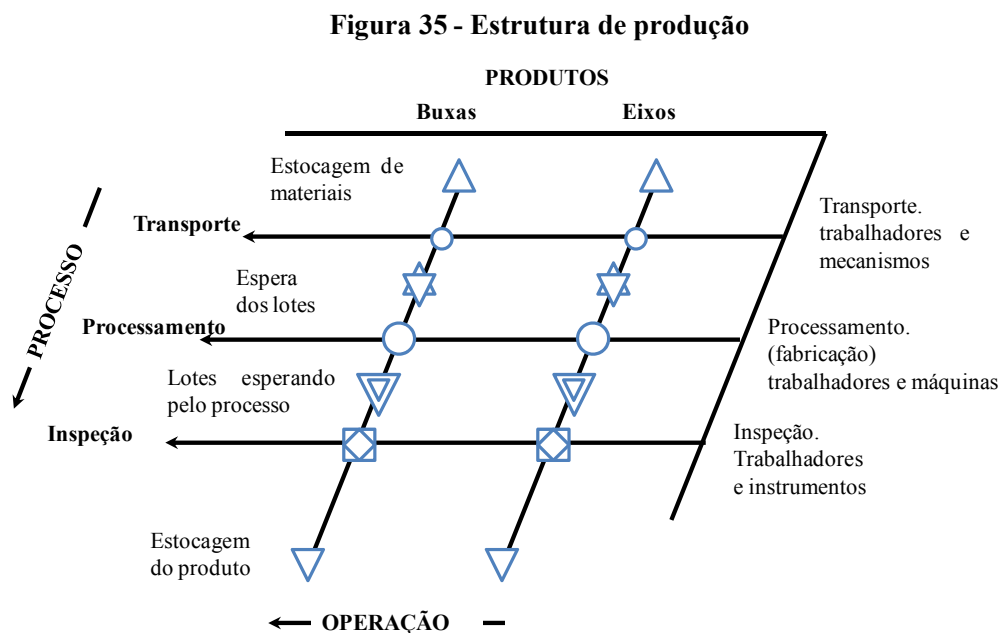
Fonte: elaboração do autor.

O objetivo principal desta variável não é analisar a qualidade do serviço nem realizar uma revisão detalhada do mesmo. A ideia, basicamente consiste em fornecer ao leitor uma variável que lhe indique que dentro do processo existem atividades que estão requerendo retrabalhos e, por isto, se verá afetado o tempo total de produção (ORTIZ et al., 2012).

4.1.2 VARIÁVEL DE CLASSIFICAÇÃO DE AGREGAÇÃO DE VALOR

Na visão de Koskela (1992), o modelo de produção na construção civil é composto por atividades de conversão e atividades de fluxo (transporte, espera e inspeção). Estas últimas são consideradas desperdício e podem ser eliminadas, ou não, dependendo da sua importância dentro da produção. No entanto, se tem observado que existem atividades importantes que, mesmo não convertendo a matéria num outro produto, consomem tempo e são essenciais no processo de produção.

Na visão de Shingo (2010) a produção se compõe de dois eixos que se interseccionam: fluxo de processos e fluxo de operações (Figura 35).

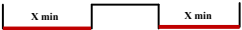


Fonte: Shingo (2010).

O primeiro (processos) refere-se ao fluxo que a matéria-prima atravessa até se tornar um produto final. Este contém atividades de processamento, inspeção, transporte e espera. O segundo foca o trabalhador e sua relação com o espaço e o tempo. Este fluxo envolve operações principais, concessão de tempos adicionais (necessidades físicas, incidentes, fadiga), além de preparação e limpeza.

É evidente que a construção civil também apresenta tais atividades, porém a parcela dos fluxos de operações dentro do tempo total gasto na produção pode ser muito maior ao apresentado na indústria seriada, o que justifica a importância de se realizar uma análise diferenciada para os fluxos do processo e os fluxos de operações. Com base no exposto por Shingo (2010), se propõe utilizar esta abordagem para classificar as atividades que compõem o fluxo dentro da construção (Quadro 8).

Quadro 8 - Classificação das atividades e representação no MFV

Classificação das atividades		Sigla	Representação na linha de tempo
Koskela (1992)	Shingo (2010)		
Atividades de conversão	Atividades de processamento	AP	
Atividades de fluxo	<p>Fluxo de processos</p> <p>Espera Transporte Inspeção</p> <p>Fluxo de operações</p> <p>Operações principais, tempos adicionais etc.</p>	AF	
		FO	

Fonte: elaboração do autor

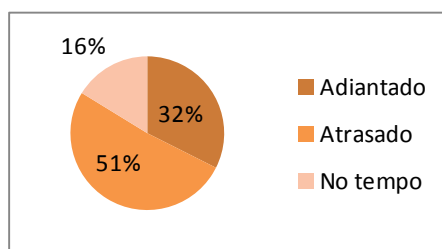
As atividades de processamento se referem a toda ação que transforma a matéria em algo requerido pelo cliente e, portanto não podem ser eliminadas, mas sim susceptíveis de melhorias. As atividades de fluxo, chamadas também de desperdício, envolvem qualquer atividade de transporte, espera ou inspeção e são o maior alvo de eliminação e melhoria da eficiência. O fluxo de operações se refere a todas as atividades complementares que, embora não gerem transformação nos produtos, são necessárias, porém podem ser susceptíveis de melhoria e até mesmo sua eliminação (SHINGO, 2010). Portanto pode se considerar que estas agregam

valor, mas não no cliente final e sim num cliente interno. A partir da abordagem de Shingo (2010) podem ser criados gráficos que mostrem a composição percentual dos tipos de atividades e, assim, fornecer subsídios para a proposição de soluções hierarquizadas e focalizadas.

4.1.3 PORCENTAGEM DE ATIVIDADES FINALIZADAS CONFORME CRONOGRAMA

Um dos grandes problemas que apresentam as obras é a dificuldade de executar as atividades conforme o programado no planejamento, no sentido que as datas programadas de finalização de cada atividade dificilmente são cumpridas. Neste sentido, cada atividade pode concluir sua execução com antecedência, posteriormente ou na data programada. Com base nisto, Rosembaun et al. (2012) propuseram incluir uma variável que indica a porcentagem de atividades que finalizam antes, depois ou conforme o cronograma. Assim, o gráfico mostraria a porcentagem de atividades finalizadas após o prazo programado (após a data programada), antes do prazo programado (antes da data programada) e no prazo programado (conforme a data programada) (Figura 36).

Figura 36 - Cumprimento do cronograma.






















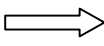
Fonte: adaptado de Rosembaun; Toledo e Gonzalez (2012).

Esta variável se torna importante para obter outro tipo de conclusões na análise do MFV, uma vez que fornece informação sobre o cumprimento do cronograma e, conseqüentemente, mostra o desempenho do processo de planejar e de executar.

4.2 SIMBOLOGIA A SER UTILIZADA NOS MAPEAMENTOS

No que diz respeito à simbologia, notou-se que a grande maioria dos símbolos expostos no Quadro 5 (capítulo 3) não é aplicável no âmbito da construção civil, fazendo com que seja necessário criar símbolos alternativos que representem situações próprias da construção. Neste sentido, foi elaborado o Quadro 9, classificando os símbolos (existentes e novos) em 6 grupos diferentes.

Quadro 9 - Simbologia usada na realização dos mapas, classificada segundo uso

No.	Classificação	Simbologia					
1	Processo						
		Caixa de Dados	Processo	Operador	Inspeção	Repetição ou retrabalho.	
2	Gestão e Controle						
		Centro de Controle	Cliente	Fontes Externas			
3	Fluxos de informação						
		Fluxo de Informação eletrônico	Fluxo de Informação manual				
4	Fluxos de materiais						
		Transporte manual	Transporte rodoviário	Transporte com mini-pá carregadora	Transporte de concreto	<i>Milk run</i>	Retirada
5	Ferramentas Lean						
		<i>Kanban</i> de produção	Supermercado				
6	Fluxo de produtos						
		Estoque	Movimento dos produtos				

Fonte: adaptado e modificado do *Léxico Lean* (2011).

5 ROTEIRO

O roteiro descrito neste capítulo surge da sinergia de quatro elementos: o primeiro é a abordagem realizada por Shingo (1987, 1990, 2010), identificada no seu livro como o mecanismo do pensamento científico (MPC)¹¹. O segundo elemento surge da metodologia utilizada pela empresa Hominiss para a implementação de sistemas de produção enxuta. O terceiro se refere à base teórica, que está sustentada na revisão bibliográfica dos capítulos 2 e 3 e as entrevistas com especialistas. Finalmente, o quarto elemento se compõe da experiência prática obtida no estudo exploratório.

O mecanismo do pensamento científico, por sua parte, visa a identificação de problemas, proposição e desenvolvimento de melhorias e implementação das mesmas, representadas através de uma estrutura sistêmica fluxo-orientada composta por cinco estágios, descritos no item seguinte. Esta abordagem também se baseia em outros conceitos tais como o *Kaizen*, cuja origem etimológica se deriva do Japão e significa mudança (*kai*) boa (*zen*). Para Martin e Osterling (2007), um *Kaizen* é uma filosofia que incentiva a melhoria contínua de maneira progressiva, a partir de uma união estável entre os envolvidos, onde prevalece um objetivo único e comum: aumentar a eficácia e eficiência do processo.

Por outra parte, mesmo que o segundo elemento (a metodologia da Hominiss) seja uma metodologia que segue os mesmos delineamentos da estrutura fluxo-orientada de Shingo, esta oferece uma abordagem mais prática e testada em inúmeras empresas que foca responder questionamentos como: Como fazer? Que ferramentas utilizar? e Que oportunidades de melhoria procurar?. Neste sentido, a metodologia indica três estágios: Implementação, Consolidação e Maturidade. A implementação, que é o estágio principal, ou seja, onde se inicia o processo, se subdivide em quatro etapas: capacitação, entendimento do modelo de produção, encontro de pontos potenciais de aplicação dos conceitos *lean* e, finalmente, materialização das oportunidades identificadas.

¹¹ O MPC é o termo adotado no livro do Shingo (2010) **Kaizen: e a arte do pensamento criativo: o mecanismo do pensamento científico**.

Mesmo que todos os elementos interagiram e aportaram em alguma medida para desenvolver o roteiro, o mecanismo do pensamento científico, descrito por Shingo (2010), é a base do produto desta dissertação. A razão disto se deve a que Shingo compreendia e aplicava de maneira eficaz e eficiente o conceito de melhoria contínua, termo que para ele requer tanto da evolução tecnológica das máquinas ou ferramentas como da contribuição das pessoas que atuam no dia-a-dia. Por outra parte, McLoughlin (2010), no prefácio do livro póstumo de Shingo, afirma que o MPC é um modelo comprovado que foi concebido para fornecer sistematicamente o método e a estrutura para a geração de ideias focadas à solução de problemas.

Portanto, torna-se importante descrever o MPC e, assim, contextualizar o roteiro proposto neste capítulo.

Finalmente, salienta-se que o entendimento do roteiro proposto é complementado com o detalhamento da sua aplicação no estudo de caso realizado e apresentado no capítulo 6. Nele, é possível identificar o detalhamento das etapas descritas no roteiro proposto e descrito na sequência.

5.1 O MECANISMO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO (MPC)

Shingo (2010) estabelece cinco estágios que norteiam este mecanismo:

Estagio preliminar: o MPC parte da premissa de que todo modelo de produção é susceptível de melhorias, sem importar o tipo nem o impacto que estas possam causar no sistema. Assim, a forma sistêmica de desenvolver *kaizens* seria por meio da divisão do processo em grupos de elementos, visto que, dessa forma, se reduz a complexidade do processo global, tornando-os mais gerenciáveis.

Neste sentido, este estágio se torna o ponto de início do MPC, no sentido que é aqui onde se evidencia que o sistema de produção não é perfeito e, conseqüentemente, constitui-se a expectativa de obter melhorias que produzam níveis de eficiência maiores para a produção.

Identificação do problema: qualquer proposta de implementação de *kaizen* parte da premissa de querer aprimorar uma situação problemática identificada. Assim, a identificação do problema se converte numa etapa chave do processo de MCP, no sentido que de quanto mais conhecimento se tenha sobre o sistema de produção e suas características, problemas mais representativos serão

encontrados e, conseqüentemente, se conseguirão maiores benefícios para o sistema, uma vez o *Kaizen* seja implementado. Com base no exposto, o MPC se baseia em três etapas para identificar o problema, sendo estas: descobrir o problema, esclarecer o problema e descobrir a causa do mesmo.

Abordagem básica para melhoria: O desenvolvimento deste estágio deve partir de dois pré-requisitos: o primeiro se baseia em que situação analisada é totalmente conhecida e identificada por todos os envolvidos como uma prática equivocada. Neste sentido, Shingo (1987, 1990, 2010) considera que cada situação deve ser abordada visando os seguintes objetivos:

- Compreender a situação de maneira detalhada;
- Compreender a situação tanto de forma qualitativa quanto de forma quantitativa;
- Pensar em termos de princípios categóricos a entender o fenômeno classificando-o em tais categorias.

Tendo em conta estes objetivos, Shingo também afirma que é essencial analisar o sistema de produção sob o ponto de vista do processo e da operação, entendendo que em cada um devem se relacionar cinco elementos: Objeto, Agente, Método, Espaço e Tempo. Estes elementos são entendidos, de acordo com Oh, Schmidt e Woo (2007), a partir de cinco questões definidas (5W1H), sendo elas: Quem (Agente), Que (Objeto), Onde (Espaço), Quando (Tempo), Porque (Propósito) e Como (Método). Esta abordagem é considerada por Shimazu; Arisawa e Saito (2006) essencial para a promoção de fluxo de informações entre diferentes áreas de expertise, convertendo-se numa ferramenta aplicável ao surgimento e desenvolvimento de um *kaizen*.

O segundo pré-requisito visa definir objetivos claros para implementar a melhoria, os quais devem estar focados na resolução da origem dos problemas, partir de uma análise conjunta que englobe várias propostas e, finalmente, devem propiciar a definição de metas ambiciosas.

Fazendo planos para melhoria: neste estágio, Shingo (1987, 1990, 2010) propõe abordar estes planos desde uma visão criativa e científica, onde o *brainstorming* é a fonte geradora das ideias e propostas. Em outras palavras, o autor afirma que as ideias geradas no processo de *brainstorming* devem nascer da criatividade de vários profissionais (de preferência de disciplinas diferentes) e passar por um crivo científico, onde são avaliadas para sua posterior implementação. Neste sentido, observa-se que o *brainstorming* se constitui como uma etapa essencial no processo, cujo

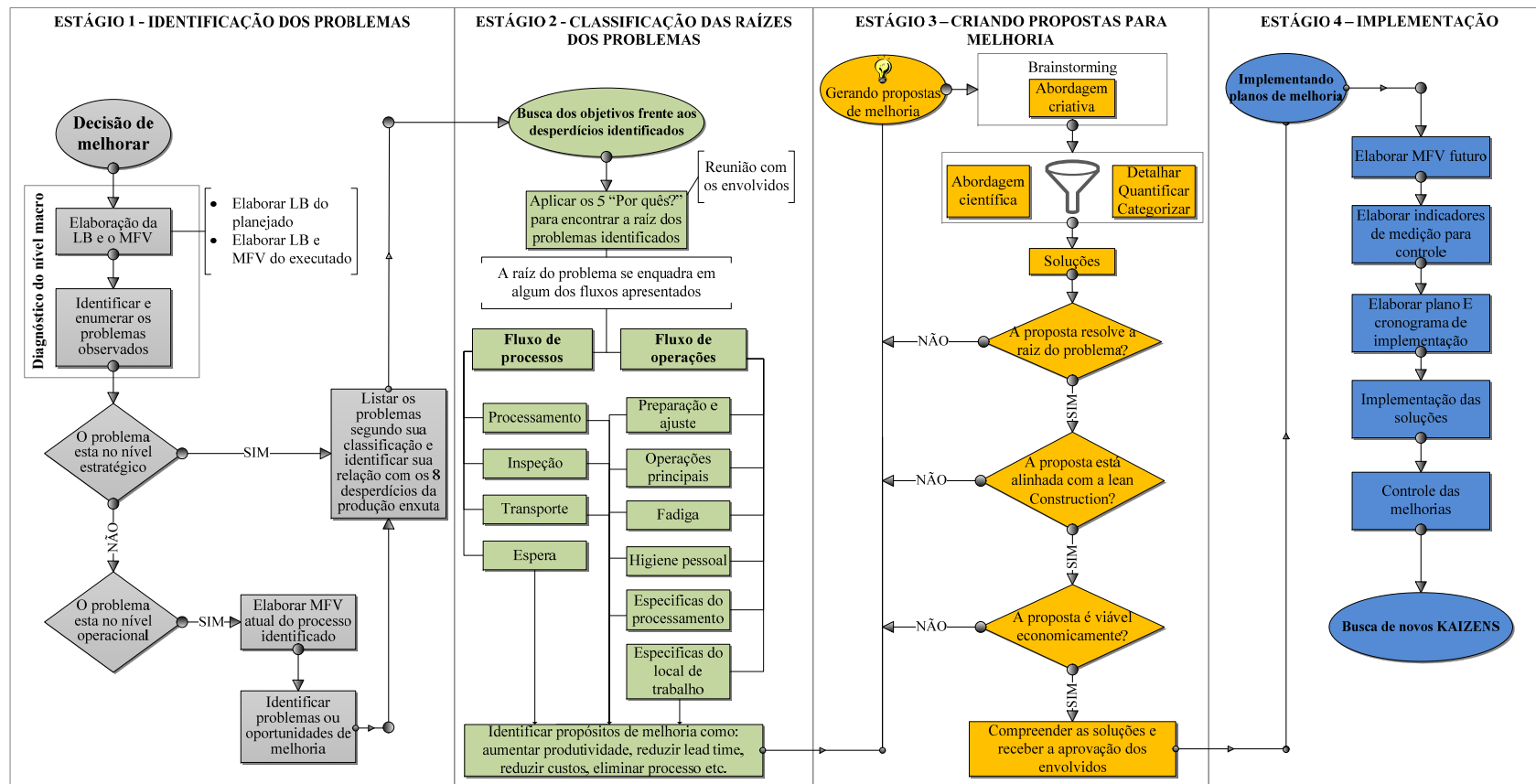
regimento deve se basear em quatro princípios, sendo estes: não criticar nenhuma ideia; ter uma posição de receptividade para todas as ideias, incluindo as incomuns, gerar a maior quantidade de ideias e associar as ideias a um objetivo específico.

Traduzindo planos em realidade: o último estágio do MPC se foca na aplicação das ideias, que depois de passar por uma análise e uma avaliação, estão conceitualmente aprovadas para ser implementadas no sistema. Este processo requer de um compromisso de todos os envolvidos, não somente o que tange às atividades e processos diários, senão a uma mudança de pensamento, o qual deve estar alinhado com as novas propostas e disposto a mudar os paradigmas típicos.

5.2 METODOLOGIA UTILIZADA PARA PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Com o intuito de nortear o desenvolvimento deste estudo, se elaborou uma metodologia baseada no mecanismo de pensamento científico proposto por Shingo (2010), porém com um foco mais prático e adaptado às exigências da construção civil. Basicamente, optou-se por elaborar um método sistemático que fornecesse uma estrutura, composta por técnicas e conceitos, para a implementação de melhorias num canteiro de obras. O método, ao igual que o MPC se compõe de quatro estágios: identificação dos problemas, classificação das origens dos problemas, criando propostas para melhoria, implementação, conforme se apresenta na Figura 37.

Figura 37 - Fluxograma para implementação de melhorias



Fonte: elaborado pelo autor em conjunto com a equipe de pesquisadores do Laboratório de Modelagem e Simulação com uso de Informática – LMSI/UFSCar.

5.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

Do mesmo modo que o MPC descreve no seu segundo estágio, esta etapa tem como objetivo identificar os problemas que estão afetando a produção sob a visão da produção enxuta. Devido a que o MPC não estabelece os mecanismos ou técnicas que podem contribuir na execução deste estágio, se propõe, neste fluxograma, o uso de técnicas comumente usadas em outras indústrias para apoiar, de maneira sistêmica, o entendimento do processo de produção e a identificação dos problemas nos canteiros de obras. Neste sentido são inseridas técnicas como a LDB, técnica que permite uma visualização gráfica da produção, e o MFV, usada amplamente na manufatura para diagnosticar situações atuais e estabelecer estados futuros de melhoria.

No entanto, no âmbito da construção observou-se que a aplicação destas técnicas, não só se deve limitar ao nível operacional, mas também ao nível de planejamento, visto que é neste que grande porcentagem dos desperdícios se originam. Conforme este raciocínio, o fluxograma estabelece uma aplicação inicial das técnicas, baseando-se no planejamento da obra e as estratégias definidas para a execução do projeto. Uma vez realizado o diagnóstico do nível de planejamento devem se listar os problemas encontrados e classificá-los como sendo do nível estratégico ou nível de processo. No caso em que se apresentem problemas neste último nível, se propõe aplicar um segundo MFV, que pretende dar subsídios ao profissional para esclarecer as razões que estão afetando o sistema.

O que tange à elaboração das LDB's, o método sugere realizar duas linhas. A primeira é realizada com base nos dados do planejamento de longo prazo e, nesta, espera-se entrever, características tais como: estratégia de execução adotada, tempos estimados de duração para cada atividade, ritmos de execução e pontos de interferência entres as atividades. Em síntese, esta contribuirá com a análise da gestão do planejamento da obra e servirá para realizar um comparativo entre o planejado e o executado.

A segunda LDB, que descreve a execução real da obra, se desenvolve a partir dos dados reais de execução (datas de início e de fim de cada atividade), o calendário real (início real da obra, data prevista de fim da obra, horas de trabalho por dia, dias de trabalho e feriados) e a quantidade de equipes envolvidas em cada atividade. Nesta é possível entrever o projeto como um todo, o fluxo da produção de uma unidade específica ao longo do tempo, a estratégia real de

execução, problemas com equipes esperando, trabalho em progresso e os ritmos das atividades e suas variações ao longo da execução (incremento ou diminuição dos ritmos a causa das variações nas equipes envolvidas ou por outras razões).

Junto com a LDB o fluxograma propõe realizar um MFV do nível macro, onde se espera obter dados mensuráveis como *lead time*, tempos de agregação de valor, desperdícios (atividades de fluxo), relação entre tempos de ciclo e o tempo *takt*, trabalho em progresso, entre outros. Para a elaboração do MFV devem ser seguidas as recomendações realizadas no capítulo 3, usando informações coletadas diretamente no canteiro, especificamente: tempos de duração das atividades, equipes envolvidas, tempo de espera dos estoques entre as atividades (trabalho em progresso), o esquema para suprimentos e o modelo do planejamento e controle da produção.

Após aplicação destas técnicas, segue o passo da análise, onde todos os conceitos da filosofia enxuta devem ser utilizados para identificar problemas e entrever pontos potenciais de aplicação de *Kaizens*.

Considerando isto, pode se entender esta etapa do fluxograma como um processo, alimentado por uma série de informações que, em conjunto com duas técnicas e uma base conceitual, fornecem os subsídios para analisar uma situação determinada e, desta forma, resulta no final do processo, uma lista de problemas referentes ao planejamento de longo prazo e ao nível operacional.

5.2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS RAÍZES DOS PROBLEMAS

O objetivo principal deste estágio consiste em classificar os problemas identificados para obter um conceito mais global, onde são identificadas as causas, o local de atuação e as consequências. Para Shingo (2010), esta etapa é essencial no processo no sentido que a ciência parte da classificação sistemática do conhecimento, para produzir resoluções rápidas e precisas dos problemas. Portanto, a forma sistêmica de realizar este processo, seria integrando as equipes envolvidas e os coordenadores para discutir as causas e classificar os problemas conforme se apresenta no método. Contando com este cenário, a proposta para a identificação da raiz dos problemas surge de uma ferramenta utilizada em empresas que praticam o *Lean Thinking*, denominada de Root Cause Analysis (RCA). Esta, Basicamente consiste em identificar as raízes

que originam os problemas ou falhas através do uso dos cinco “Por Quês” (JULISCH, 2003). Cada um destes questionamentos, segundo Ohno (1997), permite ao profissional encontrar as verdadeiras causas do problema, visto que em cada “Por quê” se descartam causas, que comumente são consideradas a razão principal, até obter a fonte real da falha. No entanto, o autor também enfatiza que em algumas situações a resolução das cinco questões não garante o encontro da razão principal, fazendo necessário o prolongamento do processo.

O uso desta técnica constitui-se num diferencial importante frente ao MPC, visto que o 5W1H (Agente, Objeto, Espaço, Tempo, Propósito e Método) do modelo de Shingo está mais encaminhado a descrever minuciosamente o problema e não a determinar a origem do mesmo.

O próximo passo no fluxograma consiste em classificar a causa primária como sendo pertencente ao fluxo de processos ou ao fluxo de operações. O fluxo de processos se refere ao produto que está sendo construído, sendo composto por atividades de conversão, inspeção, transporte e espera, enquanto o fluxo de operações diz respeito às condições de produção e aos operários que desempenham as funções.

Finalmente, após se conhecer as razões principais dos problemas encontrados no estágio 1, se procede a definição da direção na qual se nortearão as melhorias, como por exemplo: reduzir *lead time*, eliminar totalmente o problema, minimizar custos, melhorar qualidade etc.

5.2.3 CRIANDO PROPOSTAS PARA MELHORIA

Tendo clareza sobre a direção que se quer seguir com respeito a cada problema, se inicia o processo para identificar a proposta mais adequada para a resolução dos mesmos. Para isto, Shingo (2010) propõe focar as propostas desde uma abordagem criativa e uma abordagem científica, permitindo assim, uma gama de ideias, que mesmo sendo diferentes entre si contribuem com o surgimento de uma proposta mais eficiente.

Da mesma maneira que o estágio 2, neste também se incentiva o desenvolvimento destas propostas através de um *brainstorming* onde devem interagir pessoas de diferentes disciplinas, porém focadas num mesmo objetivo. No entanto, neste método se propõe realizar um *brainstorming* criativo, que depois será avaliado desde a abordagem científica para filtrar as propostas e obter unicamente, aquelas que se adaptam melhor aos requerimentos e condições do

empreendimento. O filtro científico promove o detalhamento, quantificação, categorização das ideias, pelo mesmo motivo que os problemas foram identificados e classificados no Estágio 2. Por outra parte, a abordagem científica evitaria as ambiguidades e descartaria ideias que não obedecem a critérios científicos das técnicas ou tecnologias que estão sendo utilizadas no sistema produtivo. Finalmente, esta abordagem incentiva o desenvolvimento integral das ideias surgidas no brainstorming e, conseqüentemente, facilita a sua concretização.

Uma vez filtradas as propostas, estas devem passar por três questionamentos, os quais visam garantir se as ideias realmente irão resolver a raiz do problema, estarão alinhadas com a filosofia enxuta e se serão viáveis economicamente. O segundo questionamento é muito importante, pois afiança o encontro de soluções *lean*, que, conseqüentemente, contribuirá à mudança para um modelo de produção enxuto. A forma de avaliar isto seria a partir da determinação de relações entre as soluções e qualquer um dos princípios descritos no capítulo 2.

5.2.4 IMPLEMENTAÇÃO

O objetivo deste estágio é definir os parâmetros que governarão a implementação das melhorias. Para isto, inicialmente se propõe desenhar um MFV do estado futuro, com as propostas de melhoria resultantes na etapa anterior. Uma vez feito isto, devem se definir indicadores que servirão para descrever o estado atual, controlar o processo e determinar, num estado futuro, se a solução trouxe os benefícios esperados.

Em seguida, o método propõe realizar um planejamento das propostas, no qual devem se definir aspectos tais como: atividades a serem realizadas, metodologia a ser usada, responsáveis pelo controle e execução das atividades e datas para verificação e avaliação do processo.

Na seqüência, o método estabelece a implementação dos planos definidos e o controle contínuo do processo para garantir que as melhorias sejam entendidas e consolidadas ao longo do tempo.

6 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo são apresentados os resultados da análise de um empreendimento horizontal de casas na cidade de Limeira, conforme as etapas descritas no capítulo cinco. Em algumas etapas do processo se citam os *softwares* utilizados e se explica de maneira geral como foram utilizados. Neste sentido, é importante aclarar que existem outros Softwares que podem se desempenhar melhor, a decisão do uso de um ou de outro vai depender da expertise do usuário e da acessibilidade do Software.

Cabe salientar que, da mesma forma como foi descrito no capítulo anterior, os estágios 1, 2 e 3 foram desenvolvidos em conjunto com a equipe da obra. Porém não foi possível implementar as propostas no estágio 4.

6.1 ESTÁGIO 1: IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

Antes de dar início ao desenvolvimento deste estágio é importante descrever os passos preliminares realizados para encontrar a empresa e o empreendimento que foi analisado.

Dentre as empresas que se teve contato para a realização dos estudos, decidiu-se pela escolha de construtoras que tivessem obras (horizontais ou verticais), com planejamentos definidos, que mostrassem interesse pela implementação dos conceitos *lean* e disposição para colaborar com as informações requeridas para o estudo. Por questão de oportunidade, o estudo foi realizado num empreendimento habitacional localizado na cidade de Limeira-SP, mesma cidade onde está sediada a empresa construtora.

6.1.1 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento é constituído por 76 casas assobradadas geminadas duas a duas, constituindo uma **unidade de produção**, de 120 m² cada, construídas em alvenaria estrutural de bloco de concreto, compostas de três suítes, sala de estar, sala de jantar, varanda com

churrasqueira, lavabo e banheiro de serviço. O empreendimento também possui quadras, *fitness* e piscina.

As unidades de produção (conjunto de duas casas geminadas) foram agrupadas de tal forma a se totalizar 8 conjuntos de casas (com 4 ou 5 unidades de produção) que foram numerados segundo o sequenciamento de execução (Quadro 10).

Quadro 10 - Agrupamento das unidades de produção do projeto

Conjunto	Unidades de produção	Casas
Conjunto 1	5	67 – 76
Conjunto 2	5	01 – 10
Conjunto 3	4	45 – 52
Conjunto 4	4	11 – 20
Conjunto 5	4	21 – 28
Conjunto 6	6	53 – 64
Conjunto 7	4	29 – 36
Conjunto 8	4	37 – 44

Cabe salientar que no conjunto 1, a unidade de produção composta pelas casas 65 e 66 não fizeram parte deste estudo, pois estas já estavam construídas e serviram (estão servindo) como escritório da obra.

6.1.2 LINHA DE BALANÇO DO PLANEJADO

6.1.2.1 INFORMAÇÕES UTILIZADAS

Para a elaboração da LDB tendo como base o planejamento da obra foi necessário coletar informações específicas e entrevistar a equipe de planejamento e os encarregados da execução da obra.

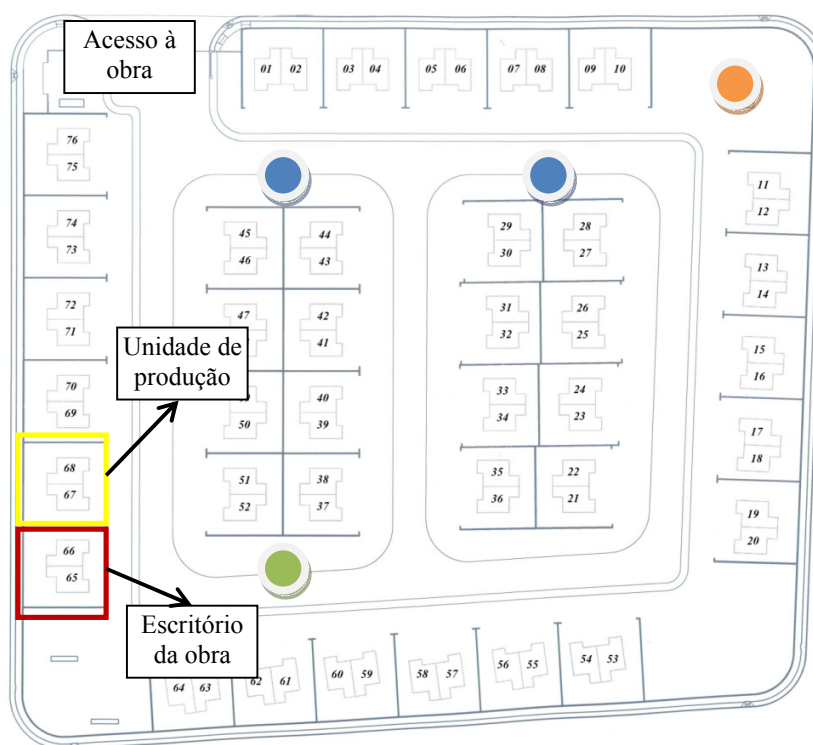
A. Projeto do canteiro: visto que a obra não contava com um projeto do canteiro definido, foi possível, apenas, obter o *layout* diretamente no canteiro de obras, devido a que este já tinha sido construído no momento da visita inicial. No esquema apresentado na Figura 38 notam-se seis pontos principais dentro do canteiro: as centrais de argamassa e de graute (representadas por silos) que fornecem o traço seco destes dois materiais. Cada traço é depositado em caixas (1,70 x




1,20 x 0,30 m) onde posteriormente se adiciona água e se transporta aos locais requeridos por meio da *skytrack*.

A central de produção de escadas é uma pequena fábrica equipada com uma monovia localizada em uma zona com características especiais para concretar uma escada de dois lances.

Diferentemente do estoque de aço, o bloco de concreto é armazenado, em quantidades específicas, na frente das casas que estão sendo executadas.

Figura 38 - Layout da obra



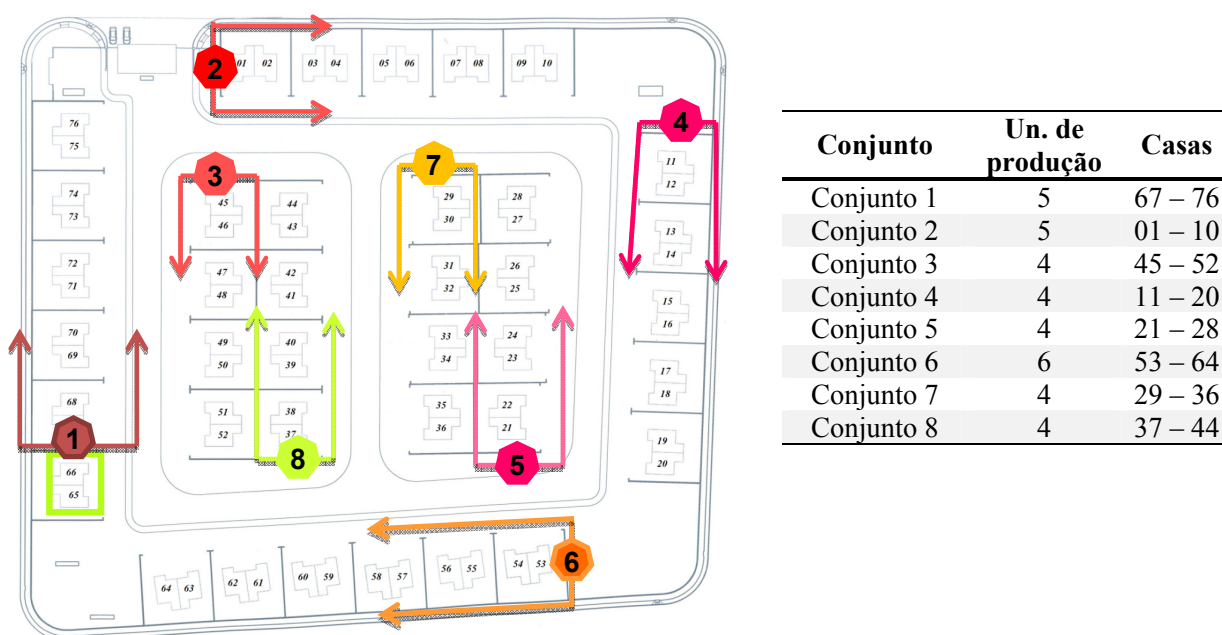
-  Centrais de Argamassa e de graute
-  Central de produção de escadas pré-moldadas
-  Depósito de armazenagem do aço



Fonte: documentos fornecidos pela empresa.

B. Cronograma do empreendimento: a partir da análise deste cronograma se obteve uma série de informações essenciais para a elaboração da LDB e, conseqüentemente, para o processo de diagnóstico. Inicialmente, estudou-se a estrutura hierárquica das atividades, com a qual também se determinou a estratégia de execução das unidades de produção e os ritmos definidos para cada atividade. Neste sentido, o sequenciamento de execução proposto pela obra segue o esquema da Figura 39.

Figura 39 - Esquema de execução proposto no planejamento



Fonte: elaboração do autor.

O esquema apresentado se baseia na ordem cronológica proposta pela obra para a execução dos conjuntos, que por sua parte também apresenta um esquema para cada unidade de produção. Adicionalmente, o cronograma mostra uma estrutura detalhada, dividida em três níveis, como se mostra no Quadro 11. Este cronograma se encontra disponível nos anexos.

A análise realizada nesta etapa se limita às atividades do nível dois, visto que objetivo aqui é analisar o esquema de planejamento utilizado pela obra sob a ótica da construção enxuta.

Quadro 11 - Estrutura do cronograma fornecido pela obra

Atividades do Nível 1	Atividades do Nível 2	Atividades do Nível 3
1. Fundação e contrapiso	1.1 Viga baldrame	1.1.1 Forma e desforma
		1.1.2 Montagem armadura
		1.1.3 Concretagem
	1.2 Embasamento	
1. Fundação e contrapiso	1.3 Contrapiso	1.3.1 Instalações elétricas
		1.3.2 Impermeabilização do embasamento
		1.3.3 Aterro e compactação
		1.3.4 Concretagem de contrapiso
2. Estrutura	2.1 Alvenaria térreo	
	2.2 Execução de laje térreo	
	2.3 Execução da escada	
	2.4 Alvenaria 1º pavimento	
	2.5 Execução laje 1º pavimento	
	2.6 Alvenaria cobertura	
	2.7 Execução laje cobertura	
	2.8 Churrasqueira	
3. Cobertura	3.1 Montagem e colocação da cobertura	
4. Revestimentos	4.1 Revestimento externo e interno	4.1.1 Revestimento externo
		4.1.2 Revestimento interno
5. Acabamentos	5.1 Acabamento externo e interno	5.1.1 Acabamento externo
		5.1.2 Acabamento interno

Fonte: elaboração do autor.

Com base na estrutura do nível dois foi elaborada a LDB, sob a qual se realizou o diagnóstico desta etapa.

Calendário de trabalho: esta informação é essencial para a elaboração da LDB, pois com base nesta são calcula os tempos úteis para a execução de uma atividade. Portanto, torna-se necessário conhecer os dias e horários de trabalho, os feriados e períodos de férias que a empresa estabelece.

- **Horários de trabalho:**

De segunda à sexta: das 7h00 às 17h00; com 1 hora para almoço. Não era obrigatório trabalhar aos sábados, porém era permitido para o empreiteiro que quisesse adiantar serviços.

- **Feriados:**

Além dos feriados institucionalizados no país, foi concedido um período de férias entre 24/12/2012 e 02/01/2013. No período do carnaval a empresa só concedeu os feriados nacionais.

6.1.2.2 PROCEDIMENTO PARA ELABORAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

A partir das informações coletadas no item anterior se desenvolveu uma planilha em Excel tendo como dados de entrada as unidades de produção, as atividades que compõem a cadeia de produção e os tempos de início e fim de cada atividade. Como resultado, tem-se o tempo útil programado para executar cada atividade (Tabela 3).

Tabela 3 - Planilha que relaciona unidades de produção, atividades e tempos de duração.

Casas	VIGA BALDRAME			
	Data+Hora início	Data+Hora fim	Duração Atividade (Hr)	Duração (dias úteis)
1 (67-68)	16/07/2012 07:00	18/07/2012 12:00	23	<u>2.56</u>
2 (69-70)	19/07/2012 07:00	24/07/2012 12:00	32	<u>3.56</u>
3 (71-72)	25/07/2012 07:00	27/07/2012 12:00	23	<u>2.56</u>
4 (73-74)	31/07/2012 07:00	02/08/2012 12:00	23	<u>2.56</u>
5 (75-76)	06/08/2012 07:00	07/08/2012 12:00	14	<u>1.56</u>
6 (01-02)	06/08/2012 07:00	08/08/2012 17:00	27	<u>3.00</u>
7 (03-04)	09/08/2012 07:00	14/08/2012 17:00	36	<u>4.00</u>
8 (05-06)	15/08/2012 07:00	17/08/2012 17:00	27	<u>3.00</u>
9 (07-08)	21/08/2012 07:00	23/08/2012 17:00	27	<u>3.00</u>
10 (09-10)	24/08/2012 07:00	28/08/2012 17:00	27	<u>3.00</u>

Fonte: elaboração do autor.

Na primeira coluna são apresentadas 10 das 37 unidades de produção para a atividade “Viga Baldrame” (o número das casas que compõem cada unidade é apresentado em parênteses). Na segunda coluna entra-se com a data de início desta atividade para cada unidade de produção obtida no cronograma fornecido pela empresa. A terceira coluna, cujos dados também são

retirados do cronograma fornecido pela obra, mostra a data prevista para terminar cada atividade. Por último, na quarta e na quinta coluna é apresentado o tempo útil planejado, em horas e dias respectivamente, para executar esta atividade.

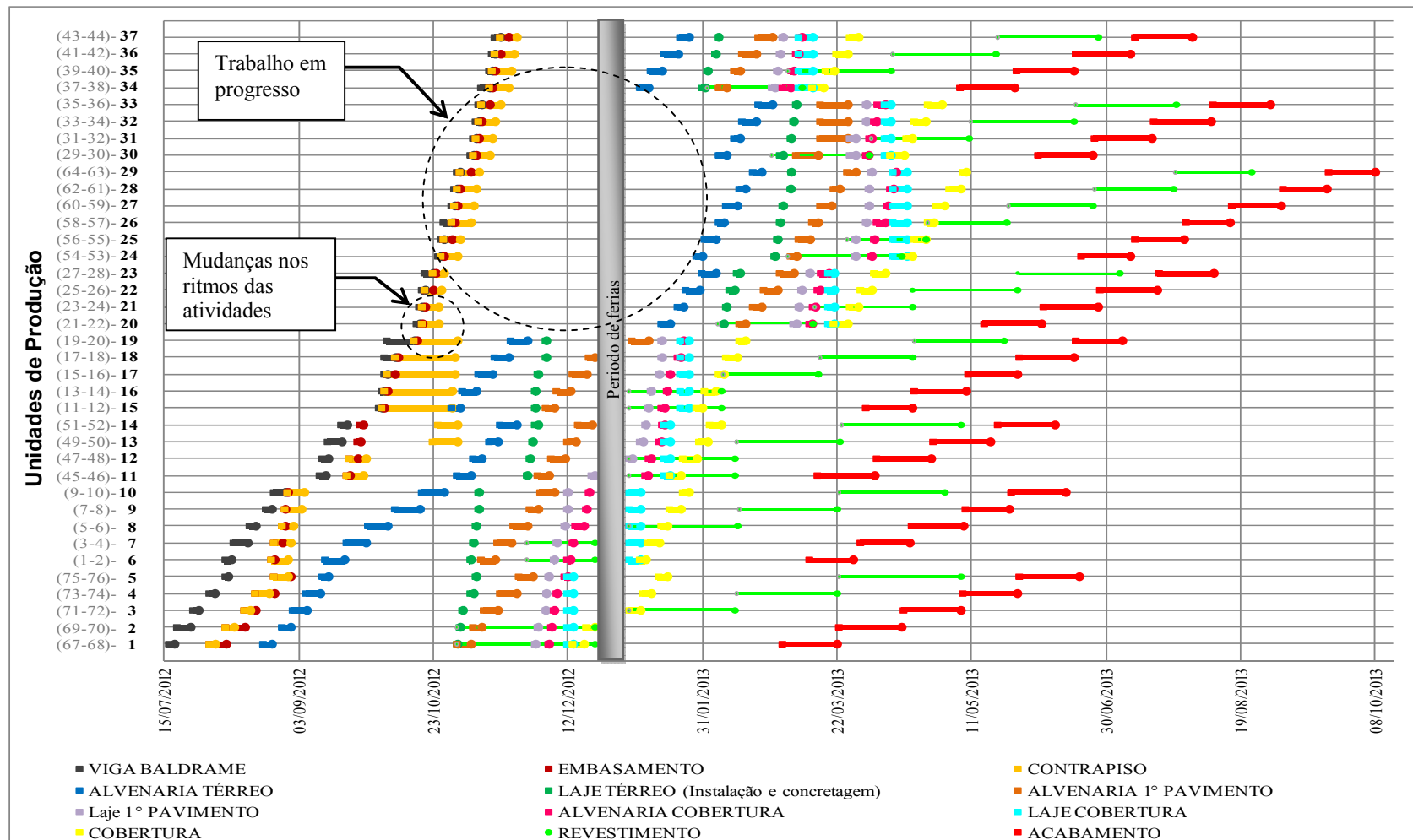
De forma sucinta, esta planilha toma a data de início e de fim de cada atividade e calcula as horas úteis entre estas datas, tendo em conta os horários de trabalho, os feriados e os domingos. É importante salientar que embora existam outros programas que poderiam facilitar este cálculo, optou-se por usar Excel © devido, basicamente, a que este permite interligar várias tabelas e, dessa forma, possibilitar a elaboração da LDB, do MFV, determinação do tempo *takt* e os demais gráficos demonstrados ao longo deste capítulo.

O passo seguinte consistiu em realizar a LDB do Planejado do período compreendido entre 30/05/2012 e 07/10/2013, período no qual foi programada a execução das unidades de produção.

Durante o processo, observou-se que na parte inicial do cronograma (fundação) estava detalhada cada atividade por unidade de produção, porém desde a etapa da estrutura em diante, o detalhamento só considerou os conjuntos de casas, impossibilitando desta forma, identificar o início e fim de cada unidade de produção. Portanto, nesses casos foi necessário supor que cada unidade de produção, dentro de um conjunto, se executaria no mesmo tempo que as outras. Assim, foram obtidos os tempos de duração de cada processo e de cada unidade.

Na Figura 40 apresenta-se a LDB do “planejado” elaborado pela empresa, relacionando no eixo “Y” as unidades de produção, no eixo “X” o tempo e no interior do gráfico, as 12 atividades do nível 2 que conformam a estrutura do planejamento.

Figura 40 - LDB planejada para cada conjunto de casas



Fonte: elaboração do autor.

6.1.2.3 DIAGNÓSTICO DO PLANEJADO

Considerando os conceitos da produção enxuta como a base para analisar as informações coletadas e a LDB, serão descritos os pontos observados que estão em contraposição aos princípios ou que poderiam ser melhorados, visando o aprimoramento do sistema de produção.

A estratégia de execução da obra observada na Figura 39 merece um planejamento mais rigoroso, focada na redução do transporte de material, facilitação do acesso e a movimentação de pessoas e equipamentos, visto que à medida que se avança na execução das casas, a distância entre os pontos de acesso e as zonas de produção também aumentam.

Segundo os dados do planejamento, uma unidade de produção, em média, seria produzida em 192 dias úteis (aproximadamente nove meses), dos quais 36,9% são atividades de processamento (AP), 62,5% de atividades de fluxo (AF) e 0,65% de fluxo de operações (FO) ao cliente interno (Tabela 4). Estes dados são o resultado da análise dos tempos de serviços e as esperas entre estes para cada unidade de produção. Com base nestes dados, calculou-se a média das atividades de processamento, atividades de fluxo e o fluxo de operações das 37 unidades.

Tabela 4 - Composição do *lead time* teórico: planejamento

<i>Composição lead time</i>		Tempo (Horas)	Tempo (dias)	Composição porcentual
Atividades de processamento	AP	636,8	70,8	36,9%
Atividades de fluxo	AF	1079,5	119,9	62,5%
Fluxo de operações	FO	12	1,3	0,6%
<i>Lead time</i>		1728,2	192,0	100%

Fonte: elaboração do autor.

Estas informações propõem no início, um cenário desfavorável para o empreendimento, no sentido que do tempo total investido para executar uma unidade, somente o 36,8% está adicionando valor ao produto, enquanto que no tempo restante a unidade está estocada esperando ser processada. Isto, de fato é um problema que deve ser eliminado.

Observou-se, por outra parte, que a obra não conta com um projeto de canteiro definido, que ligue o modelo de produção, próprio desse empreendimento, com as condições espaciais da

obra. Autores como Ferreira (1998) afirmam que os projetos dos canteiros contribuem com a racionalização da execução dos serviços, por meio da definição da forma, tamanho e localização das áreas de trabalho (sejam estas fixas ou temporárias), determinação da sequência de execução e especificação das vias de acesso e circulação para movimentação das pessoas e fornecimento de material. De igual forma, estes projetos devem conceber temas de segurança do trabalhador, custos de aquisição, implantação e manutenção, reaproveitamento dos materiais, impacto visual, conforto térmico e facilidade de montagem e desmontagem (GIONGO, 2008). A ausência deste projeto se vê evidenciada na falta de corredores de circulação sinalizados, no sequenciamento de execução escolhido, a localização dos silos de argamassa e graute e a fábrica de escadas.

Passando a outro ponto, notou-se que em várias etapas do planejamento as atividades apresentam ritmos diferentes, em parte porque não há um plano estruturado que indique a quantidade e composição das equipes que executarão os serviços. Esta particularidade reduz a confiabilidade do planejamento, dificulta a sincronização dos serviços, incentiva a criação de tempos ociosos, esperas e estoques (trabalho em progresso) e torna difícil o controle da produção por falta de um padrão de comparação.

6.1.3 LINHA DE BALANÇO DO EXECUTADO

6.1.3.1 INFORMAÇÕES UTILIZADAS

Além das informações coletadas para a etapa anterior, solicitou-se à obra o fornecimento do controle do planejamento, especificamente das datas de início e as datas de fim reais de cada atividade em cada unidade de produção (Tabela 5). Junto com isto, se solicitou uma tabela que relaciona cada atividade com o conjunto de casas executado e a quantidade de equipes envolvidas.

A. Datas de início e fim das atividades: A empresa forneceu uma tabela como a apresentada em seguida, onde se descreve, para cada conjunto de casas, as datas de início e fim das atividades do nível dois, executadas até o momento da solicitação. Antes de receber estas informações, estas passaram pela avaliação do mestre de obras, do engenheiro de planejamento e do diretor da obra, fato que deu a confiabilidade aos mesmos. No entanto, as informações somente se limitaram a

registrar as datas de início e fim dos conjuntos e não das unidades, que foi o requerimento feito. Portanto, para determinar os tempos de duração de cada unidade, foi necessário considerar que dentro de cada conjunto a sequência de execução é serial (não se executa uma mesma atividades em paralelo) e esta mantém um ritmo constante em todas as unidades. Esta decisão também foi influenciada pelo fato que a relação entre equipes e atividade, fornecida pela obra, não deixou em evidência a sequência de execução dentro de cada conjunto.

Tabela 5 - Datas de início e fim das atividades iniciais

Localização	Viga Baldrame		Embasamento		Contrapiso		Alvenaria Térreo		Laje Térreo		
	casas	início	Término	início	Término	início	Término	início	Término	início	Término
Conjunto 1	67 - 76	16/07/12	07/08/12	06/08/12	31/08/12	15/08/12	06/09/12	20/08/12	18/09/12	02/10/12	19/10/12
Conjunto 2	1 - 10	08/08/12	27/09/12	22/08/12	24/10/12	25/09/12	01/11/12	28/09/12	20/11/12	21/11/12	01/12/12
Conjunto 3	45 - 52	10/09/12	05/11/12	19/09/12	19/11/12	07/11/12	27/11/12	12/11/12	10/12/12	04/01/13	04/02/13
Conjunto 4	11 - 20	03/10/12	29/11/12	17/10/12	10/12/12	30/11/12	23/01/13	04/12/12	11/02/13	31/01/13	21/02/13
Conjunto 5	21 - 28	15/10/12	24/10/12	30/10/12	05/11/12	08/11/12	16/11/12	21/11/12	13/12/13	31/01/13	15/02/13
Conjunto 6	53 - 64	07/11/12	05/11/12	14/11/12	15/11/12	26/10/12	20/11/12	29/10/12	22/11/13	05/12/12	04/01/13
Conjunto 7	29 - 36	13/11/12	28/08/12	21/11/12	17/09/12	24/09/12	04/10/12	13/09/12	14/11/12	16/11/12	19/11/12
Conjunto 8	37 - 44	24/10/12	11/12/12	31/10/12	19/11/12	30/11/12	28/01/13	18/12/12	09/04/13	11/02/13	25/03/13

Fonte: informação fornecida pela obra.

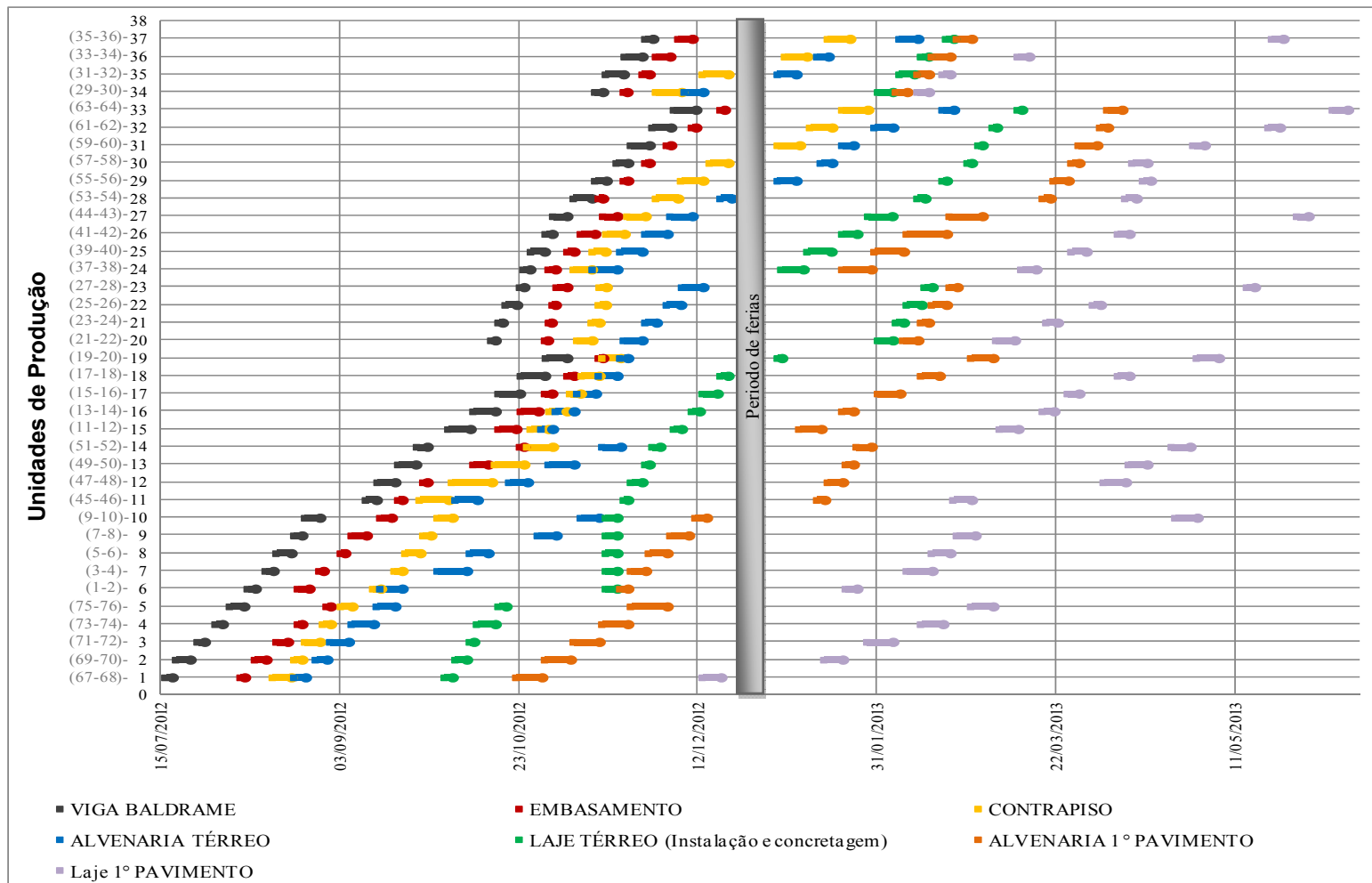
Cabe salientar que a informação apresentada na tabela anterior inclui também as atividades de alvenaria e laje do primeiro pavimento, porém, por questões de espaço não foram apresentadas.

B. Relação entre atividades e equipes: de igual forma, a obra forneceu uma tabela que relaciona cada atividade com o empreiteiro encarregado, a quantidade de equipes destinadas para esse serviço e a composição de oficiais e ajudantes de cada (quantidade de operários).

6.1.3.2 PROCEDIMENTO PARA ELABORAÇÃO DA LDB

Os procedimentos realizados para a realização desta LDB são os mesmos que se utilizaram na elaboração da LDB da etapa anterior. Desta forma, na Figura 41 apresenta-se a LDB das atividades executadas até o mês de maio.

Figura 41 - LDB real para cada conjunto de casas

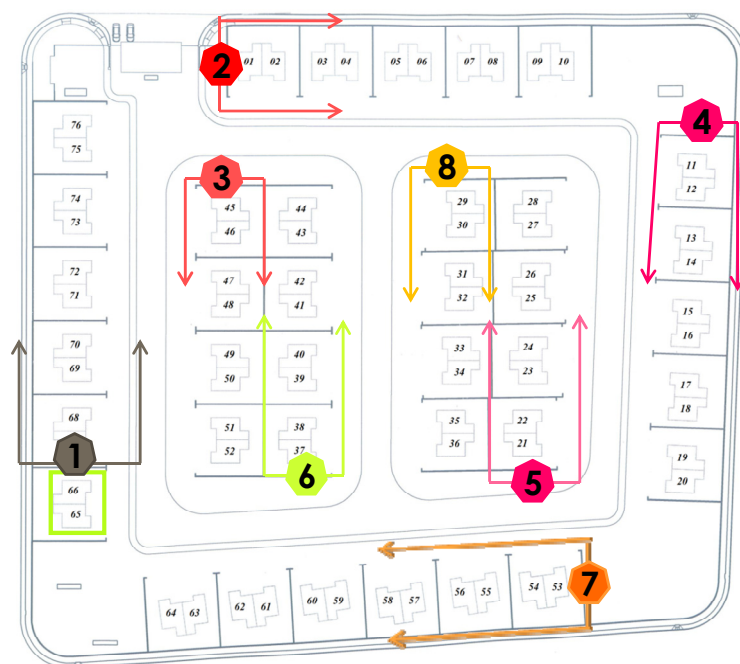


Fonte: elaboração do autor.

6.1.3.3 DIAGNÓSTICO DO EXECUTADO

O sequenciamento de execução das casas proposto no planejamento não se cumpriu, visto que os conjuntos 5, 6, 7 e 8 foram executados em diferente ordem ao proposto no cronograma, alterando, também, as datas de início e fim previstas. Este fato deixa em evidência a falta de acompanhamento rigoroso do planejamento inicial, que por sua vez, pode resultar em tomadas de decisões improvisadas, o que se considera uma prática prejudicial e que deve ser eliminada (Figura 42).

Figura 42 - Sequência de execução real das casas



Fonte: elaboração do autor.

Estas mudanças ou alterações no cronograma são consideradas, em primeiro lugar, como uma falha no processo de planejamento e uma das causas de desperdícios, tais como o *Making-do*¹², descrito por Koskela (2004).

¹² Termo definido no ítem 2.2.4.1

A estratégia de execução real evidencia que o sistema de produção é empurrado e, por isto, uma das consequências é a geração de estoques em progresso (trabalho em progresso) entre as diferentes atividades. Este fato está em contraposição aos princípios básicos da produção enxuta, propiciando a geração de desperdícios (espera e estoque) e a utilização de recursos (material, mão de obra e equipamentos) em instantes inadequados do projeto.

O fato de abrir várias frentes de trabalho ao mesmo tempo reduz a transparência do sistema, dificultando o controle da produção e o planejamento de curto prazo das atividades, visto que deve se coordenar todos os elementos para uma maior quantidade de unidades. Isto não significa que este tipo de estratégias deva ser evitado, e sim deve ser o resultado de uma análise rigorosa que inclua os ritmos de cada atividade, a disponibilidade de materiais, equipamentos, ferramentas e equipes.

Por outra parte, notou-se a inclusão de várias equipes em certas etapas da obra para aumentar a produção; porém, em alguns casos esta não teve continuidade nas atividades posteriores, gerando, desta forma, estoques intermediários de subprodutos acabados.

6.1.4 MFV ATUAL: NÍVEL MACRO

6.1.4.1 INFORMAÇÕES UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO DO MFV

Para o desenvolvimento do MFV atual se requereu das datas de início e fim das atividades do nível 2 (Tabela 5), as equipes envolvidas em cada e o esquema do planejamento e controle da produção. Este último obteve-se a partir das entrevistas tanto à equipe de planejamento, como ao diretor e os encarregados da obra.

6.1.4.2 PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO MFV

Para abordar este item se decidiu dividir o gráfico do MFV em três partes: o esquema de planejamento e controle da produção, a armazenagem e transporte de material e os processos ou atividades.

Esquema do PCP: o planejamento de longo prazo é realizado por uma equipe, composta pelo mestre de obras e dois engenheiros de planejamento. Com base nos dados do TCPO, histórico da empresa e experiência em esse tipo de projetos, se desenvolve um planejamento preliminar que depois é revisado e avaliado. Uma vez realizada esta etapa, se gera o cronograma final no software MS Project, o qual é impresso e fornecido aos principais envolvidos da obra (mestre, equipe de controle da produção, equipe de planejamento etc.).

Embora o planejamento norteie a execução da obra, semanalmente se realizam reuniões onde se avalia a etapa da obra, se analisam os boletins da semana anterior apresentados por cada empreiteiro e se programam as atividades a serem realizadas na semana. Em cada boletim, os empreiteiros informam os serviços executados na semana e as interferências que prejudicaram o processo.

O planejamento de curto prazo, realizado cada semana, estabelece metas de execução, fornecimento de material, equipamentos e mão de obra, porém não determina o sequenciamento dos processos, a composição das equipes nem os métodos a utilizar.

Armazenagem e transporte de material: no MFV se apresentam cinco símbolos que representam as matérias-primas e sua relação com as atividades: o almoxarifado, blocos de concreto, silos de argamassa e graute, aço e concreto. Decidiu-se tomar estes materiais devido a que são os principais recursos para a execução deste sistema construtivo (alvenaria estrutural).



- O **almoxarifado** é administrado por uma pessoa específica que controla a entrada e saída do material secundário (material diferente ao bloco, aço, argamassa, graute) que ali se armazena. Conforme estes materiais se esgotam, o encarregado do almoxarifado ou os mesmos empreiteiros solicitam o material faltante aos engenheiros da obra, que avaliam o pedido e o passam ao departamento de compras. Este último avalia o pedido e solicita o mesmo a um determinado fornecedor, que é escolhido após de uma série de comparativos que visam definir o melhor em termos de preço, qualidade, forma de pagamento, entrega

entre outros. Ao chegar na obra, os materiais são armazenados ordenadamente e vinculados ao sistema (*software*). À medida que os materiais são solicitados pelos trabalhadores, o encarregado da obra realiza o registro no sistema e entrega o material para que posteriormente este seja transportado de forma manual ou por meio da *skytrack*.

- O fornecimento de **blocos de concreto** é feito quinzenalmente ou conforme demanda. Ao ser entregue na obra, este é transportado do caminhão (fornecedor) até as casas em execução por meio da *skytrack*. O tempo de transporte varia entre 3 a 6 minutos, incluindo carregamento e descarregamento. O esquema de entrega proposto visa proporcionar a quantidade certa de material para a execução do serviço, alocando-o na frente das casas de forma organizada. Com base nisto, o departamento de gestão implementou um esquema de placas que sinalizam a zona e o tipo de material que deve ser alocado na frente de cada casa. A ideia deste esquema é que funcione como um supermercado, no qual se armazena unicamente a quantidade a ser utilizada no serviço, porém não tem funcionado conforme planejado, pois a quantidade estocada não é suficiente e os ajudantes acabam obtendo o material de outras casas.

Embora o bloco se aloque na frente das casas, os ajudantes devem transportá-los desde o estoque até o ponto onde o oficial está erguendo a alvenaria. Quando o material acaba, os ajudantes, normalmente, obtêm os blocos da casa mais próxima, enquanto a *skytrack* fornece mais material. Nesta atividade, em média, gastam ao redor de 4 a 8 minutos por transporte manual (Quadro 12).

Quadro 12 - Armazenagem e transporte de bloco

MATERIAL	ARMAZENAGEM	TRANSPORTE
<p>Armazenagem de blocos de concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bloco (14x19x39) • Meio bloco • Canaleta • Bloco “J” • Compensador 09 • Compensador 04 		

Fonte: elaboração do autor.

- Para a **argamassa e o graute**, a obra dispôs de um sistema de silos verticais que armazenam até 33 t/silo de traços secos de argamassa e graute conforme especificações do projeto. Assim, se elimina o armazenamento dos componentes de cada traço e se garante uma dosagem determinada, pois os operários somente se limitam a adicionar água na mistura. O transporte é realizado em caixas de 1,70 x 1,20 x 0,30 m, as quais se abastecem nos silos, para logo ser transportadas por meio da *skytrack* até a casa que solicita o material. A solicitação do material se realiza, via oral, diretamente entre o ajudante e o operário que dirige a *skytrack* (Quadro 13).

Quadro 13 - Armazenagem e transporte de argamassa e graute

MATERIAL	ARMAZENAGEM	TRANSPORTE
Silos de argamassa e graute		

Fonte: elaboração do autor.

- O **aço** é solicitado conforme demanda e é armazenado em um local específico, determinado no início do projeto. O transporte, desde o local de estocagem até a casa em execução, é realizado manualmente pelos ajudantes (Quadro 14).


Quadro 14 - Armazenagem e transporte de aço

MATERIAL	ARMAZENAGEM	TRANSPORTE
Aço		Não há registro fotográfico

Fonte: elaboração do autor.

- O **concreto usinado** é utilizado nas escadas e nas lajes e, normalmente, é solicitado cada vez que a quantidade requerida supera ou iguala o mínimo que o fornecedor está em condições de enviar. A maioria das vezes esta solicitação é feita após um conjunto de casas estar pronto para concretagem (Quadro 15).

Quadro 15 - Armazenagem e transporte de concreto

TRANSPORTE	ARMAZENAGEM	TRANSPORTE
Concreto usinado	Não aplica	

Fonte: elaboração do autor.

- As **escadas pré-fabricadas** são armazenadas em paletes num local próximo à central de fabricação e posteriormente são transportadas a cada casa por meio da *skytrack* (Quadro 16).

Quadro 16 - Armazenagem e transporte das escadas pré-fabricadas

MATERIAL	ARMAZENAGEM	TRANSPORTE
Armazenagem de escadas		Não há registro fotográfico

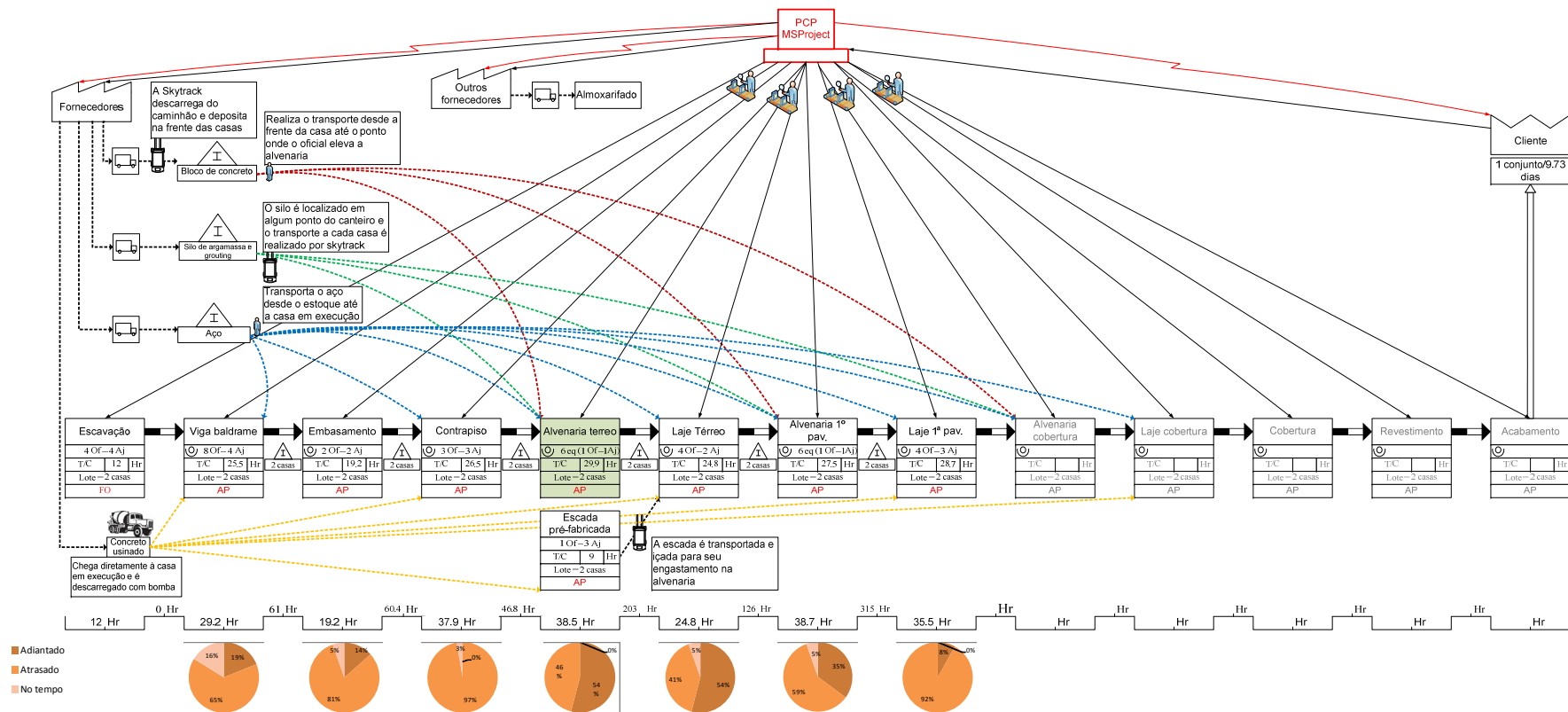
Fonte: elaboração do autor.

Processos ou atividades: Dentro de cada caixa de processo do MFV se visualizam cinco informações, explicadas a seguir:

- O **nome** de cada caixa de processos corresponde a cada atividade do nível dois que compõe o cronograma da obra.
- A **quantidade de equipes e sua composição** foram obtidas a partir das informações fornecidas pela obra; no entanto, este é um dado que varia diariamente, devido a que os empreiteiros modificam a composição das equipes dependendo do estágio da obra, as necessidades de entrega ou situações particulares. Também ocorre, frequentemente, que ao longo do dia as equipes mudam de atividade ou dividem a equipe para que uma parte execute outro serviço. Com base no exposto anteriormente, aclara-se que o dado inserido foi fornecido pela empresa, porém não representa fielmente a situação real encontrada.

- O **tempo de ciclo** de cada atividade foi calculado a partir da divisão entre o tempo total para executar a atividade em todas as unidades (incluindo as esperas da equipe entre uma casa e outra) e a quantidade total de unidades (37 un.). Por exemplo, a primeira viga baldrame a ser executada foi a da unidade 1 (casas 67 e 68), no dia 16/07/2012, e terminou com a execução da unidade 33 (casas 63 e 64) no dia 11/12/2012. Assim, 37 unidades foram executadas em 945 horas, o que resulta num tempo de ciclo de 25,5 horas, que em outras palavras significa que a cada 25,5 horas se produz a viga baldrame de uma unidade.
- O **lead time** de cada atividade foi calculado a partir das informações fornecidas pela empresa (datas de início e fim) e consiste na média do tempo de produção de todas as unidades, visto que os tempos entre uma unidade e outra variaram consideravelmente.
- As **esperas** entre uma atividade e outra foram calculadas por meio da diferença entre a data de fim da atividade antecessora e a data de início da seguinte. Esta informação, expressa em horas úteis, se aloca na parte superior da linha do tempo do MFV e foi obtida a partir da média das esperas de todas as unidades de produção, visto que estas apresentaram variações importantes entre uma e outra.

Figura 43 - MFV atual do nível macro



Fonte: elaboração do autor.

Cabe aclarar que não foi possível acompanhar todo o processo de execução do projeto posto que este tem previsão para finalizar em 2014. Por isto, após a alvenaria de cobertura, as atividades não apresentam informações e estão em cor cinza.

Com base no MFV apresentado na Figura 43, determinou-se a composição do *lead time* (atividades de processamento-AP, atividades de fluxo-AF e fluxo de operações-FO) de uma unidade de produção tipo. A Tabela 6 mostra os tempos, em horas e dias, de cada um dos componentes do *lead time* e, adicionalmente se mostra a sua composição porcentual dentro do mesmo. Estes valores foram obtidos a partir da média dos valores apresentados nas 37 unidades de produção, tanto para as atividades de fluxo quanto para as atividades que agregam valor ao cliente interno e ao cliente final.

Tabela 6 - Composição do *lead time* do nível macro

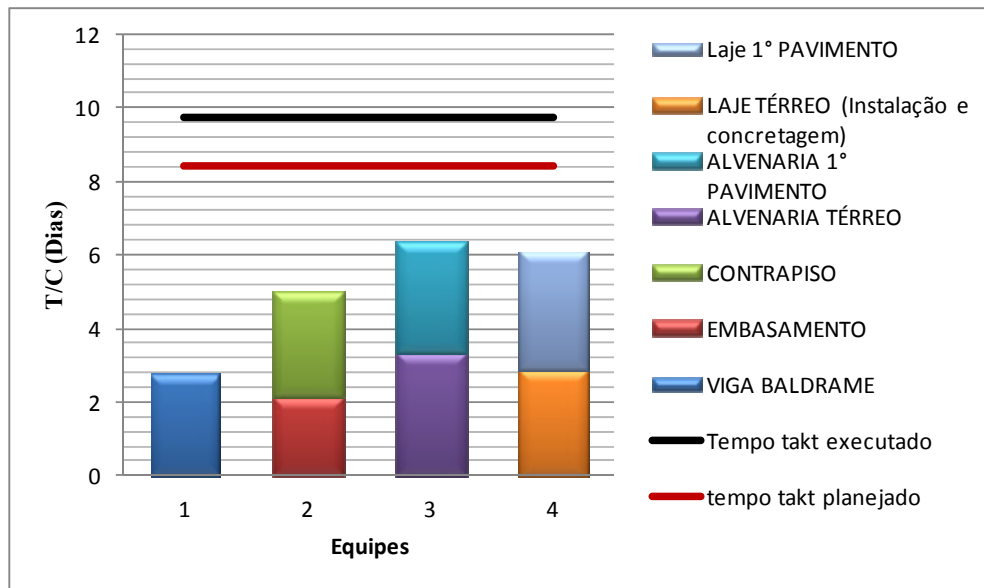
Composição <i>lead time</i>		Tempo (Horas)	Tempo (dias)	Composição porcentual
Atividades de processamento	AP	223,9	24,9	21,3%
Atividades de fluxo	AF	813,1	90,3	77,4%
Fluxo de operações	FO	13,3	1,5	1,3%
Lead time		1050,3	116,7	

Fonte: elaboração do autor.

A diferença da Tabela 4 (composição do *lead time planejado*) os dados desta tabela se referem às atividades executadas até o momento em que o estudo foi desenvolvido (maio de 2013), portanto as informações da alvenaria 1º pavimento, laje de cobertura, cobertura, revestimentos e acabamentos não foram incluídas no MFV. A partir destas tabelas (tabelas 4 e 6) é possível entrever as diferenças na composição do *lead time* entre o planejado e o que está sendo executado.

Por outra parte, elaborou-se a Figura 44, que mostra a relação entre os tempos de ciclo de cada atividade e o tempo *takt*. Cabe salientar que inicialmente a obra estava programada para ser executada no período compreendido entre 01/05/2012 até 13/11/2013, o que significa um tempo *takt* de 8,4 dias. Porém durante a execução, o PCP da obra decidiu adiar a data de entrega para o dia 31/01/2014, causando uma modificação no tempo *takt*, que passou de 8,4 para 9,7 dias.

Figura 44 - Relação entre o tempo *takt* e os tempos de ciclo de cada atividade



Fonte: elaboração do autor.

6.1.4.3 DIAGNÓSTICO DESTA ETAPA

Embora não se conheça o valor real do *lead time* para a produção total de uma unidade, o tempo utilizado até a execução da laje do primeiro pavimento é considerável (116,7 dias), ainda mais tendo em conta que só o 21,3% do tempo foi investido para adicionar valor enquanto que o 77,4% se refere ao tempo que os produtos intermediários ficaram estocados antes de serem completados com a execução dos serviços subsequentes.

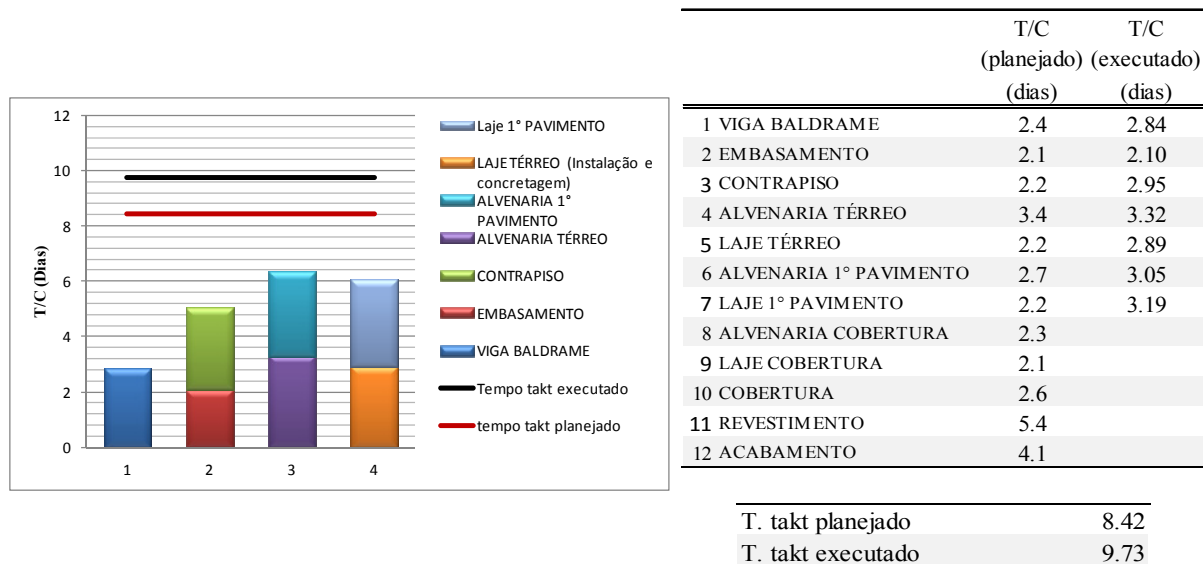
O esquema implementado para o fornecimento de material dentro do canteiro estava bem encaminhado, porém ainda apresenta algumas deficiências:

- O fato de abrir diferentes frentes de trabalho gerou, em alguns momentos específicos, que o transporte de bloco, argamassa e graute pela *skytrack* se tornassem o gargalo da produção, causando esperas das equipes por falta de material. Isto não significa que seja necessário alugar outro equipamento, mas pelo contrário, deve se programar a execução dos conjuntos tendo em conta os tempos de ciclo deste equipamento.
- Por outra parte, observou-se que, mesmo tendo esse esquema de fornecimento, há materiais que são transportados manualmente (bloco, aço e argamassa), obrigando a

manter, nas equipes, operários focados à realização destas funções. É claro que as distâncias percorridas e os tempos investidos pelos ajudantes na execução destas funções são mínimos, porém afetam a produção no sentido que ocupam o tempo disponível dos operários, fazendo com que estes aparentemente estejam cumprindo com alguma função determinada. Por outra parte, esta situação evita a identificação dos elementos de trabalho dos envolvidos, pois a função dos ajudantes acaba sendo diferente em cada dia (em alguns momentos, o operário transportava bloco, em outros, argamassa, ou desempenhava outra tarefa).

A mudança da data de entrega do empreendimento causou um aumento no tempo *takt*, que inicialmente já apresentava uma diferença importante com respeito aos tempos de ciclo, cujos valores reais também apresentaram aumentos, só que em menor magnitude. Neste sentido, tanto no caso planejado quanto no caso executado, a diferença entre estas duas métricas evidencia o excesso de operários utilizados para executar as atividades. Seria possível reduzir a quantidade de equipes e ainda assim se atingiria a demanda nas datas estabelecidas (Figura 45).

Figura 45 - Comparativo entre os tempos de ciclo e os tempos *takt* do cenário planejado e o executado



Fonte: elaboração do autor.

Os gráficos alocados na zona inferior do MFV mostram a capacidade da obra de executar as atividades conforme foi programado. Assim, observa-se que a grande maioria das atividades, especialmente o embasamento, o contrapiso e a laje do primeiro pavimento, finalizou após a data marcada no planejamento, fato que evidencia a divergência entre o que se programou e o que se executou.

6.1.5 MFV ATUAL: NIVEL DE PROCESSO

Após da realização do MFV (macro), percebeu-se a necessidade de analisar de forma mais detalhada os processos que o compõem, visto que o nível analisado anteriormente não permite entrever a operação como tal do modelo de produção, de maneira que não se tem acesso a informações tais como: elementos de trabalho dos operadores, movimentação das equipes, transportes internos, entre outros. Porém a análise de todas as atividades tornaria o estudo extenso e, por isto decidiu-se focar o estudo na alvenaria do pavimento térreo, que é o principal componente do sistema construtivo utilizado neste empreendimento. Desta forma se identificou qual é a proporção com que as atividades que agregam valor ao cliente final, ao cliente interno e aquelas que não agregam valor, compõem o *lead time* da produção de um pavimento térreo.

Em seguida são descritas as informações para o desenvolvimento do estudo, os procedimentos seguidos para sua realização e os principais pontos problemáticos encontrados.

6.1.5.1 INFORMAÇÕES UTILIZADAS PARA REALIZAÇÃO DO MFV

Para o desenvolvimento do MFV atual ao nível de processo se realizou uma coleta de dados diretamente no canteiro de obras. Esta foi finalizada após de 5 visitas ao longo de 10 dias, nos quais se acompanhou a execução da alvenaria de 10 casas, especificamente desde a marcação até a execução do grauteamento da última fiada. Nas visitas, que se iniciaram junto com o início do serviço de marcação, foram coletadas diferentes informações tais como: subatividades que compõem o serviço, composição e equipes envolvidas em cada subatividade, *lead time* de cada subatividade, tempos de transporte e datas de início e de finalização para todas as subatividades de cada uma das 10 casas.

6.1.5.2 PROCEDIMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO MFV

Da mesma forma que se abordou o MFV do nível macro, este seguirá o mesmo delineamento, começando pela descrição do esquema de planejamento, seguido do esquema de fornecimento de material e, finalmente, das subatividades que compõem o serviço.

Esquema do PCP: este esquema, em termos gerais, segue o mesmo modelo apresentado no MFV do nível macro, porém apresenta uma particularidade que consiste na inclusão de inspeções após a marcação, elevação das primeiras fiadas, colocação de aço e graute. A diferença deste esquema radica em que a inspeção aprova ou desaprova a execução do processo seguinte, convertendo-se assim num “processo” há mais, que irreversivelmente vai aumentar o *lead time* da produção e dificilmente poderá ser eliminado.

Armazenagem e transporte de material: a estratégia para a armazenagem e transporte de material é o mesmo descrito no item 6.1.3.2. Porém, nesta análise, se identificou que no caso da argamassa e graute, a *skytrack* coloca as “caixas” com o material requerido na frente das casas, criando a necessidade de que este seja transportado até o local onde esta sendo erguida a alvenaria ou onde esta se executando o grauteamento.



Processos ou atividades: Dentro de cada caixa de processo se visualizam cinco informações, explicadas a seguir:

- O **nome** de cada caixa de processo e o conteúdo do serviço se descreve no Quadro 17, acompanhando-o com o respectivo registro fotográfico.

Quadro 17 - Atividades de nível 3 incluídas na elaboração do MFV

Atividades de Nível 2	Atividades de Nível 3	Observações	Imagem da atividade
<i>Execução alvenaria térreo</i>	<u><i>Marcação</i></u>	Colocação da primeira fiada seguindo as especificações do projeto.	
	<u><i>Elevação (5 fiadas)</i></u>	Elevação de 5 fiadas, sendo 4 de bloco normal (Bloco 14x19x39) e uma fiada de bloco “canaleta” para colocação de aço.	
	<u><i>Colocação aço</i></u>	Colocação do aço para flexão.	
	<u><i>Groutamento da 5ª fiada de blocos</i></u>	Enchimento com graute dos nichos e dos blocos tipo “canaleta”.	
	<u><i>Elevação (6ª fiada a 14ª fiada)</i></u>	Elevação desde a 6ª fiada até a 3ª fiada e colocação do bloco “canaleta” (14ª fiada).	
	<u><i>Colocação aço</i></u>	Colocação do aço para flexão.	

Continuação Quadro 17

Atividades de Nível 2	Atividades de Nível 3	Observações	Imagem da atividade
<i>Execução alvenaria térreo</i>	<u>Gratificação final</u>	Enchimento com graute dos nichos e dos blocos tipo “canaleta” da última fiada.	
	<u>Execução da escada</u>	Engastamento da escada pré-fabricada na alvenaria.	

Fonte: elaboração do autor.

As atividades apresentadas ocorrem sequencialmente, uma após a outra, e formam a cadeia geral do processo. No entanto, existem outras que complementam o fluxo, mas são executadas paralelamente, como é o caso da fabricação da escada e a preparação para seu engastamento.

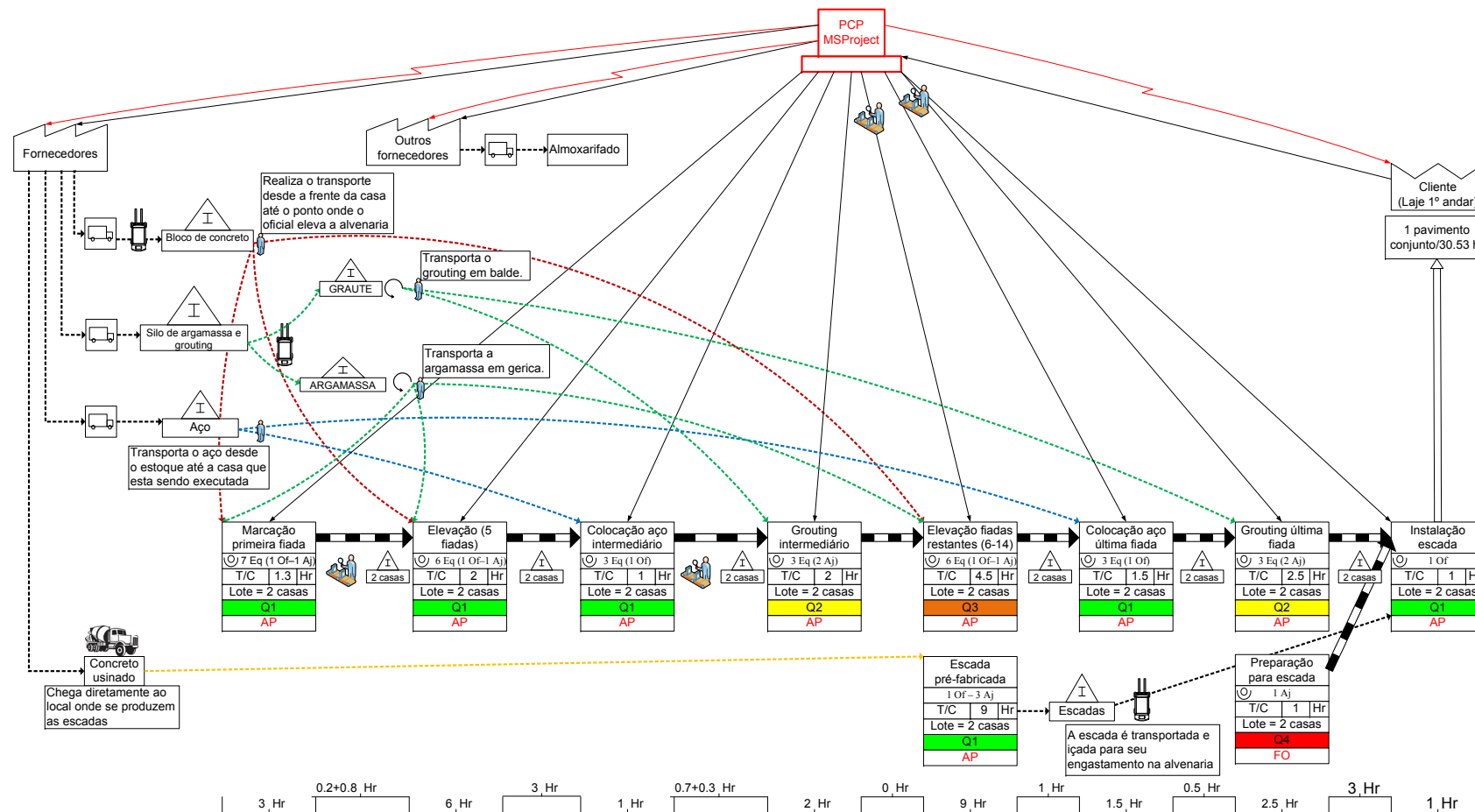
- **Quantidade de equipes e sua composição:** ao longo das visitas realizadas observou-se que o PCP designou duas empreiteiras diferentes para a execução da alvenaria, repartindo as unidades de produção em proporções iguais. Analisando cada empreiteira notou-se que não havia uma definição clara da composição das equipes nem das funções que cada operário deveria desempenhar, fato que criou cenários diferentes em cada unidade de produção e inclusive em cada dia. Por exemplo, em um dos dias houve uma equipe de onze operários trabalhando na elevação da alvenaria de uma unidade (4 executando o serviço e 7 operários auxiliando) e no dia seguinte havia três equipes de quatro operários trabalhado em unidades diferentes (2 executando o serviço e 2 auxiliando). Assim, decidiu-se tomar a composição da equipe que mais se apresentou ao longo da execução das 10 casas.
- Para o cálculo do **tempo de ciclo** de cada subatividade se determinou o tempo total gasto desde a execução da primeira unidade até a execução da décima unidade e se dividiu entre

as unidades produzidas (10). No caso da colocação de aço e o grauteamento, adotou-se o tempo de ciclo igual ao *lead time* de cada serviço.

- O *lead time* de cada processo foi calculado diretamente no canteiro de obras, a partir da média de três dados coletados em diferentes unidades de produção, porém com a mesma composição das equipes ou pelo menos o mesmo número de oficiais.
- As **esperas** entre uma atividade e outra foram calculadas por meio da diferença entre a data de fim da atividade antecessora e a data de início da seguinte e consiste na média das horas úteis de 10 unidades de produção.

A partir destas informações e os esquemas observados em obra se elaborou o MFV atual da alvenaria do pavimento térreo (Figura 46).

Figura 46 - MFV atual da alvenaria térreo



Fonte: elaboração do autor.

Com base no MFV apresentado, determinou-se a composição do *lead time* (atividades de processamento-AP, atividades de fluxo-AF e fluxo de operações-FO) da elevação da alvenaria do pavimento térreo. A Tabela 7 mostra os tempos, em horas e dias, de cada um dos componentes do *lead time* e, adicionalmente se mostra a sua composição porcentual dentro do mesmo. Estes valores foram obtidos a partir da média dos valores apresentados nas 10 unidades de produção, tanto para as atividades de fluxo quanto para as atividades que agregam valor ao cliente interno e ao cliente final.

Tabela 7 - Composição do *lead time* da alvenaria térreo

Composição <i>lead time</i>		Tempo (Horas)	Tempo (dias)	Composição porcentual
Atividades de processamento	AP	26,0	2,9	73,4%
Atividades de fluxo	AF	9,6	1,1	26,8%
Fluxo de operações	FO	0	0	0%
<i>Lead time</i>		35,6	4,0	

Fonte: elaboração do autor.

Junto com isto, foi realizado um comparativo entre as informações registradas nas caixas de processos, referentes aos tempos de ciclo, e o tempo *takt* do processo, cujo valor foi calculado a partir das datas definidas no planejamento que delimitam a execução da alvenaria do pavimento térreo. Assim, no cronograma, a alvenaria estava projetada para ser executada a partir do dia 20/08/2012 e finalizar no dia 25/02/2013, o que significa que o tempo disponível para terminar o pavimento térreo das 37 unidades de produção é de 126 dias úteis, que em termos de ritmo de produção equivale a um pavimento térreo a cada 30,5 horas.

$$\text{➤ } r = \frac{Q-1}{D-d}$$

$$\text{➤ } r = \frac{37 \text{ un} - 1 \text{ un}}{1134 \text{ hr} - 35.07 \text{ hr}}$$

$$\text{➤ } r = 0.0328 \text{ un/hr}$$

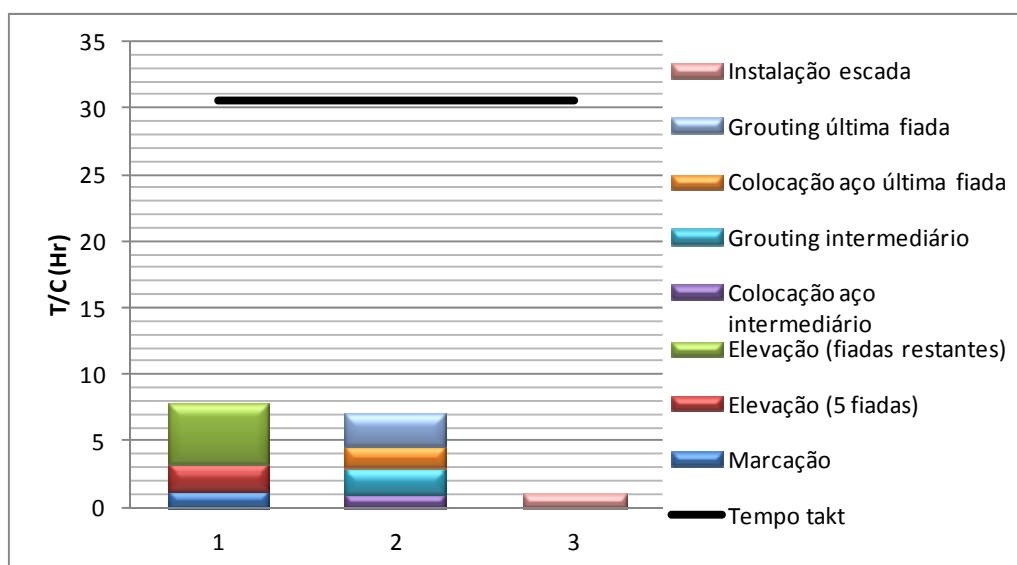
$$\text{➤ } \textit{tempo takt} = 1/r$$

$$\text{➤ } \textit{tempo takt} = 1/0.0328$$

$$\text{➤ } \textit{tempo takt} = 30.53 \text{ hr/un}$$

Este valor indica o limite sob o qual o ritmo das atividades que compõem a cadeia do processo, deve trabalhar. Desta forma é garantida a entrega oportuna do produto (Figura 47).

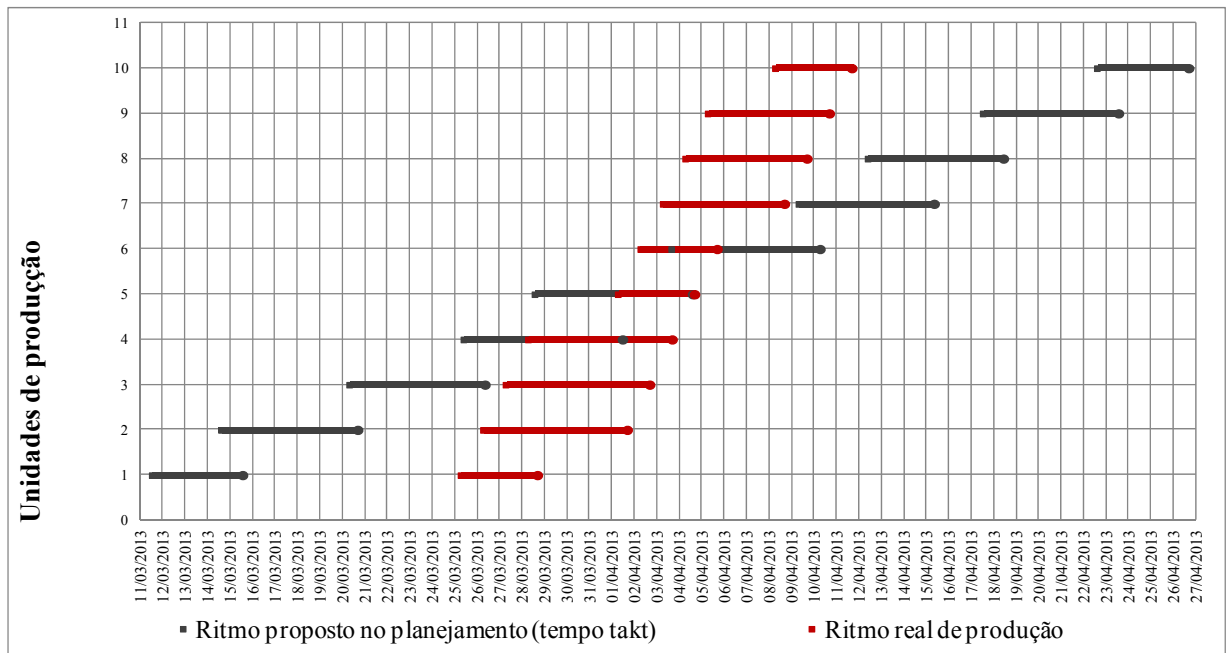
Figura 47 - Relação entre o tempo *takt* e os tempos de ciclo de cada atividade



Fonte: elaboração do autor.

Mesmo que a situação apresentada cumpra com a premissa que os tempos de ciclo devem ser inferiores ao tempo *takt*, é importante salientar que a grande diferença entre estes valores acaba sendo um prejuízo para o projeto. Em um cenário ideal, os tempos de ciclo deveriam ser iguais ao tempo *takt*, ou pelo menos deveriam ter valores muito próximos. Quando um dos tempos de ciclo estiver acima do tempo *takt*, a demanda não será atingida no prazo definido, porém, quando os tempos de ciclo forem muito inferiores, significa que se está utilizando maior força de trabalho (mão de obra) do que a necessária para executar o serviço no tempo estabelecido. Analisando esta situação através da representação gráfica da LDB é possível observar os dois cenários: o que acontece realmente e o proposto no planejamento (tempo *takt*) Figura 48.

Figura 48 - Comparativo entre o ritmo real e o ritmo de produção do planejamento



Fonte: elaboração do autor.

A linha cinza representa o cenário planejado, onde a produção da alvenaria de um pavimento tarda aproximadamente 38 horas, porém se consegue produzir uma unidade a cada 30 horas, fato causado pela execução paralela das unidades. Cabe salientar que este gráfico visa somente representar a situação teórica de 10 unidades de produção a partir dos dados do planejamento, onde se definiu que a alvenaria do primeiro pavimento iniciaria no dia 20/08/2013 e finalizaria o dia 25/02/2013. Assim, dividindo o tempo útil entre estas duas datas (1134 horas) e as 37 unidades de produção, foi calculado o tempo de ciclo (tempo *takt*) que deveria governar a produção deste serviço para atender a demanda na data estabelecida.

Por outra parte, as linhas vermelhas representam o ritmo observado durante a análise da produção da alvenaria, que em efeito foi totalmente diferente à média resultante dos dados recebidos no nível macro. Como se observa, há uma diferença notória entre o ritmo planejado e o efetivamente executado, devido, basicamente, ao fato de que os empreiteiros aumentaram a quantidade de equipes envolvidas nos processos, resultando em uma produção maior e em menor tempo. Assim, o planejamento propunha entre uma e duas equipes (em alguns intervalos somente uma e em outros duas) para a execução do serviço, situação que também se evidenciou na maior

parte das unidades de produção do nível macro, exceto nas unidades 18 a 27, que se apresentou uma situação parecida com a estudada no nível micro, que apresentou um aumento na força de trabalho (seis equipes trabalhando em frentes diferentes) Tabela 8.

Tabela 8 - Tempos de ciclo e *lead time* para cada uma das análises realizadas

	Planejado	Nível macro	Nível micro
Tempo de ciclo	1 pav. a cada 30,7 horas	1 pav. a cada 29,9 horas	1 pav. a cada 9 horas
<i>Lead time</i>	37,0 horas	38,5 horas	35,57 horas

Fonte: elaboração do autor.

Na tabela se apresentam três situações diferentes. A primeira mostra o ritmo e *lead time* do planejado, onde se programou trabalhar com dois empreiteiros, cada um com uma equipe trabalhando em duas frentes quase de maneira paralela. O segundo (nível macro) mostra um ritmo parecido ao planejado, onde a alvenaria está sendo executada em duas frentes por dois empreiteiros e cada um com uma equipe. Finalmente se mostra a situação três, que teve uma particularidade, pois mesmo os dois empreiteiros estando executando o serviço simultaneamente, estes aumentaram as equipes e, por isto, evidenciou-se um aumento do ritmo e, conseqüentemente, aumento da produção.

6.1.5.3 DIAGNÓSTICO DO MFV: NÍVEL OPERACIONAL

Analisando as informações e os gráficos apresentados, foi encontrada uma série de problemas, referentes a vários temas apresentados a seguir.

Ressaltam-se novamente as deficiências que apresenta o esquema de fornecimento de material (bloco e aço), visto que nesta análise se percebeu que além do transporte manual do bloco e do aço, a argamassa e o graute também apresentaram a mesma problemática. Frequentemente, a *skytrack* aloca o traço de argamassa e graute na frente das unidades de produção, criando a necessidade de transportá-los manualmente deste ponto até o local onde se está erguendo a alvenaria ou realizando o grauteamento. Esta tarefa é realizada pelos ajudantes por meio de pequenos baldes ao longo do dia. Esta situação causa dois problemas: o primeiro é que os tempos ociosos dos operários passam a ser preenchidos com este tipo de tarefa, fato que

evita identificação de mão de obra subutilizada. E o segundo, mais desfavorável ainda, é a necessidade de abrir novos cargos baseando-se na ideia de que os operários estão sobrecarregados de trabalho.

Na cadeia de produção há duas atividades de inspeção, as quais são catalogadas como não agregadoras de valor, pois se parte da premissa que os processos que transformam a matéria-prima devem ser autogerenciáveis, isto é, deve garantir a produção com qualidade. No entanto, no ambiente da construção é comum que os processos careçam deste tipo de conceitos, devido basicamente às tecnologias usadas, à mão de obra envolvida, ausência de padronização e mecanização entre outras. Assim, o problema aqui não estaria no fato de realizar a inspeção e sim na sequência em que esta ocorre, pois no cenário apresentado a inspeção está aumentando o *lead time* da produção, situação que deve ser eliminada ou pelo menos modificada de tal forma que ocorra paralelamente aos processos sem afetar o *lead time*.

Nenhuma das atividades analisadas apresenta uma estrutura definida que indique seus elementos de trabalho, a quantidade de oficiais e ajudantes que devem ser envolvidos, o tempo de ciclo e o *lead time* que a governam etc. Estas características dificultam a coleta de dados, pois não há um padrão definido, prejudicam o ritmo da obra e impossibilitam o balanceamento das atividades.

Algumas das atividades apresentadas no MFV apresentam uma classificação de qualidade “A2” e “A3” como no caso do grauteamento, a elevação da alvenaria das fiadas 6 a 14 e o contrapiso.

O grauteamento obteve uma qualidade “A2” devido ao fato da tecnologia do processo obrigar a realização de outras atividades na alvenaria, que não agregam valor e, sim, criam retrabalhos e tarefas adicionais. Isto faz referência à necessidade de realizar pequenas aberturas nos blocos (janelas de verificação) da primeira e sexta fiada para verificar se o graute ocupou totalmente o nicho. Desta forma são criadas tarefas adicionais como: corte de blocos, colocação das tampas para evitar que o graute se esvazie e a atividade de inspeção como tal. O problema radica em que esta medida somente visa a verificação do enchimento do duto, quando deveria contribuir a que o processo se desenvolva de tal forma que seja desnecessário a verificação, como, por exemplo; reduzir a densidade do graute para que o mesmo flua mais facilmente, ou

incluir equipamentos como o vibrador, que contribuem para sua movimentação para ocupar todos os espaços do duto (Figura 49).

Figura 49 - Janelas para verificação de groute



Fonte: registro fotográfico do autor.

- Mesmo apresentando bom desempenho geral, a alvenaria obteve uma qualidade “A3”, pois a execução não prevê a abertura para o engastamento da escada pré-fabricada, gerando como consequência atividades adicionais e prejuízos. Por uma parte se criam tarefas adicionais como a demolição de 0.8 m^2 ($2\text{m} \times 0,4\text{m}$) de muro e o recolhimento do entulho e, por outra, se desperdiça a matéria-prima (bloco e argamassa), a energia investida para a construção e a energia investida para a demolição (Figura 50).

Figura 50 - Abertura necessária na alvenaria para engastamento da escada pré-fabricada



Fonte: registro fotográfico do autor.

- Da mesma forma que na alvenaria, o contrapiso apresenta uma situação parecida. A escada, que possui dois lances, requer dois apoios, um na alvenaria e outro no contrapiso; porém as dimensões físicas desta exigem que o apoio inferior esteja 15 cm abaixo do nível do contrapiso, gerando desta forma, a necessidade de demolir o concreto e escavar uns centímetros da terra. Este fato, ao igual que no caso da alvenaria, gera consequências secundárias como o desperdício de materiais, a perda de energia investida e a geração do entulho (Figura 51).

Figura 51 - Quebra do contrapiso para permitir a colocação da escada



Fonte: registro fotográfico do autor.

Mesmo que as atividades de fluxo somente compõem 27,5% do *lead time* do pavimento térreo, acredita-se que a composição dos elementos do trabalho ainda apresente inúmeras atividades que podem ser eliminadas para contribuir com o aumento da parcela de atividades que agregam valor (72,5%). Esta hipótese resulta das observações realizadas no canteiro de obras, onde se percebem tarefas que não agregam valor e tempos ociosos nos operários.

Finalmente, a partir do gráfico que relaciona os tempos de ciclo com o tempo *takt* e da LDB que mostra o contraste entre os dois ritmos, pode se inferir que o aumento das equipes gerou um aumento na produção que não era necessário para o esquema planejado, pois a entrega da obra não se modificou e aparentemente o aumento do ritmo não se verá refletido nas atividades fluxo acima.

6.1.6 LISTAGEM DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

Em seguida se apresenta um resumo dos problemas encontrados em cada um das análises realizadas ao longo deste capítulo (Quadro 18)

Quadro 18 - Recompilação dos problemas encontrados nas diferentes analisadas

PROBLEMAS	
Não houve um projeto de canteiro definido que relacionasse temas como tamanho e localização das áreas de trabalho, determinação da sequência de execução e especificação das vias de acesso e circulação para movimentação das pessoas e fornecimento de material.	Nível de planejamento
O planejamento da obra prevê <i>lead time</i> de produção elevados, compostos por intervalos de espera importantes.	Nível de planejamento
A estratégia de execução incentiva a abertura de várias frentes de trabalho ao mesmo tempo (Produção empurrada).	Nível de planejamento
Não há uma definição clara dos ritmos de produção das atividades. Falta de sincronia entre processos	Nível de planejamento
O planejamento não é acompanhado com a rigorosidade que se requer.	Nível macro da execução
Mudanças nos ritmos da produção (incremento ou diminuição das equipes) sem objetivos específicos.	Nível macro da execução
O esquema de fornecimento de material ainda permite o transporte manual	Nível macro da execução
As inspeções causam o aumento do <i>lead time</i> , pois estão dentro do fluxo principal da cadeia.	Nível operacional da execução
A diferença entre os tempos de ciclo e o tempo <i>takt</i> , evidencia o excesso de mão obra para executar alguns serviços.	Nível operacional da execução
O esquema para a verificação do graute não garante o enchimento do nicho e sim criam atividades que não agregam valor.	Nível operacional da execução
O projeto e a execução da alvenaria não prevê a abertura que se necessita para o engastamento da escada.	Nível operacional da execução
O projeto e a execução do contrapiso não prevê o espaço necessário para o engastamento da escada.	Nível operacional da execução

Fonte: elaboração do autor.

6.2 ESTÁGIO 2: CLASSIFICAÇÃO DAS RAÍZES DOS PROBLEMAS

Para o desenvolvimento deste estágio foram realizadas duas reuniões para discutir os problemas encontrados de acordo com o diagnóstico realizado e se chegou a propor algumas ideias focando a origem desses problemas.

A primeira reunião foi realizada no dia 12/04/2013 no escritório da obra e teve como participantes a equipe da obra (diretor da empresa, o mestre da obra, os engenheiros encarregados do controle da qualidade e do planejamento) e a equipe da UFSCar. O principal objetivo da reunião foi apresentar os problemas encontrados na análise do planejamento e o executado até o momento da reunião (nível macro) para discutir as possíveis fontes desses problemas e definir o foco do estudo de nível micro a ser realizado.

A reunião foi realizada em duas partes. Na primeira parte foram apresentados alguns conceitos básicos da filosofia enxuta, destacando, principalmente aqueles que se relacionam com os problemas encontrados no diagnóstico. Logo, na segunda etapa explicou-se o diagnóstico macro realizado com base na LDB e o MFV. No final da apresentação realizou-se um quadro resumo, relacionando os problemas encontrados, os conceitos da filosofia enxuta e suas consequências.

Na segunda reunião, que teve a participação das mesmas pessoas, se apresentou o estudo realizado para a execução da alvenaria do pavimento térreo e foram abordados todos os problemas levantados nas diferentes análises. A partir disto foram discutidas as razões desses problemas, visando encontrar sua origem, que logo seria classificada e analisada por todos os participantes para propor caminhos que nortearão as propostas finais de melhoria. Assim, o Quadro 19 mostra na primeira coluna o problema encontrado, seguido da sua origem e, por último, a identificação das proposições de melhoria que irão guiar o estágio 4 de implementação das propostas.

Quadro 19 - Relação entre os problemas encontrados, as raízes, classificação e a proposta de melhoria

Problemas	Origem do problema	Classificação	Identificar propósitos de melhoria
Não houve um projeto de canteiro definido que relacionasse temas como tamanho e localização das áreas de trabalho, determinação da sequência de execução e especificação das vias de acesso e circulação para movimentação das pessoas e fornecimento de material.	Embora a empresa tenha, dentro dos seus procedimentos, a realização deste projeto, nesta obra não foi realizado em função, basicamente, da urgência do início da obra.	Preparação e ajuste	Devem-se criar mecanismos para garantir que a obra não se inicie sem contar com certos elementos de entrada como, neste caso, o projeto de canteiro.
O planejamento da obra prevê <i>lead time</i> de produção elevado, composto por intervalos de espera importantes.	<ol style="list-style-type: none"> 1. As atividades que compõem o planejamento não têm definidos parâmetros como: equipes envolvidas, tempos de ciclo, tempos de processamento. 2. Não são usadas técnicas como a LDB para sincronizar as atividades e reduzir o trabalho em progresso. 3. Planeja-se com o conceito de empurrar a produção e não visando puxar a produção. 4. O esquema de financiamento com o banco prevê a liberação de parcelas do empréstimo a partir do avanço da obra, obrigando às vezes a abrir frentes de trabalho e acelerar o ritmo. 	Espera específica do processamento, processamento.	Definir parâmetros para cada atividade (mão de obra, tempos de ciclo, <i>lead time</i> , elementos de trabalho) e utilizar a LDB como base para o planejamento detalhado do método de Gantt e, inclusive, vincular este com o plano de financiamento do banco.
Não há uma definição clara dos ritmos de produção das atividades. Falta de sincronia entre processos			
A estratégia de execução incentiva a abertura de várias frentes de trabalho ao mesmo tempo. Produção empurrada			
O planejamento não é acompanhado com a rigorosidade que se requer.	A origem deste problema está na cultura própria da construção, que percebe o planejamento como uma ferramenta necessária, porém que perde seu valor pelo desvio com respeito à realidade e pela inclusão de lacunas em função das incertezas em certos temas como a mão de obra e o clima. Isto repercute num controle da produção frágil.	Processamento.	Fazer com que o planejamento se torne uma técnica confiável que sirva de modelo para controlar a execução do empreendimento.

Mudanças nos ritmos da produção (incremento ou diminuição das equipes) sem objetivos específicos.	A mão de obra, talvez pelo esquema de contratação usado, apresenta instabilidade (inconstância), causando incertezas, que se transmitem em tomadas de decisões protecionistas que buscam aproveitar os tempos de bonança na demanda de mão de obra para produzir mais e equilibrar os tempos de queda.	Específicas do processamento.	Aprimorar ou mudar o esquema de contratação da mão de obra.
A diferença entre os tempos de ciclo e o tempo <i>takt</i> , evidencia o excesso de mão obra para executar alguns serviços.	As incertezas que causam as variações do mercado de trabalho fazem com que, se for possível, se incremente a mão de obra para se contrapor as quedas na demanda da mão de obra.	Processamento	
O esquema de fornecimento de material ainda permite o transporte manual	O transporte pela <i>skytrak</i> se converteu no gargalo da produção, fazendo com que este, por reduzir o tempo de ciclo, aloque os materiais na frente das casas, e se gere assim, um transporte adicional.	Transporte	O planejamento operacional deve considerar o tempo de ciclo da <i>skytrak</i> e vinculá-lo com as outras atividades.
As inspeções causam o aumento do <i>lead time</i> , pois estão dentro do fluxo principal da cadeia.	A frequente manifestação de erros de execução e baixa qualidade obrigaram a reforçar o controle, resultando em inspeções rigorosas que demandam mais tempo.	Inspeção	Eliminação ou redução do tempo de inspeção. Também poderia se executar esta atividade paralelamente de tal forma que não afete o <i>lead time</i> da produção.
O esquema para a verificação do graute não garante o enchimento do nicho e sim criam atividades que não agregam valor.	A execução desta atividade sempre tem sido dessa maneira e nunca se questionou o procedimento.	Inspeção	Buscar estratégias que visem garantir o enchimento total dos dutos.
O projeto e a execução da alvenaria não prevê a abertura que se necessita para o engastamento da escada.	A obra não capacitou as equipes encarregadas da elevação da alvenaria para não executar o vão no qual a escada é engastada.	Processamento	Capacitar as equipes para executar o serviço com as novas exigências.
O projeto e a execução do contrapiso não prevê o espaço necessário para o engastamento da escada.	A obra não capacitou às equipes encarregadas da concretagem do contrapiso não executar o vão no qual a escada se apoia.	Processamento	Capacitar as equipes para executar o serviço com as novas exigências.

Fonte: elaboração do autor

Cabe salientar que o quadro apresentado se produz em conjunto com a equipe de obra, porém não houve um processo de avaliação e desenvolvimento de medidas e de propostas para aprimorar as situações observadas no diagnóstico. Neste sentido, na coluna 4 se descreve uma breve proposta que resultou da reunião interna da equipe da UFSCar, porém cabe salientar que as propostas finais devem surgir a partir de um *brainstorming* que inclua as opiniões de todos os participantes, tanto da equipe da UFSCar quanto da equipe de obra. As opiniões e propostas que surgirem nesta reunião devem ser entendidas por todos os envolvidos e apresentadas num MFV futuro macro (Figura 52) e MFV futuro micro (Figura 53), como se apresenta em seguida. As oportunidades de *Kaizen* alocadas nos dois gráficos correspondem às propostas realizadas no Quadro 19.

6.3 MFV FUTURO DO NIVEL MACRO

O MFV futuro que se apresenta na Figura 52 mostra as propostas definidas no item anterior. A primeira proposta é aprimorar o planejamento da obra, adicionando a LDB como técnica de apoio à programação com o método de *Gantt*. Para isto, devem se definir os parâmetros para cada atividade (ritmos de produção, *lead times* dos serviços, composição das equipes envolvidas, elementos de trabalho de cada operário etc.). Com estas variáveis definidas se facilita a incorporação de conceitos como o balanceamento da produção, sincronização a partir do tempo *takt*, fluxo contínuo, balanceamento do operador e produção puxada.

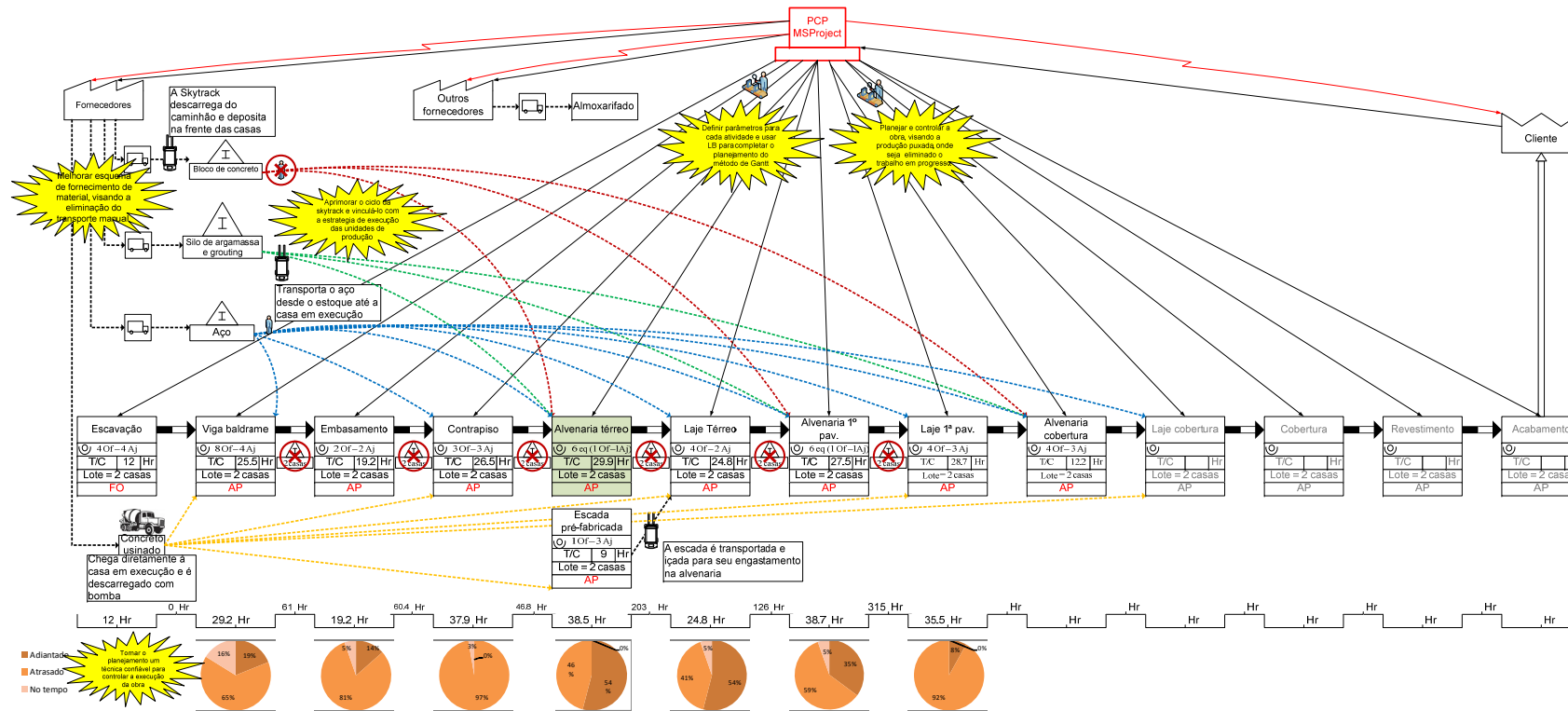
O objetivo desta ideia é programar a obra do final até o início, partindo da entrega das casas até chegar às atividades iniciais, incorporando o conceito de tempo *takt*, o qual daria o ritmo que deve existir entre a entrega da última casa (K_n) e as casas anteriores (K_{n-1}). Desta forma é possível sincronizar os serviços, identificar o trabalho em progresso resultante das diferenças nos ritmos de cada serviço, definir a data de início do projeto, tendo em conta o tempo *takt*, os ritmos de produção, entre outros.

Uma vez realizado o planejamento conforme as diretrizes apresentadas, o passo seguinte é controlá-lo e garantir que seu delineamento seja obedecido para que não se apresentem atrasos na conclusão das atividades, como aconteceu no MFV atual do nível macro. Não sendo possível seguir o cronograma é importante identificar e registrar as causas pelas quais houve atraso.

Por outra parte, é importante definir a estratégia de execução tendo em conta o ritmo da *skytrack*, cuja análise vai depender; das distâncias a serem percorridas, dos tempos de carregamento e descarregamento de material e do número de frentes em execução etc.

Finalmente, deve se aprimorar o esquema para o fornecimento de material, para o qual poderia se implementar um *Kanban* que indique o material requerido, suas quantidades para executar o serviço e ao conjuntos de casas aonde deve ser enviado. Dessa maneira, se evitaria o estoque de material, a desorganização e se aumentaria o controle dos insumos.

Figura 52 - MFV futuro do nível macro



Fonte: elaboração do autor.

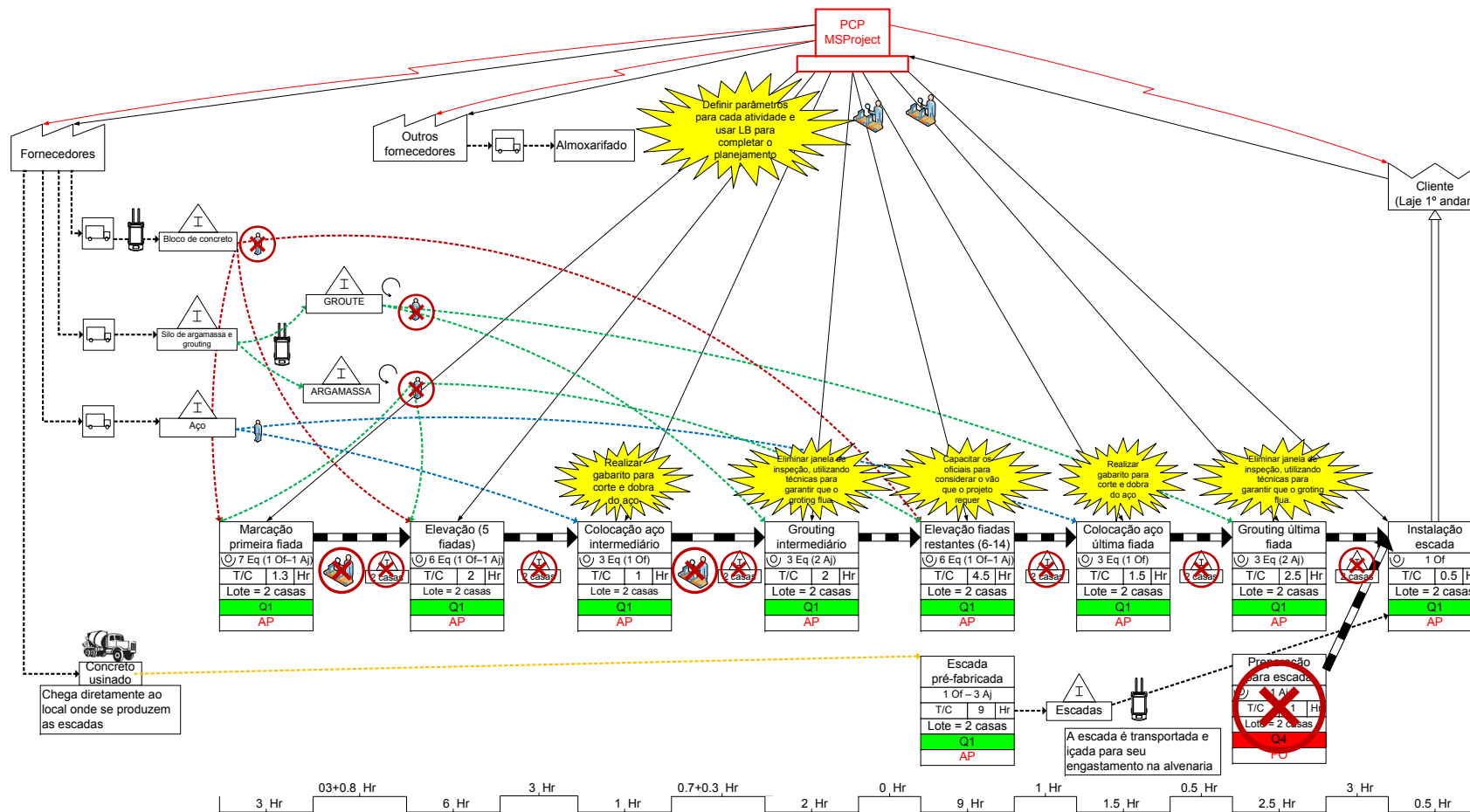
6.4 MFV FUTURO DO NIVEL MICRO

Além das propostas realizadas no MFV macro, que também são aplicáveis neste nível, se sugeriu, em primeiro lugar, mudar o esquema das inspeções, realizando-as de forma paralela de tal forma que não afetem o *lead time* do processo. Outra opção seria reduzir o tempo de inspeção ou aumentar a qualidade do serviço para que a inspeção seja desnecessária.

O processo construtivo apresenta falhas que obrigam a realizar atividades de retrabalho como é o caso das fiadas de alvenaria que devem ser retiradas para o engastamento da escada e a demolição do contrapiso. Estas atividades podem ser eliminadas por meio da capacitação das equipes e uma melhor estratégia de execução que preveja esse tipo de problemas.

Por outra parte, observaram-se as atividades que se criam em torno à verificação do enchimento dos blocos com graute tais como: abertura da janela de inspeção, fechamento das janelas, verificação do enchimento. Isto mostra que esse serviço deve ser repensado, de tal forma que não seja necessário realizar a janela e se garanta o enchimento total dos blocos Figura 53.

Figura 53 - MFV futuro do nível micro



Fonte: elaboração do autor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 ATENDIMENTO AO OBJETIVO PROPOSTO

Este trabalho teve como objetivo propor um roteiro para diagnosticar, encontrar oportunidades de melhorias e materializar ditas oportunidades em canteiros de obras com base nos princípios e ferramentas da produção enxuta, abordando aspectos de planejamento e execução dos serviços.

O roteiro proposto representa uma contribuição para o processo de transformação para uma construção mais enxuta, posto que este se fundamenta tanto na teoria quanto na prática. No que tange ao tema teórico, se observa que suas bases são o mecanismo do pensamento científico (MPC) do Shingo (2010), o qual aborda a implementação de melhorias desde um conceito que visa o trabalho em equipe, incentiva a discussão dos problemas e assim mesmo das soluções, inter-relaciona as abordagens científicas e criativas e, finalmente, prioriza as melhorias contínuas, porém duráveis ao longo do tempo (*Kaizen*), acima das melhorias radicais (*Kaikaku*). Além disso, o roteiro se baseia nos conceitos da filosofia enxuta, vistas desde diferentes abordagens e no vínculo de duas técnicas: o MFV e a LDB. No sentido prático, o roteiro se sustenta nos estudos experimentais realizados e estudados e na metodologia seguida pela empresa Hominiss, cuja consultoria foca a implementação da produção enxuta nas empresas. Neste sentido, considera-se que o roteiro conta com uma estrutura fluxo-orientada, sistemática e prática que favorecerá a identificação dos problemas e suas raízes, ao encontro de soluções e melhorias e, finalmente à concretização das propostas.

Analisando o roteiro à luz do estudo prático desenvolvido no capítulo 6, observou-se que as técnicas e o processo adotado para a identificação dos problemas se mostraram adequados no canteiro de obras analisado e proporcionaram a identificação e quantificação dos desperdícios, assim como as situações em divergência com os conceitos e princípios *lean*.

Por outra parte, o estágio 2 (Classificação das raízes dos problemas) forneceu os meios para identificar a causa real dos problemas (origens) e não simplesmente suas consequências,

possibilitando a proposição e implementação de soluções futuras mais eficientes, que resolverão os problemas definitivamente.

No estágio 3, se evidenciaram as vantagens que produz o *brainstorming* entre os encarregados da direção, execução e controle da obra, sob as abordagens criativas e científicas. A sequência de questionamentos garantiram a produção de ideias viáveis economicamente, alinhadas com a filosofia *lean* e focadas à resolução definitiva da problemática encontrada.

Finalmente, destaca-se a plena concordância por parte da equipe de diretoria e gerencial da obra quanto aos resultados obtidos. O trabalho veio a corroborar com a percepção desta equipe, mostrando de forma quantitativa a ineficiência tanto do planejamento elaborado quanto da sequência e momento de execução dos serviços nas unidades produtivas. Isto evidencia, novamente, o potencial do roteiro proposto e avalia a sua funcionalidade dentro de um canteiro de obras.

Com base nisto, conclui-se que o objetivo proposto para esta dissertação foi atingido de forma plena e como resultado de uma metodologia estruturada e bem fundamentada.

7.2 CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DO ROTEIRO

Embora o empreendimento estudado apresente um desempenho favorável com respeito a outros concorrentes, observou-se que, neste tipo de projetos, ainda há muito desenvolvimento para ser aplicado para que o mesmo possa ser entendido como enxuto e, ainda mais, para alcançar os níveis de eficiência de outras indústrias como a automobilística.

Em outro sentido, concluiu-se que há uma falta de detalhamento ou mesmo desconhecimento do nível operacional do sistema de produção. Assim, afirma-se que o primeiro passo na transformação para a construção enxuta deve se focar na definição detalhada do modelo de produção no nível operacional, abordando temas como quantidade de operários envolvidos por atividade, elementos do trabalho dos mesmos, tempos de ciclo, tempos de produção etc. Uma vez alcançado isto, poderá se evoluir para conceitos mais refinados como balanceamento da cadeia de produção, *Just in time*, fluxo contínuo, eliminação de estoque etc.

7.2.1 CONCLUSÕES DO PLANEJADO

A empresa não tem a cultura de realizar o planejamento da obra à luz dos conceitos *lean*, fato que se evidenciou nos resultados descritos neste diagnóstico:

- As atividades analisadas não apresentam uma definição clara dos ritmos de produção, os operários envolvidos, os elementos de trabalho de cada etc.
- Dentro do planejamento foram incorporados tempos de espera (trabalho em progresso) altos entre atividades, porém sem uma razão específica, pois estas deveriam ser o resultado do balanceamento das atividades.
- Há incompatibilidade entre o tempo *takt* do projeto e os tempos de ciclo das atividades.
- Com base na filosofia *lean*, pode-se afirmar que o planejamento da obra foi realizado visando uma produção empurrada.

7.2.2 CONCLUSÕES DO EXECUTADO

Todas as conclusões do estágio anterior (diagnóstico do planejado) foram evidenciadas também neste estágio, porém houve outros pontos importantes que merecem ser destacados:

- Em termos de porcentagem, as atividades de fluxo (atividades que não agregam valor) correspondem a um 77.4 % do total de *lead time* de produção de uma unidade. Este valor se considera um prejuízo para a obra e, portanto, um problema que deve ser eliminado.
- O esquema de financiamento que há entre o banco e a obra prejudica o sequenciamento de execução, pois a obra deve mostrar avanços reais para garantir os aportes mensais por parte do banco. Isto cria a necessidade de abrir várias frentes de trabalho ao mesmo tempo, fato que por sua vez, cria certa liberdade ao operário para escolher, segundo as oportunidades de remuneração, a frente onde deseja trabalhar. Neste sentido, as equipes irão trabalhar onde exista maior facilidade para produzir e, conseqüentemente maior remuneração.
- A escassez de mão de obra, em particular a especializada, teve como consequência uma redução na produtividade de alguns serviços. Este fato, por sua vez, gerou a necessidade

de aumentar a mão de obra, sempre que foi possível, criando diferenças importantes nos ritmos de produção, que impossibilitam o balanceamento das atividades e a identificação de padrões para a realização do estudo.

7.2.3 CONCLUSÕES DO SERVIÇO DE ALVENARIA

No que diz respeito ao diagnóstico do serviço de alvenaria, conclui-se:

- Observou-se que do *lead time* registrado no diagnóstico macro para a alvenaria (38.5 hr), 26% corresponde a atividades que não agregam valor (atividades de fluxo). Com base nisto poderia se inferir que as demais atividades também estão compostas, internamente, por atividades de fluxo, o qual sugere análises micros tal como o realizado na alvenaria.
- Os retrabalho nas atividades de alvenaria e contrapiso poderiam ser evitados ainda mais, se existem projetos definidos para ambos os serviços.
- Há oportunidades de aprimoramento no esquema de transporte da *skaytrack*, visto que este ainda permite o transporte manual.

7.3 AVALIAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: MFV E LDB

Com base na experiência prática obtida ao longo do desenvolvimento desta dissertação contactou-se que o MFV, não somente é aplicável, senão que também é potencialmente funcional dentro do contexto da construção civil. Neste sentido, afirma-se que esta técnica contribui ao entendimento de um modelo de produção e facilita a identificação de situações em contraposição à filosofia *lean*. Adicionalmente, o MFV e o conceito por trás deste, possibilitam a sua utilização em outros setores e permitem, sem alterar a essência, a adição de outras informações, visando o aprimoramento das suas funções, pois a técnica, na sua versão original carece de elementos importantes para o entendimento do processo, a avaliação da situação atual e proposição de melhorias.

No mesmo sentido, evidenciou-se o potencial de aplicação da técnica da LDB para contribuir com o planejamento do empreendimento e com o processo de diagnóstico, que em

virtude da sua faculdade gráfica, permite entrever de forma geral o fluxo de valor que atravessa a matéria-prima para se converter no produto final solicitado pelo cliente.

7.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar diagnósticos de obras de sistemas construtivos industrializados (*steel frame*, pré-fabricados), utilizando o roteiro, os conceitos e fundamentos técnicos apresentados neste trabalho.
- Aplicar o roteiro proposto em construções verticais (edifícios de múltiplos pavimentos), visando diagnosticar e propor melhorias à luz da filosofia *lean*.
- Devido a que a aplicação do roteiro num canteiro de obra somente abordou os estágios 1,2 e 3, se sugere como trabalho futuro, aplicar a metodologia em outra obra, porém realizando especialmente o estágio 4 (implementação).

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R.; ANTUNES JR, J. *Takt-Time*: Conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Gestão e Produção**, v.8, p. 1-18, set. 2001.

AMORIM, S. **Tecnologia, Organização e Produtividade na Construção**. 1995. 201 p. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1995.

ARBULU, R; BALLARD, G; HARPER, N. Kanban in construction. INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003. Virginia. IGLC 11 **Capítulo de Supply chain management**, Estados Unidos: IGLC, 2003. p. 1- 9

ARDITI, D; TOKDEMIR, O; SUH K. Challenges in Line-of-Balance Scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n.6, p. 545 – 556, 2002.

BALLARD, G; HOWELL, G. What kind of production is construction?. **International Group for Lean Construction**, v.6, 1999.

BERLINER, C; BRIMSON, J. Cost Management for Today's Advanced Manufacturing. **Harvard Business School Press**, 1988 Boston. 253 p.

BULHÕES, I. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil**: Uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta. 2009. 332 p. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas SP, 2009.

BULHÕES, I.; PICCHI, F. Diretrizes para a Implementação de Fluxo Contínuo em obras de edificações. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2011. Porto Alegre. 2011. v. 11. n.4. p. 205-223

BULHOES, I.; PICCHI, F.. Fluxo contínuo em Projetos Estruturais para Obras em pré-Fabricados de Concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Fortaleza. 2008.

BULHOES, I.; PICCHI, F.; FOLCH, A. Ações para Implementar Fluxo Contínuo na Montagem de Estrutura Pré-fabricada. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Florianópolis, 2006, SC, 2006. 10p

CAMP, R. C. **Benchmarking**: The search for industry best practices that lead to superior Performance. Milwaukee: ASQC Quality Press, Milwaukee, 1989. 299 p.

CANOVA, F. **A aplicação da mentalidade enxuta numa indústria de pré-fabricados de concreto**. 2005. 84 p. Dissertação de mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia. – Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

CIAMPA, D. **The CEO's Role in Time-Based Competition**. In: BLACKBURN, J.D. TIME-BASED COMPETITION. Business One Irwin, Homewood, IL. 1991, p. 273 - 293.

COPPINI, N.; BEKESAS, L.; BAPTISTA, E. Value Stream Mapping simulations using ProModel software. In: THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, 2011. Singapore. 2011. p. 575-579.

COSTA, A.; JUNGLES, A. O Mapeamento do fluxo de valor aplicado a uma fábrica de montagem de canetas simulada. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., Fortaleza, 2006.

DANKBAAR, B. **Lean Construction**: denial, confirmation or extension of Sociotechnical Systems Design? Human Relations , p.567-583, 1997.

ELIAS, S. et al. **Planejamento do Layout de Canteiros de Obras**: Aplicação do SPL (Systematic Layout Planning). **Disponível em:** <<http://www.abepro.org.br>> Acesso em 12 abril 2013.

FONTANINI, P.; PICCHI, F. Diagramas de Influência para uma Cadeia de Suprimentos da Construção Civil - Estudo de caso preliminar na cadeia de Pré-fabricados de Concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza, CE, 2008. 10p

FORMOSO, Carlos. **Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos. Apostila Norie UFRGS**, 2000.

FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at Toyota**. New York: Oxford University Press, New York, 1999.

GALLARDO, C.; GRANJA, A.; PICCHI, F. Integração da gestão da Fabricação e Montagem de Peças de Concreto Pré-fabricado In-situ usando Conceitos Lean Thinking. **Revista de ingeniería de construccion**, Santiago, v. 21, n. 1, p. 5-12, 2006.

GIONGO, P. **Gerenciamento na Construção Civil**. Santa Maria, 2008. Disponível em: <www.afsm.br>. Acesso em: Março de 2009.

HIROTA, E.; FORMOSO, C. Implementação da Construção Enxuta: Contribuições da Aprendizagem na Ação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2, Fortaleza, CE, 2001. Artigo técnico., 2001. 15 p.

HOWELL, G. **What is lean Construction. California: International Group for Lean Construction**. California, 1999.

HOU. Tung-Hsu, HU, Wei-Chung. **An integrated MOGA approach to determine the Pareto-optimal Kanban number and size for a JIT system**. Expert systems with applications ELSEVIER, 2010.

JULISCH, K. Clustering intrusion detection alarms to support root cause analysis. **ACM Transactions on Information and System Security**, V. 6, n. 4, p. 443–471. 2003

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE technical report, Stanford, 1992. 81 p.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000, 296 p. Tese (Doutor de Tecnologia) – Technical Research Centre of Finland – VTT. Helsinki, 2000.

KOSKELA, L.; Making-do the Eighth Category of Waste. **Annual IGLC Conference on Lean Production**, 12. 2004, Denmark, 2004a.

KOSKELA, L. Moving On – Beyond Lean Thinking. **Lean Construction Journal**, v.1, n.1, p. 24 – 37, 2004b.

KOSKELA, L. Lean production in construction. In: ALARCON, Luis. **Lean Construction**. Rotterdam: A.A. Balkema. 1997. p.1-10.

KOTLER, P. **Administração de marketing**. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000. 175 p.

KUPKA, C. **Time as a Primary System Metric**. In: HEIM, JOSEPH A. & COMPTON, W. DALE .1992. Manufacturing systems: foundations of world-class practice. Washington: National Academy Press, Washington, DC. p. 166 - 172.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Léxico Lean**: Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. 4 ed. São Paulo: Lean Enterprise Institute, 2011. 130 p.

LIKER, J. **The Toyota Way**. 2004. Tata McGraw-Hill

LILLRANK, P. The transfer of management innovations from Japan. **The European Institute of Japanese Studies**, Stockholm. 1995.

LUMSDEN, P. **The Line of Balance Method**. Oxford: Pergamon Press, 1968.

MARTIN, K.; OSTERLING, M. **The Kaizen event planner**: achieving rapid improvement in office, service, and technical environments. New York: Productivity Press. 2007

McLOUGHLIN, C. (Edit.). In: SHINGO, S. (2010). Kaizen e a arte do pensamento criativo: o mecanismo do pensamento científico. Editora Bookman. Luiz Claudio de Queiroz Faria (Trad.). Porto Alegre, Brasil. 2010

MELLO, L. **Modernização das pequenas e médias empresas de Construção Civil**: impactos dos programas de melhoria da gestão da qualidade. 2007. Tese de Doutorado em Engenharia Civil - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói - RJ, 2007.

MELLO, L.; AMORIM, S. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Produção**, V. 19, n. 2, p. 388-399. 2009.

NAVAL MATERIAL COMMAND (NAVMAT). **Line-of-Balance technique**. Washington DC, 1962

OH, Y.; SCHMIDT, A.; WOO, W. Designing, developing, and evaluating context-aware systems. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT. IEEE, 2007. Seoul. 2007. p. 1158-1163.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.

ORTIZ, F; VIVÁN, A; PALIARI, J. Procedimentos e dificuldades registradas na aplicação do mapeamento do fluxo de valor numa obra em São Carlos-SP. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2012, Coimbra, Portugal, v.1, n. 12, 2012.

PALIARI, J. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. 1999. Dissertação de mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PASQUALINI, F.; Mapeamento do Fluxo de Valor na Construção: Estudo de Caso em uma Construtora Brasileira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005.

PICCHI, F. Lean Thinking (Mentalidade Enxuta): Avaliação Sistemática do Potencial de Aplicação no Setor de Construção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2001, Fortaleza. **PROCEEDINGS** Fortaleza. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>> acesso em: Setembro 2012.

PICCHI, F. Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na Construção. **Ambiente Construído Revista da Antac**, Porto Alegre, v.3, n.1, p. 7-23, jan./mar. 2003.

PSARROS, M. **SYRUS**: A program for repetitive projects. 1987. p. 210 Dissertação de mestrado do Departamento de Engenharia Civil. Illinois Institute of technology, Chicago. 1987.

REIS, T.; PICCHI, F. Identificação de Desperdícios através de Ferramentas de Lean Thinking aplicadas a estudos de caso do Fluxo de Negócios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10. 2004, São Paulo, SP, 2004, 13 p.

RODRIGUES, R.; TIRINTAN, M; PICCHI, F. Utilização Do Mapeamento de Fluxo de Valor para Avaliação da Produção de Lajes Pré-fabricadas Estudo de caso: Obra Jardim das Torres-São Carlos/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 4., 2005, Porto Alegre.

ROSENBAUM, S.; TOLEDO, M.; GONZALEZ, V. Green-lean approach for assessing environmental and production waste in construction. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20., 2012. p 10.

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.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o fluxo contínuo**: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008.

SANTANA, P; SOUZA, D; MOREIRA, S; AMORIM, S. Indicadores de Qualidade e Produtividade na Construção Civil: Metodologia e Primeiros Resultados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1994. p. 6.

SHIMAZU, K.; ARISAWA, T.; SAITO, I. Interdisciplinary contents management using 5W1H interface for metadata. **Proceedings of the 2006 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence**. Hong Kong, v.1, n.1, p 909-912, 2006.

SHINGO, S. **Kaizen**: e a arte do pensamento criativo: o mecanismo do pensamento científico. Tradução de Luiz Claudio de Queiroz Faria. Porto Alegre: Editora Bookman, 2010.

SHINGO, S. **Modern approaches to manufacturing improvement**: the Shingo system. Portland: Productivity Press, 399 p. 1990.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996b. 291p.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**. 2. ed. Porto Alegre:Bookman, 1996a. 291p.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramentas**: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000. 327p.

SHINGO, S. **The sayings of Shigeo Shingo**: Key strategies for plant improvement. Andrew P. Dillon (Trad.). Cambridge: Productive Press, 189 p., 1987

SMALLEY, A. **Estabilidade é a base para o sucesso da produção lean**. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/>>. Tradução de Odier Tadashi. Acesso em: abril de 2012.

SPEAR, S.; BOWEN, K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, Setembro 1999.

SOUSA, H; MONTEIRO, A. Linha de balanço – Uma abordagem ao planeamento e controlo na construção. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO, Porto, 2., v.1, n.1 p. 1-12, Outubro. 2011.

STALK, G.; EVANS, P.; SHULMAN, L. Competing on Capabilities: The New Rules of Corporate Strategy. **Harvard Business Review**, 1992. Mar./Abril, p. 57 - 69.

TERRY, A; SMITH, S. **Build Lean**: transforming construction using Lean Thinking. Londres, Ciria, 2011. 159 p.

WOMACK, J.; JONES, D. T.; ROSS, D.; **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.

WOMACK, J. P.; JONES D. T. **A Mentalidade Enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. ed. Rio de Janeiro: campus, 1996.

XIAOMING, Mao; ZHANG, Xueqing. Construction Process Reengineering by Integrating Lean Principles and Computer Simulations Techniques. **Journal of Management in Engineering**, v134, n. 5, p. 371-381, 2008.

YIN, R. **Case Study Research**: design and methods. Second Edition. United States of America. Sage Publications, 2003.

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**, v. 135, n. 8, p 782-790. 2009.

ZOHAIR M.; SARRAJ, A. Formal development of Line-of- Balance technique. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1990, Disponível em: <ascelibrary.org>. Acesso em: 18 mar 2013.

ANEXOS

CRONOGRAMA DA OBRA

	% completado	Nome da tarefa	Duração	Comienzo	Fin	2012												2013											
						tri 3 2012			tri 4 2012			tri 1 2013			tri 2 2013			tri 3 2013			tri 4 2013								
						may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov					
1	20%	PROJETO	403.63 días?	mié 30/05/12	mié 13/11/13	[Gantt bar for PROJETO]																							
2	0%	DESPESAS INDIRECTAS	1 día?	mié 30/05/12	jue 31/05/12	[Gantt bar for DESPESAS INDIRECTAS]																							
58	100%	SERVIÇOS PRELIMINARES	45 días?	mié 30/05/12	jue 26/07/12	[Gantt bar for SERVIÇOS PRELIMINARES]																							
109	57%	MUROS - ARRIMOS E DIVISA CONDOMINIAL	195.25 días	mié 30/05/12	mié 20/02/13	[Gantt bar for MUROS - ARRIMOS E DIVISA CONDOMINIAL]																							
170	15%	CASAS - 76 unidades	373.25 días?	mié 30/05/12	lun 07/10/13	[Gantt bar for CASAS - 76 unidades]																							
171	100%	Estacas das Casas	125.5 días	mié 30/05/12	jue 08/11/12	[Gantt bar for Estacas das Casas]																							
180	80%	Execução de muros de arrimo internos	1 día?	mié 30/05/12	jue 31/05/12	[Gantt bar for Execução de muros de arrimo internos]																							
187	27%	Casas 67 a 76	251.5 días	lun 16/07/12	mié 19/06/13	[Gantt bar for Casas 67 a 76]																							
188	90%	Fundação + Contra piso	38.13 días	lun 16/07/12	vie 31/08/12	[Gantt bar for Fundação + Contra piso]																							
237	52%	Estrutura	96 días	lun 20/08/12	lun 07/01/13	[Gantt bar for Estrutura]																							
272	0%	Cobertura	16 días	jue 13/12/12	jue 17/01/13	[Gantt bar for Cobertura]																							
276	10%	Revestimentos	169 días	jue 13/09/12	lun 06/05/13	[Gantt bar for Revestimentos]																							
292	0%	Acabamentos	85 días	vie 01/03/13	mié 19/06/13	[Gantt bar for Acabamentos]																							
305	25%	Casas 01 a 10	231.75 días	lun 06/08/12	vie 14/06/13	[Gantt bar for Casas 01 a 10]																							
306	100%	Fundação + Contra piso	23 días	lun 06/08/12	mar 04/09/12	[Gantt bar for Fundação + Contra piso]																							
355	38%	Estrutura	84 días	mié 12/09/12	mar 15/01/13	[Gantt bar for Estrutura]																							
390	0%	Cobertura	16 días	lun 07/01/13	vie 25/01/13	[Gantt bar for Cobertura]																							
394	10%	Revestimentos	132 días	lun 29/10/12	mar 30/04/13	[Gantt bar for Revestimentos]																							
410	0%	Acabamentos	75 días	lun 11/03/13	vie 14/06/13	[Gantt bar for Acabamentos]																							
423	16%	Casas 45 a 52	200 días	lun 10/09/12	lun 10/06/13	[Gantt bar for Casas 45 a 52]																							
424	100%	Fundação + Contra piso	40 días	lun 10/09/12	mié 31/10/12	[Gantt bar for Fundação + Contra piso]																							
465	23%	Estrutura	56 días	mié 31/10/12	lun 28/01/13	[Gantt bar for Estrutura]																							
500	0%	Cobertura	14 días	vie 18/01/13	mié 06/02/13	[Gantt bar for Cobertura]																							
504	0%	Revestimentos	116 días	jue 22/11/12	lun 06/05/13	[Gantt bar for Revestimentos]																							
520	0%	Acabamentos	68 días	jue 14/03/13	lun 10/06/13	[Gantt bar for Acabamentos]																							
533	14%	Casas 11 a 20	203 días	mar 02/10/12	vie 05/07/13	[Gantt bar for Casas 11 a 20]																							
534	96%	Fundação + Contra piso	22 días	mar 02/10/12	mié 31/10/12	[Gantt bar for Fundação + Contra piso]																							
583	20%	Estrutura	65 días	lun 29/10/12	mar 05/02/13	[Gantt bar for Estrutura]																							
618	0%	Cobertura	16 días	lun 28/01/13	vie 15/02/13	[Gantt bar for Cobertura]																							
622	0%	Revestimentos	128 días	lun 26/11/12	mié 22/05/13	[Gantt bar for Revestimentos]																							
638	0%	Acabamentos	75 días	lun 01/04/13	vie 05/07/13	[Gantt bar for Acabamentos]																							
651	9%	Casas 37 a 44	193.88 días	vie 09/11/12	mié 31/07/13	[Gantt bar for Casas 37 a 44]																							
652	90%	Fundação + Contra piso	9 días	vie 09/11/12	jue 22/11/12	[Gantt bar for Fundação + Contra piso]																							
693	4%	Estrutura	57 días	lun 07/01/13	mié 20/03/13	[Gantt bar for Estrutura]																							
728	0%	Cobertura	14 días	mar 12/03/13	vie 29/03/13	[Gantt bar for Cobertura]																							
732	0%	Revestimentos	117 días	vie 25/01/13	mié 26/06/13	[Gantt bar for Revestimentos]																							
748	0%	Acabamentos	68 días	lun 06/05/13	mié 31/07/13	[Gantt bar for Acabamentos]																							
761	5%	Casas 29 a 36	221.5 días	lun 05/11/12	jue 29/08/13	[Gantt bar for Casas 29 a 36]																							
762	60%	Fundação + Contra piso	9 días	lun 05/11/12	vie 16/11/12	[Gantt bar for Fundação + Contra piso]																							
803	0%	Estrutura	57 días	mar 05/02/13	jue 18/04/13	[Gantt bar for Estrutura]																							
838	0%	Cobertura	14 días	mié 10/04/13	lun 29/04/13	[Gantt bar for Cobertura]																							
842	0%	Revestimentos	117 días	lun 25/02/13	jue 25/07/13	[Gantt bar for Revestimentos]																							
858	0%	Acabamentos	68 días	mar 04/06/13	jue 29/08/13	[Gantt bar for Acabamentos]																							
871	6%	Casas 53 a 64	258.38 días	mié 24/10/12	lun 07/10/13	[Gantt bar for Casas 53 a 64]																							
872	55%	Fundação + Contra piso	11 días	mié 24/10/12	jue 08/11/12	[Gantt bar for Fundação + Contra piso]																							
929	0%	Estrutura	72 días	lun 28/01/13	lun 29/04/13	[Gantt bar for Estrutura]																							
964	0%	Cobertura	16 días	mar 16/04/13	mié 08/05/13	[Gantt bar for Cobertura]																							
968	0%	Revestimentos	142 días	jue 21/02/13	jue 22/08/13	[Gantt bar for Revestimentos]																							
984	0%	Acabamentos	85 días	jue 20/06/13	lun 07/10/13	[Gantt bar for Acabamentos]																							
997	4%	Casas 21 a 28	219.13 días	mar 16/10/12	jue 08/08/13	[Gantt bar for Casas 21 a 28]																							
998	45%	Fundação + Contra piso	9 días	mar 16/10/12	vie 26/10/12	[Gantt bar for Fundação + Contra piso]																							
1039	0%	Estrutura	57 días	mar 15/01/13	jue 28/03/13	[Gantt bar for Estrutura]																							
1074	0%	Cobertura	14 días	mié 20/03/13	lun 08/04/13	[Gantt bar for Cobertura]																							
1078	0%	Revestimentos	117 días	mar 05/02/13	jue 04/07/13	[Gantt bar for Revestimentos]																							
1094	0%	Acabamentos	68 días	mié 15/05/13	jue 08/08/13	[Gantt bar for Acabamentos]																							
1107	0%	SALÃO DE FESTAS	65 días	lun 04/03/13	lun 27/05/13	[Gantt bar for SALÃO DE FESTAS]																							
1148	0%	PISCINA	47 días	mié 03/04/13	mar 04/06/13	[Gantt bar for PISCINA]																							
1172	35%	APOIO DE FUNCIONÁRIOS E LIXO	69 días	lun 02/07/12	mié 26/09/12	[Gantt bar for APOIO DE FUNCIONÁRIOS E LIXO]																							
1211	40%	GUARITA DE ENTRADA DE VEÍCULOS	75.38 días	mié 27/06/12	lun 01/10/12	[Gantt bar for GUARITA DE ENTRADA DE VEÍCULOS]																							
1252	0%	ACADEMIA	62 días	vie 22/03/13	mié 12/06/13	[Gantt bar for ACADEMIA]																							
1292	0%	CHURRASQUEIRA	67 días	jue 14/03/13	lun 10/06/13	[Gantt bar for CHURRASQUEIRA]																							
1335	0%	QUADRA POLIESPORTIVA	23 días	vie 26/04/13	mar 28/05/13	[Gantt bar for QUADRA POLIESPORTIVA]																							
1343	0%	INFRAESTRUTURA CONDOMINIAL	331 días?	jue 30/08/12	mié 13/11/13	[Gantt bar for INFRAESTRUTURA CONDOMINIAL]																							