

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**DIRETRIZES PARA AVALIAR A ESTABILIDADE DO FLUXO DE
VALOR SOB A PERSPECTIVA DA MENTALIDADE ENXUTA**

HELOIZA PIASSA BENETTI

Porto Alegre
Dezembro de 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**DIRETRIZES PARA AVALIAR A ESTABILIDADE DO FLUXO DE
VALOR SOB A PERSPECTIVA DA MENTALIDADE ENXUTA**

HELOIZA PIASSA BENETTI

Orientador: **Tarcisio Abreu Saurin**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título
de Doutor em Engenharia.

Porto Alegre
Dezembro de 2010.

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA e aprovada na sua forma final pelos orientadores e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr.Tarcisio Abreu Saurin

Orientador

Banca examinadora:

Prof^a. Cláudia Medianeira Cruz Rodrigues, Dr^a. (UFRGS)

Prof^o. Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D. (UFRGS)

Prof^a. Iamara Rossi Bulhões, Dr^a. (UNICAMP)

AGRADECIMENTOS

- ✓ Ao professor Tarcisio Abreu Saurin, por compartilhar seu conhecimento, apoio, críticas e pela compreensão demonstrada ao longo da realização deste trabalho;
- ✓ Ao professor José Luis Duarte Ribeiro, pelo exemplo profissional dedicado em todas as vezes que lhe solicitei;
- ✓ Aos membros da banca, Iamara Rossi Bulhões, Flávio Sanson Fogliatto e Cláudia Medianeira Cruz Rodrigues pelos comentários e sugestões apresentadas com o objetivo de valorizar o trabalho;
- ✓ À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em especial aos professores do programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), pelo estímulo ao desenvolvimento acadêmico;
- ✓ À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), em especial à Coordenação de Pós-graduação, por ter acreditado no Programa de Doutorado Interinstitucional (DINTER), por conduzir de forma tão dedicada, séria e correta este programa;
- ✓ A todos os diretores da Rotesma Pré-Fabricados e membros da gerência de produção da laje alveolar, pela disposição e colaboração na coleta de dados para a execução deste trabalho;
- ✓ A minha amiga Elizângela Marcelo Siliprandi, por sermos tão unidas e por isso esteve sempre presente e muito me ajudou;
- ✓ Aos meus familiares pelo carinho e apoio recebidos, principalmente aos meus irmãos Ernesto, Ana, Vera e Graziela pelos momentos de alegria e felicidade que sempre tivemos, mesmo diante das dificuldades que passamos;
- ✓ Ao meu marido, Daisson, e meus filhos Vitor e Vinicius, pelo carinho, pela paciência e pela compreensão demonstrada nos dias e horas em que não estive presente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Casa do Sistema Toyota de Produção (LIB, 2003).....	27
Figura 2 -	As quatro categorias do Modelo Toyota (LIKER, 2005 – Adaptado).....	31
Figura 3 -	Modelo de Fluxo (KOSKELA, 1992; 2000 – Adaptado).....	33
Figura 4 -	Diagrama de causa e efeito dos 4M (CHENG e PODOLSKY, 1993 – Adaptado).....	38
Figura 5-	Entrada e saída de um processo de produção (MONTGOMERY, 2004 – Adaptado).....	45
Figura 6 -	Fases da Estabilidade (desconectada à estendida do fluxo de valor) (LIKER e MEIER – Adaptado).....	46
Figura 7 -	Exemplo de mapa fluxo valor (ROTHER e SHOOK, 2003 – Adaptado).....	62
Figura 8 -	A relação entre as perdas e o índice OEE (NAKAJIMA, 1989 – Adaptado).....	78
Figura 9 -	Arranjo físico das pistas.....	87
Figura 10 -	Lajes alveolares protendidas, estocadas sobre calço de madeira.....	97
Figura 11-	<i>Layout</i> do setor de laje alveolar.....	98
Figura 12 -	Pistas de fabricação (1-laje em processo de corte; 2- com o aço de protensão; 3- pista limpa, pronta para distribuir o aço).....	98
Figura 13 -	Fluxo simplificado do processo de produção da laje.....	99
Figura 14 -	Vista da máquina de corte da laje alveolar.....	101
Figura 15 -	Armazenagem dos agregados - areia e brita.....	103
Figura 16 -	Usina dosadora de concreto.....	105
Figura 17 -	Mapa de Fluxo de Valor Atual.....	111
Figura 18 -	Valores do índice de absentéismo (dados de 2009).....	114
Figura 19 -	Demonstração das horas perdidas - faltas e atrasos (dados de junho a novembro de 2009).....	114
Figura 20 -	Valores do índice de rotatividade (dados de 2009).....	115
Figura 21 -	Valores do índice de multifuncionalidade (dados de 2009).....	116
Figura 22 -	Valores dos subitens do I_{MAM}	119
Figura 23 -	Produção mensal real versus produção mensal planejada (dados de 2009).....	122

Figura 24 -	Carta de controle para m ² /pista/dia (dados de 2009).....	123
Figura 25 -	Índice de Disponibilidade.....	126
Figura 26 -	Causas da parada da máquina.....	127
Figura 27 -	Índice de Performance.....	128
Figura 28 -	Índice de qualidade.....	129
Figura 29 -	Exemplo de cálculo de eficiência global de uma máquina moldadora.....	130
Figura 30 -	Índice de Eficiência Global do Equipamento.....	131
Figura 31 -	Homogeneidade dos indicadores: disponibilidade, performance e qualidade..	132
Figura 32 -	Comparação entre o <i>takt time</i>	142
Figura 33 -	Mapa do Estado Futuro – Laje alveolar.....	146
Figura 34 -	Etapas para avaliar a estabilidade de um fluxo de valor.....	150

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Conceitos de estabilidade em outras áreas.....	37
Quadro 2 -	Quadro de acompanhamento de produção (QAP).....	50
Quadro 3 -	Quadro de acompanhamento e identificação de problemas (ROTHER e HARRIS, 2002 – Adaptado.....	51
Quadro 4 -	Quadro resumo dos indicadores coletados.....	92
Quadro 5 -	Elaboração do plano 5W1H.....	95
Quadro 6 -	Linha de produção da laje alveolar.....	104
Quadro 7 -	Elementos de produção a partir dos quais foi realizada a avaliação da estabilidade.....	113
Quadro 8 -	Índice de avaliação de fornecedores de materiais (I_{AFM}) - Outubro/2009	118
Quadro 9 -	Simulação do quadro de acompanhamento da produção.....	122
Quadro 10-	Quadro-resumo dos resultados de capacidade e estabilidade dos indicadores.....	135
Quadro 11 -	Plano de ação (5W1H) no setor de laje alveolar.....	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Medidas estatísticas para análise da estabilidade e capacidade dos indicadores da mão-de-obra.....	117
Tabela 2 -	Medidas estatísticas para análise da estabilidade e capacidade para os indicadores I_{AFM} e I_{MAM}	124
Tabela 3 -	Medidas estatísticas para análise da estabilidade e capacidade para o indicador de produtos defeituosos.....	125
Tabela 4 -	Frequência das pequenas paradas.....	129
Tabela 5 -	Índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE).....	131
Tabela 6 -	Medidas estatísticas para análise da estabilidade e capacidade para o indicador OEE.....	132
Tabela 7 -	Tempos de ciclo dos elementos de trabalho.....	134

LISTA DE SIGLAS

ABCIC	Associação Brasileira de Construção Industrial em Concreto
EO	<i>Chief executive officer</i>
CEP	Controle Estatístico do Processo
CONWIP	<i>Constant work in process</i>
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar
DOE	<i>Design of Experiment</i>
DTP.	Diagrama ou Planilha de Trabalho Padronizado
FEPSC	Fornecedor, Entradas, Processo, Saídas, Cliente
FIFO	<i>First In, First Out</i>
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
IGLC	<i>International Group for Lean Construction</i>
IMVP	<i>International Motor Vehicle Program</i>
LIC	Limite inferior de controle
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSC	Limite superior de controle
LSE	Limite Superior de Especificação
ME	Mentalidade Enxuta
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NCPPM	Partes Não Conformes por Milhão
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PDCA	Planejar, Executar, Verificar, Agir
PE	Produção Enxuta
PEPS	Primeiro que Entra, Primeiro que Sai
PIB	Produto Interno Bruto
PPC	Porcentagem do Planejamento Concluído
QAP	Quadro de Acompanhamento de Produção
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>

STP	Sistema Toyota de Produção
TCTP	Tabela de Combinação de Trabalho Padronizado
TPM	Manutenção Produtiva Total
TRF	Troca rápida de ferramentas
TNAV	Tempo que não agrega valor
TAV	Tempo que agrega valor
TWI	<i>Training Within Industry</i>
WIP	<i>work-in-process</i>

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	04	
LISTA DE QUADROS.....	06	
LISTA DE TABELA.....	07	
LISTA DE SIGLAS.....	08	
RESUMO.....	15	
ABSTRACT.....	16	
1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.1.1	Contexto.....	17
1.1.2	Problema de pesquisa.....	20
1.2	QUESTÕES E OBJETIVOS DA PESQUISA.....	22
1.2.1	Questões de pesquisa.....	22
1.2.2	Objetivo geral.....	22
1.2.3	Objetivos específicos.....	22
1.3	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	23
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	23
2	A MENTALIDADE ENXUTA: PRINCÍPIOS, PRÁTICAS E ADAPTAÇÕES AO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	24
2.1	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP).....	24
2.1.1	Origem do Sistema Toyota de Produção.....	24
2.1.2	A casa do STP (LIB, 2003).....	27
2.1.3	O DNA do STP (SPEAR e BOWEN, 1999).....	28
2.1.4	Sistema Toyota Produção (STP) (LIKER, 2005).....	30
2.1.5	Mentalidade Enxuta (WOMACK e JONES, 2004).....	31
2.2	APLICAÇÕES DA PRODUÇÃO ENXUTA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: A FILOSOFIA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	32
2.2.1	Princípios da construção enxuta.....	32

3	ESTABILIDADE: CONCEITOS E FERRAMENTAS.....	37
3.1	CONCEITO DE ESTABILIDADE.....	37
3.1.1	Estabilidade da mão-de-obra.....	39
3.1.2	Estabilidade das máquinas.....	39
3.1.3	Estabilidade do material.....	40
3.1.4	Estabilidade do método.....	41
3.2	CONFIABILIDADE, CAPABILIDADE E VARIABILIDADE.....	42
3.2.1	Confiabilidade do processo.....	42
3.2.2	Capacidade do processo.....	42
3.2.3	Variabilidade dos processos.....	44
3.3	FASES PARA OBTENÇÃO DA ESTABILIDADE.....	46
3.4	PRÁTICAS DA PRODUÇÃO ENXUTA QUE CONTRIBUEM PARA A ESTABILIDADE.....	47
3.4.1	Gerenciamento visual ou transparência.....	47
3.4.2	Trabalho padronizado.....	48
3.4.3	Fluxo contínuo.....	51
3.4.4	Sistema puxado.....	53
3.4.5	Manutenção Produtiva Total (MPT).....	55
3.4.6	Posicionamento estratégico de estoques e cadeia de fornecedores.....	56
3.4.7	Treinamento de Instrução de Trabalho.....	59
3.4.8	Multifuncionalidade da mão-de-obra.....	60
3.5	FERRAMENTA DE VISUALIZAÇÃO DA MENTALIDADE ENXUTA.....	60
3.5.1	Mapa Fluxo de Valor (MFV).....	60
3.6	INDICADORES PARA ESTABILIDADE PRODUTIVA.....	63
3.6.1	Definição e atribuição de indicadores.....	64
3.6.2	Classificação dos indicadores.....	65
3.6.3	Medição de desempenho na Produção Enxuta (PE).....	66
3.6.4	Indicadores propostos para os 4Ms (mão de obra; materiais, máquinas e método).....	67
3.6.4.1	Mão-de-obra.....	68
3.6.4.2	Materiais.....	72
3.6.4.3	Máquinas.....	77

3.6.4.4	Métodos.....	80
4	MÉTODO DE PESQUISA.....	83
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	83
4.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	84
4.3	ESTUDO EXPLORATÓRIO.....	84
4.3.1	Descrição da empresa.....	84
4.3.2	Estudo exploratório.....	85
4.4	ESTUDO DE CASO.....	86
4.4.1	MFV do estado atual.....	87
4.4.2	Avaliar a estabilidade e capacidade no fluxo de valor.....	88
4.4.2.1	Mão-de-obra.....	88
4.4.2.2	Material.....	88
4.4.2.3	Máquina.....	90
4.4.2.4	Método.....	90
4.4.2.5	Indicadores utilizados e valores recomendados.....	91
4.4.2.6	Análise estatística dos resultados dos indicadores.....	92
4.4.3	Proposta para melhorar a estabilidade ao longo do fluxo de valor.....	93
4.4.4	O MFV do estado futuro.....	94
4.4.5	Plano de ação para implantar o MFV do estado futuro.....	94
5	ESTUDO EXPLORATÓRIO.....	96
5.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	96
5.2	A EMPRESA - CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	96
5.2.1	Processo de fabricação de lajes alveolares.....	96
5.2.2	Materiais.....	102
5.2.3	Mão-de-obra.....	104
5.2.4	Máquinas.....	105
5.2.5	Método.....	107
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO DE CASO.....	110
6.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	110

6.2	MAPA DO FLUXO DE VALOR (MFV) ATUAL.....	110
6.3	AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE NAS ETAPAS DO FLUXO DE VALOR.....	113
6.3.1	Avaliação da estabilidade da mão-de-obra.....	113
6.3.1.1	Análise estatística para a estabilidade e capacidade da mão-de-obra.....	117
6.3.2	Avaliação da estabilidade dos materiais.....	118
6.3.2.1	Análise estatística para a estabilidade e capacidade dos materiais.....	123
6.3.3	Avaliação da estabilidade das máquinas.....	126
6.3.3.1	Análise estatística para a estabilidade e capacidade da máquina.....	132
6.3.4	Avaliação da estabilidade do método.....	133
6.3.4.1	Análise estatística para a estabilidade e capacidade do método.....	134
6.3.5	Resumo da análise estatística dos indicadores.....	135
6.4	PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA O FLUXO DE VALOR BUSCANDO A ESTABILIDADE NOS 4M.....	136
6.4.1	Melhorias para a estabilidade da mão-de-obra.....	136
6.4.2	Melhoria para estabilidade do material.....	138
6.4.3	Melhorias para estabilidade das máquinas.....	139
6.4.4	Melhorias para estabilidade do método.....	140
6.4.5	Relação entre as práticas estabilizadoras e as que requerem estabilidade.....	141
6.5	MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO.....	142
6.6	ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO.....	147
7	DIRETRIZES PARA A AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE UM FLUXO DE VALOR SOB A PERSPECTIVA DA PRODUÇÃO ENXUTA.	149
7.1	ETAPAS PARA AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE.....	149
7.2	CONSTRUÇÃO DO MFV DO ESTADO ATUAL.....	150
7.3	AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE E CAPACIDADE NO FLUXO DE VALOR.....	151
7.3.1	Coleta dos indicadores para avaliar estabilidade e capacidade.....	152
7.4	PRÁTICAS PARA MELHORIA DA ESTABILIDADE E CAPACIDADE.....	152
7.5	PROPOSTA DO NOVO FLUXO DE VALOR E PLANO DE AÇÃO.....	153

8	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	154
8.1	PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....	154
8.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	157
REFERÊNCIAS.....		158
APÊNDICES.....		166
APÊNDICE A	Roteiro de entrevista - Gerente recursos humanos.....	167
APÊNDICE B	Roteiro de entrevista - Gerente da produção.....	168
APÊNDICE C	Roteiro de entrevista - Gerente comercial.....	169
APÊNDICE D	Avaliação de fornecedores de materiais.....	170
APÊNDICE E	Lista de verificação de boas práticas em transporte e armazenamento de materiais.....	171
APÊNDICE F	Lista verificação de aderência dos procedimentos dos processos.....	172
APÊNDICE G	Organograma da empresa do estudo de caso.....	174
APÊNDICE H	Ícones e símbolos do MFV – Adaptado de Rother e Shook (2003).....	175
APÊNDICE I	Dados para a eficiência global do equipamento (OEE) da máquina moldadora da laje alveolar.....	176

RESUMO

A necessidade de um nível básico de estabilidade nos fluxos de valor vem sendo enfatizada em diversos estudos, como um pré-requisito para a implantação sustentável de princípios e práticas da produção enxuta (PE). Na visão da PE, a estabilidade é multidimensional, devendo incluir todos os elementos de produção que sejam potenciais fontes de variabilidade excessiva. Nesse contexto, esta pesquisa propõe diretrizes para avaliar a estabilidade de um fluxo de valor sob a perspectiva da PE. Além disso, são propostos indicadores para a avaliação de um fluxo de valor de pré-fabricados para a construção civil. Para tanto, a pesquisa foi conduzida nas seguintes etapas: revisão bibliográfica; estudo de caso exploratório e estudo de caso. A pesquisa foi desenvolvida em uma empresa que produz peças de pré-fabricado de concreto, destinadas à construção civil. No estudo exploratório, foi possível identificar mecanismos para avaliar a estabilidade do fluxo de valor de uma família de produtos, considerando a estabilidade de mão-de-obra, materiais, máquinas e métodos (4M). No estudo de caso, os mecanismos de avaliação foram aplicados, re-interpretando dados já disponíveis na empresa e gerando novos dados, quando necessário. Com base nos resultados dos estudos de campo, bem como na revisão da literatura, foram identificadas cinco etapas para avaliação da estabilidade de um fluxo de valor: (a) desenvolver um mapa do fluxo de valor do estado (MFV) atual; (b) avaliar a estabilidade e a capacidade dos 4M em cada etapa do fluxo de valor; (c) desenvolver melhorias que contribuem para a estabilidade e capacidade; (d) representar as melhorias no MFV do estado futuro; (e) estabelecer um plano de ação para implantar o novo MFV. Vale salientar que, conforme explicitado nas etapas (b) e (c), a avaliação da estabilidade deve necessariamente ser acompanhada pela avaliação da capacidade, na medida em que não basta que os processos sejam estáveis se não atenderem às metas relativas aos clientes internos e externos.

Palavras-Chave: Mentalidade Enxuta; Estabilidade; Capacidade; Fluxo de valor; Pré-fabricados.

ABSTRACT

The need for a basic level of stability in the value flow has been emphasized in several studies, as a prerequisite for the implementation of sustainable principles and practices of lean production (LP). In view of the lean production, the stability is multidimensional, and should include all the production elements that are excessive variability potential sources. In this context, this research proposes guidelines to evaluate the stability of a value flow from the perspective of lean production. Besides, indicators are proposed for the evaluation of a value stream of prefabricated materials for the building industry. With this aim, the research was conducted in the following steps: bibliographical review; exploratory study and study case. The collection of field data was developed in the company that produces pieces of concrete precast, destined to for the building industry. In the exploratory study, it was possible to identify mechanisms to assess the stability of the value flow for one product family, considering the stability of manpower, materials, machines and methods (4M). In the case study, evaluation mechanisms were applied, re-interpreting the data already available in the company and creating new data when necessary. Based on field studies results, and literature review, there are identified five steps to evaluate the stability of a value flow: (a) to develop a value stream mapping of the current state (VSM); (b) to evaluate the 4M stability and capacity in each stage of the value flow; (c) to develop improvements that contribute to the stability and capacity, representing them in the VSM future state; (d) to establish an action plan to deploy the new VSM. It is also important to mention that, as explained in steps (b) and (c) the assessment of stability must necessarily be followed by the capacity assessment, because it is not enough that the processes are stable if they do not follow the internal and external customers' targets.

Key-words: Lean Thinking; Stability; Capacity; Value flow; Precast

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

1.1.1 Contexto

Um sistema produtivo corresponde ao arranjo de elementos que funcionam dinamicamente, interagindo entre si e em conexão com o meio externo, produzindo a partir de entradas (materiais, informações, pessoas), as saídas desejadas (produtos fabricados, serviços, pessoas satisfeitas) (PASA, 2004). Atualmente, o modelo de sistemas de produção adotado pela *Toyota Motors Corporation Ltd*, conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP) (OHNO, 1997; SHINGO, 1996), vem sendo usado como referência por empresas de diversos setores. Esse sistema ganhou projeção internacional durante a crise do petróleo nos anos 70, sendo que, na década de 80, seus princípios fundamentais foram abstraídos sob o rótulo de produção enxuta (WOMACK; JONES, 1987).

Um dos objetivos do STP é aperfeiçoar os processos, buscando aumentar a eficiência da produção através da eliminação contínua de desperdícios. Assim, a essência do sistema está na perseguição e eliminação de toda e qualquer perda (GHINATO, 2000).

Womack, Jones e Roos (1992) consideram a PE uma filosofia de gerenciamento que busca aperfeiçoar a organização de forma a atender as necessidades dos clientes em menor prazo possível, com qualidade e baixo custo, ao mesmo tempo em que visa aumentar a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando a manufatura com todas as partes da organização (GHINATO, 2000).

Quanto aos princípios da PE, nota-se, na literatura, que não há incoerências entre os vários estudos, embora o nível de agregação e a quantidade de princípios sejam substancialmente

diferentes entre vários autores (PASA, 2004; WOMACK; JONES, 2004; LIKER, 2005; KOSKELA, 2000). Considerando todos os princípios *lean* (LIKER, 2005; SPEAR e BOWEN, 1999; WOMACK; JONES, 2004), verifica-se que há grande convergência entre os mesmos, embora a literatura não associe claramente os princípios a práticas que viabilizam sua operacionalização.

A construção enxuta surge a partir da filosofia da PE adaptada à construção civil com a publicação do trabalho de Koskela (1992) e com a criação do *International Group for Lean Construction* (IGLC¹) em 1993. Segundo Ballard e Howell (1997) as adaptações devem ser feitas sem esquecer das características do setor, já que existem peculiaridades que a tornam diferente do setor de manufatura.

O setor da construção civil, por meio de iniciativas da indústria e da academia, tem demonstrado interesse nesta abordagem há cerca de 20 anos. A implantação de novas técnicas de gestão tem sido importante no desenvolvimento do setor, e através dos anos, a indústria da manufatura tem sido usada como inspiração para as melhorias (KOSKELA, 1992). No entanto, geralmente as mudanças no setor da construção civil são mais lentas do que na indústria da manufatura, o que é evidenciado pelo fato de uma pequena parcela do potencial de aplicação da ME ter sido explorada até hoje (PICCHI; GRANJA, 2004).

Algumas das dificuldades encontradas para a implantação da mentalidade enxuta no setor da construção civil são apresentadas por Koskela (1992), tais como: o caráter único de cada edificação; pequeno número de empresas que conhecem os princípios e práticas; falta de competitividade das construtoras e o atraso curricular de algumas instituições de ensino de engenharia.

Santos (1999) investigou a aplicação de alguns princípios fundamentais no contexto da construção civil, como redução de variabilidade, redução de tempo de ciclo, aumento de transparência e melhoria contínua. Uma característica comum à aplicação de todos esses princípios se refere à ênfase na melhoria dos fluxos de materiais, desde a matéria-prima até o produto final. Na construção civil, as atividades de fluxo (transporte, espera e inspeção) não adicionam valor ao produto, devendo ser reduzidas ou eliminadas do processo (KOSKELA,

¹ Home Page do *International Group for Lean Construction*. Disponível em: <<http://www.iglc.net>>. Acesso em: set. 2009.

1992). Já, as atividades de conversão (processamento) agregam valor ao produto final, por isso, a sua eficiência deve ser aumentada.

O conceito de fluxo contínuo, apresentado por Rother e Shook (2003) e LIB (2003), significa a produção de uma peça de cada vez (ou um lote pequeno de itens), com cada item sendo passado de um processo para o seguinte, sem interrupção entre eles. Essa característica implica em benefícios tais como a flexibilidade para se adaptar a variações de demanda e o menor acúmulo de estoque em processo.

Bulhões (2009) investigou a aplicação do fluxo contínuo em dois contextos: obras de edificações e indústrias de pré-fabricados de concreto. Por meio de um mapa conceitual, a autora apresenta os conceitos, princípios e ferramentas utilizadas para a implementação do fluxo contínuo. São apresentados quatro conceitos que possuem uma conexão direta com o fluxo contínuo: (1) interdependência, (2) pequeno lote, (3) estabilidade e (4) padronização. Já o princípio de eliminar atividades que não agregam valor foi considerado como o de maior impacto para viabilizar o fluxo contínuo. Quanto às ferramentas da mentalidade enxuta úteis no processo de implementação do fluxo contínuo, estão o Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO), Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC) e o Mapa de Fluxo de Valor (MFV).

Estudos empíricos têm verificado que muitas empresas têm fracassado nos estágios iniciais dos seus esforços para a implantação da PE, pois criam fluxo, mas não conseguem estabilidade suficiente para mantê-lo. Idealmente, a implementação do fluxo deve ser precedida pela manutenção de um nível de estabilidade mínimo (LIKER; MEIER, 2007).

Neste ponto de vista, a estabilidade é a base para a implementação da PE (LIKER; MEIER, 2007; LIKER, 2005; LIB, 2003; GHINATO, 2000). Sem estabilidade, a aplicação dos conceitos da mentalidade enxuta torna-se frágil e insustentável com o passar do tempo. Vale salientar que a estabilidade não é um estado definitivo de um fluxo de valor. Na medida em que o sistema de PE é aprofundado ou modificado, com a implantação de novas técnicas, pode ser necessário re-estabilizar o processo ou buscar estabilidade em novas dimensões que antes não eram importantes. Isso também implica em um monitoramento e controle contínuo das causas principais das instabilidades (KOSKELA, 2000).

1.1.2 Problema de pesquisa

A falta de estabilidade, ou instabilidade, resulta da variabilidade nos processos, que, por sua vez, pode ser causada por diversos fatores, tais como a variabilidade da demanda e dos volumes de produção diários (LIKER; MEIER, 2007). O combate à variabilidade pode ocorrer tanto em termos de atacar suas causas raízes (por exemplo, melhorando a manutenção das máquinas), quanto em termos de planejar folgas para absorver seus impactos e evitar sua propagação (por exemplo, estoques posicionados em locais estratégicos do fluxo de valor) (BALLARD, 2000). Essas três estratégias estão fortemente vinculadas ao desempenho do planejamento e controle da produção, bem como da identificação das fontes de variabilidade (SMALLEY, 2008).

A estabilidade requer mão-de-obra na quantidade, qualificação e disponibilidade necessária (LIKER; MEIER, 2007). A falta de estabilidade relacionada às máquinas ocorre quando estas não estão disponíveis nos momentos necessários e na quantidade necessária (SMALLEY, 2008). O conhecimento da capacidade do equipamento, assim como de sua disponibilidade para cada uma de suas funções, é ponto chave para manter a produção no ritmo desejado (CHENG; PODOLSKY, 1993).

A disponibilidade do material certo e na quantidade certa também é essencial para manter a produção estável, segundo Cheng e Podolsky (1993). Um dos objetivos dos materiais é a redução dos desperdícios e do tempo entre o recebimento de um pedido até a sua entrega. Isso requer a diminuição dos estoques no fluxo de valor (KAMADA, 2008).

A definição do melhor método de trabalho para cada um dos processos simplifica o trabalho e ajuda a identificar o que agrega valor (CHENG; PODOLSKY, 1993). A estabilidade, segundo Smalley (2008), é atingida quando há métodos padronizados para a manufatura. De acordo com Dennis (2008), o trabalho padronizado é uma ferramenta para desenvolver e melhorar os métodos.

A aplicação das ferramentas estatísticas para controlar e avaliar a estabilidade dos processos vem crescendo muito nos últimos anos. O Controle Estatístico do Processo (CEP) consiste de um conjunto de ferramentas para resolução de problemas, alcançar a estabilidade e melhorar a capacidade de processos produtivos, por meio da redução da variabilidade presente nesses processos (MONTGOMERY, 2004).

Existem dois tipos de causas da variabilidade: as comuns e as especiais (ISHIKAWA, 1993; RIBEIRO; CATEN, 2003; MONTGOMERY, 2004). As causas comuns são as diversas fontes de variações que atuam de forma aleatória no processo, tornando-as variáveis inerentes do processo. As causas especiais não seguem um padrão aleatório e fazem com que o processo saia do seu padrão natural de operação. Um processo é dito estável (ou sob controle estatístico), quando apresenta apenas as causas comuns (RIBEIRO; CATEN, 2003), ou, quando o mesmo apresenta uma variabilidade estatisticamente estável e uniforme ao longo do tempo (WERKEMA, 1995).

Com objetivo de atingir a estabilidade, Gallardo (2007) e Bulhões (2009) analisaram a aplicação de princípios da ME no processo de produção de pré-fabricados, para a construção civil. Por exemplo, Gallardo (2007) implantou o sistema *andon* para monitorar a estabilidade, comparando o número de peças a serem produzidas (planejadas) com o número de peças produzidas (real). O *andon* mostra o estágio atual da produção, permitindo identificar os atrasos, problemas e possíveis soluções, evitando futuras interferências na linha de produção e mantendo o fluxo contínuo (SHINGO, 1996). Porém, tanto no estudo de Gallardo (2007) quanto no de Bulhões (2009) não houve uso de métodos para avaliar a estabilidade ao longo de um fluxo de valor sob a perspectiva da mentalidade enxuta.

Para identificar um processo estável, Kamada (2008) sugere definir a expectativa de produção hora a hora e registrar a produção real. Assim, os desvios entre o real e o planejado representam a falta de estabilidade do processo, similarmente com a perspectiva adotada por Gallardo (2007). Kamada (2008) sugere o uso do *downtime* (tempo que a produção pára por ocorrência de algum tipo de problema e atrasos) como indicador para medir a estabilidade, visto que ele aponta anormalidades que causam direta ou indiretamente a parada da produção.

Apesar da importância da estabilidade, não existem, tanto na construção civil quanto na indústria da manufatura, métodos para avaliar a estabilidade ao longo de um fluxo de valor sob a perspectiva da ME, o que implica em considerar, no mínimo, a estabilidade de cada um dos 4M (mão-de-obra, material, método, máquina). Os métodos de avaliação da estabilidade a partir de ferramentas estatísticas normalmente são aplicados em processos isolados do fluxo de valor e costumam ser limitados apenas à avaliação das variabilidades que levam a produtos defeituosos, não considerando outros impactos. Ainda existem os estudos (BALLARD; HOWELL, 1997; FONTANINI, 2004; MCGEE, 2005; NOGUEIRA, 2007) que têm aplicado

ferramentas da mentalidade enxuta para obter a estabilidade, como aqueles relacionados ao uso da TPM.

Nessa tese, em linha com trabalhos anteriores (LIKER, 2007; BULHÕES, 2009), a estabilidade é considerada como um elemento necessário para sustentar a aplicação dos princípios da mentalidade enxuta. A investigação dos meios para avaliar a estabilidade em um fluxo de valor é ilustrada por meio de um estudo de caso em uma empresa de produção de pré-fabricados para a construção civil no processo de laje alveolar.

1.2 QUESTÕES E OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Questões de pesquisa

Com base no contexto e no problema de pesquisa apresentados, a questão de pesquisa principal deste trabalho é a seguinte: como avaliar a estabilidade de um fluxo de valor sob a perspectiva da mentalidade enxuta?

A partir da questão principal e visando contribuir para a sua resolução, foi definida a seguinte questão secundária:

a) quais são os potenciais indicadores para a avaliação da estabilidade de um fluxo de valor de pré-fabricados para a construção civil?

1.2.2 Objetivo geral

Propor diretrizes para avaliar a estabilidade de um fluxo de valor sob a perspectiva da mentalidade enxuta.

1.2.3 Objetivo específico

Além do objetivo geral, o seguinte objetivo específico deste trabalho:

a) identificar os indicadores para avaliar a estabilidade de um fluxo de valor de pré-fabricados para a construção civil.

1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Com relação ao assunto, embora a tese trate da ME de uma maneira geral, apresentando uma revisão bibliográfica sobre o assunto, este trabalho se deterá no estudo da estabilidade de processos de produção, mais especificamente sobre as particularidades na indústria de construção civil.

Por se tratar de um macro-complexo industrial, optou-se por analisar o setor de pré-fabricados através de estudo de caso em uma empresa do Oeste Catarinense. As diretrizes propostas foram influenciadas pelo contexto da empresa investigada, o que provavelmente limita a sua generalização a outros contextos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo foi desenvolvido a partir de 8 capítulos. Neste primeiro, foram apresentadas a sua justificativa, o problema de pesquisa e os objetivos. Os dois capítulos seguintes apresentam a revisão de literatura que embasa o modelo de Mentalidade Enxuta (ME).

No capítulo 2 são discutidos aspectos referentes à origem e às propostas de generalização conceitual do Sistema Toyota de Produção. No capítulo 3 também de revisão de literatura são apresentados os fundamentos da estabilidade do processo de produção. No capítulo 4 são discutidos os métodos e procedimentos da pesquisa, apresentando as etapas percorridas para a consecução dos resultados.

Os capítulos 5 e 6 relataram as etapas dos estudos exploratórios e estudo de caso, bem como as avaliações de cada fase, no qual foram capturadas as fases dos processos (4M) na qual ocorreram instabilidade.

O capítulo 7 apresenta as diretrizes que possibilitam a estabilidade do fluxo de valor de pré-fabricados de concreto, sob a perspectiva dos princípios e ferramentas da mentalidade enxuta.

Finalmente, no capítulo 8 são apresentadas as conclusões e as sugestões para futuros estudos.

2 A MENTALIDADE ENXUTA: PRINCÍPIOS, PRÁTICAS E ADAPTAÇÕES AO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

2.1.1 Origem do Sistema Toyota de Produção

A pesquisa histórica sobre o Sistema Toyota de Produção está concentrada nos autores Ohno e Shingo considerados os criadores do sistema. O STP foi criado no Japão, mais especificamente na fábrica de automóveis Toyota, após a Segunda Guerra Mundial. A indústria japonesa passava por período pós-guerra e o país tentava reerguer sua economia buscando aumentar a produtividade por meio da implantação de novas técnicas de produção (OHNO, 1997).

Os engenheiros da Toyota perceberam que o sistema de produção em massa não poderia ser implantado no Japão, devido às condições do mercado local, não sendo possível obter todas as vantagens conseguidas pelos EUA através da utilização desse sistema. Os responsáveis pela transformação da indústria japonesa adaptaram o sistema à sua realidade (OHNO, 1997).

A realidade do mercado japonês, segundo Womack e Jones (2004), era de uma demanda pequena de uma grande variedade de produtos. O STP desenvolveu-se para suprir uma necessidade da indústria japonesa, que tinha baixa produtividade e grande falta de recursos, impossibilitando adotar o modelo da produção em massa, que buscava reduzir os custos unitários produzindo em larga escala, necessitando de uma operação com grandes estoques e lotes (OHNO, 1997). A necessidade na redução dos custos de produção fez com que todos os

esforços fossem concentrados na identificação e eliminação das perdas. Logo, a base sobre o qual está estruturado o STP, é na identificação e eliminação das perdas (GHINATO, 2000; LIKER, 2005; WOMACK; JONES, 2004).

Ao longo de várias décadas o STP desenvolveu-se sem receber atenção do Ocidente. Isso mudou na década de 1970, quando se percebeu que a Toyota não vinha sofrendo os efeitos da crise do petróleo na mesma medida que as montadoras Ocidentais. Assim, uma pesquisa foi desenvolvida pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), através de um programa designado *International Motor Vehicle Program* (IMVP), sobre as causas do insucesso da indústria automobilística americana e sobre o bom desempenho da indústria japonesa. Com os resultados da pesquisa, foi produzido o livro “A máquina que mudou o mundo” de J. Womack, D. Jones e D. Roos, no início da década de 1990. O livro faz uma reinterpretação do desenvolvimento industrial nos últimos cem anos, salientando que a superioridade do STP sobre os concorrentes era tão revolucionária quanto evidente (GHINATO, 2000).

Um dos pesquisadores do *International Motor Vehicle Program* (IMVP) e estudante da *Sloan School of Management* do MIT, John Krafcik, foi o primeiro a usar o termo *lean*, quando trabalhava com James P. Womack e outros no IMVP. Na sua dissertação em Administração em 1988, destacou que a *lean production* (produção enxuta) utilizava menos recursos quando comparada a produção em massa, obtendo melhores resultados. Por menos recursos, entendiam-se menos recursos humanos na fábrica, menos espaço, menos investimento em ferramentas e menos horas de engenharia para desenvolver novos produtos (VASILASH, 2005).

O termo ‘enxuto’ vem da tradução de *lean*, sendo usado para se referir a uma abstração da filosofia Toyota que pode ser aplicada a todas as dimensões dos negócios de uma organização (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). Para Ballé e Régnier (2007) *lean* é considerado um sistema de pensamento voltado para a eliminação de desperdícios, devendo ser usado como um sistema e não um conjunto de ferramentas. As experiências práticas mostram que a aplicação de ferramentas fora do setor automobilístico é difícil. Caso forem aplicadas em partes estas melhorias são raramente sustentadas, considerando que as várias ferramentas e princípios enxutos estão estreitamente interligados.

Por conta das dificuldades para compreender o STP, os autores Shingo (1996); Spear e Bowen (1999); Ohno (1997); Lib (2003); Womack e Jones (2004) e Liker (2005)

identificaram elementos considerados fundamentais para a sua compreensão, com o objetivo principal de tentar explicar esse conhecimento de maneira mais estruturada.

O STP, segundo Shingo (1996), apresenta as seguintes características principais: (i) a minimização de custos através da eliminação total de desperdícios; (ii) a produção contra pedido, através da eliminação da superprodução e da redução dos tamanhos dos lotes, como a melhor forma de atender à demanda; (iii) o método *Kanban* para controlar o processo e alcançar flexibilidade; (iv) a utilização de máquinas independentes de trabalhadores para reduzir o custo de mão-de-obra.

No entanto, estas características podem ser melhor compreendidas pela descrição dos pilares e princípios básicos do sistema. Dois são os pilares no qual o STP é sustentado: o *just in time* (JIT) e a automação (OHNO, 1997).

Uma questão fundamental no estudo do Sistema Toyota de Produção é entender a produção como uma rede de processos e operações, ou seja, entender o mecanismo da função produção (SHINGO, 1996). Este princípio diferencia o fluxo materiais (função processo) do fluxo de máquinas e pessoas (função operação). A partir do Mecanismo da Função Produção, observa-se que o processo pode ser melhorado sem decorrer necessariamente de melhorias nas operações, sendo essencial para a introdução de melhorias em um sistema produtivo (FALCÃO, 2001; SHINGO, 1996; GHINATO, 1996).

Deve-se ter em mente que processos são ações que servem aos clientes e operações são ações realizadas tendo em vista a eficiência das partes do sistema produtivo. Desta forma, são os processos que atingem os objetivos centrais da produção; operações são ações que dão suporte à sua realização (SHINGO, 1996).

Quanto à análise das perdas no sistema produtivo, são verificados os movimentos dos trabalhadores, que podem ser desdobrados em trabalho e perdas. O trabalho (operação) representa as atividades que levam o processo a alcançar seu fim, podendo adicionar valor ou não adicionar valor. O trabalho que adiciona valor, ou trabalho efetivo, é aquele que transforma a matéria-prima modificando sua forma ou a qualidade; é algum tipo de processamento. O trabalho que não adiciona valor é representado pelas atividades que não provém valor ao produto, porém são necessárias para dar suporte ao trabalho efetivo; são atividades que apóiam o processamento. O STP prega a constante busca pela eliminação das

perdas e minimização dos trabalhos que não agregam valor (SHINGO, 1996; OHNO, 1997; GHINATO, 2000; FALCÃO, 2001).

2.1.2 A casa do STP (LIB, 2003)

Pela definição do Léxico Lean (LIB, 2003), o STP pode ser representado graficamente a partir da analogia com uma casa (Figura 1).

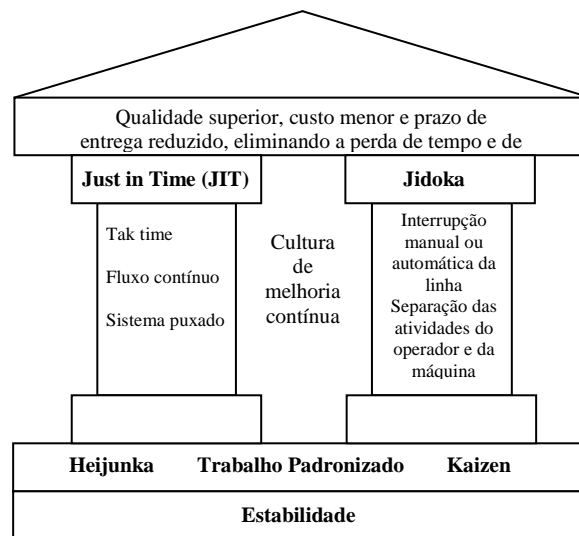


Figura 1 – Casa do Sistema Toyota de Produção (LIB, 2003)

Se a produção estiver exatamente de acordo com os pedidos do cliente, a produção que alguns dias seria muito alta e em outros dias seria muito baixa. Heijunka significa nivelar a programação da produção em termos de mix e volume, mantendo um padrão que se repete no menor intervalo de tempo possível. Nivelar a produção depende diretamente da redução do tamanho dos lotes de produção e de curtos tempos de *set-up*. A programação da produção através do *heijunka* nivela também a demanda dos recursos de produção.

O Heijunka transforma a instabilidade da demanda dos clientes em um nivelado e previsível processo de manufatura, e é comumente utilizado em combinação com outras técnicas *lean* para estabilizar o fluxo de valor (ROTHER; HARRIS, 2002).

A metodologia *Kaizen* foi desenvolvida e aplicada pelo engenheiro Taichi Ohno e ficou internacionalmente conhecida e acatada devido a sua intensa aplicação pelo Sistema Toyota de Produção, que se fundamentava em esforços contínuos para melhoria do sistema.

O *Kaizen* é definido como a busca do melhoramento contínuo em todos os aspectos, refletindo na produtividade e na qualidade, devendo seguir os seguintes princípios (IMAI, 1996):

- 1) O desperdício deve ser eliminado;
- 2) Melhorias graduais devem ser feitas continuamente;
- 3) Todos os colaboradores devem estar envolvidos, sejam gestores do topo e intermediários, ou pessoal de base, o *Kaizen* não é elitista;
- 6) Apóia-se numa gestão visual, tornando os desperdícios visíveis aos olhos de todos;
- 7) Focaliza a atenção no local onde se cria realmente valor, chão de fábrica;
- 8) Orienta-se para os processos;
- 9) Dá prioridade às pessoas, acredita que o esforço principal de melhoria deve vir de uma nova mentalidade e estilo de trabalho das pessoas (orientação pessoal para a qualidade, trabalho em equipe, cultivo da sabedoria, elevação do moral, auto-disciplina, círculos de qualidade e prática de sugestões individuais ou de grupo);
- 10) prioriza a aprendizagem por meio da ação prática.

No que se refere ao trabalho padronizado, ele é definido como o método de operação para executar a produção a mais eficiente possível, sem desperdícios, focando nos movimentos humano e na combinação racional de materiais, trabalhadores e máquinas (OHNO, 1997).

Trabalho Padronizado visa criar processos repetitivos, os quais tornam possível reproduzir níveis elevados de qualidade e produtividade. Sem padronização do processo, a saída de um sistema estará sujeita a variações (IMAI, 1996). A padronização do processo permite que todos os sujeitos envolvidos sabem exatamente o que fazer e quando fazer. Desta forma, os problemas do processo podem ser prontamente identificados e resolvidos.

2.1.3 O DNA do STP (SPEAR e BOWEN, 1999)

Spear e Bowen (1999) concluíram que, para fazer qualquer mudança na Toyota, equipes de trabalhadores aplicam um rigoroso processo de resolução de problemas, que exige uma avaliação detalhada do estado atual das coisas e um plano para melhorias que pode ser considerado como um teste experimental da mudança proposta. Spear e Bowen (1999) estabeleceram um conjunto de princípios da produção enxuta, denominados por eles como

quatro regras tácitas (três de projeto e uma de melhoria) que permitem o melhor desempenho da Toyota em relação às outras indústrias.

Regra 1 – Padronização

Esta regra sugere que todo trabalho deve ser altamente especificado quanto ao conteúdo, seqüência, tempo e resultado. Essa regra determina como as pessoas trabalham. O trabalho padrão rigoroso permite checar rapidamente se o padrão é adequado, se está sendo seguido e qual o resultado esperado. Se o padrão não gera o resultado esperado, isto indica que a atividade precisa ser redefinida ou o operador precisa ser novamente treinado. Esta regra considera a participação direta dos operadores na elaboração dos padrões (SPEAR e BOWEN, 1999).

Regra 2 – Estabelecer conexões

Esta regra determina que cada conexão cliente-fornecedor tem que ser direta e deve existir um processo não ambíguo de fazer solicitações e receber respostas. Para Spear e Bowen (1999) esta regra determina como as pessoas se conectam. Todos sabem o que devem fornecer, a quem, quando e em que quantidade, ou mesmo a quem devem ajudar.

Como resultado, não existe dúvida de atuação quando é preciso decidir quem faz o que e para quem. Quando um operador precisa de assistência, não há confusão em saber quem deve ajudá-lo, como esta ajuda será disparada e que tipo de serviço será liberado. Os sistemas *andom* e cartões *kanban* direcionam a ligação entre os fornecedores e clientes internos, na Toyota.

Regra 3 – Construção da linha de produção

Esta regra indica que o caminho para cada produto ou serviço deve ser simples e direto, determinando como deve ser construído o fluxo de valor. O produto ou o serviço é transferido para uma específica etapa subsequente. O ponto central da terceira regra é que produtos ou serviços não seguem para a próxima máquina ou operador disponível, mas sim para uma máquina ou operador específico. Se por alguma razão este operador ou máquina não estiver disponível, a Toyota, enxerga isto como um problema (SPEAR e BOWEN, 1999).

Regra 4 – Melhoria contínua

Esta regra indica que qualquer melhoria deve ser feita de acordo com os métodos científicos, sob a orientação de um instrutor, no nível organizacional mais baixo possível. Isto permite reduzir as variabilidades no processo devido às falhas humanas. Essa regra determina como as melhorias devem ser feitas (SPEAR e BOWEN, 1999).

A regra explica como melhorar o processo; identificar os problemas é apenas o primeiro passo. Para as pessoas realmente fazerem mudanças é preciso que elas saibam como fazê-las e quem é responsável por fazê-las. As melhorias são realizadas por meio de um método específico sob orientação de professores atingindo até os níveis mais baixos da organização. Os trabalhadores fazem as melhorias em sua própria estação de trabalho e seus supervisores provêm diretrizes, recursos e ensinamentos (SPEAR e BOWEN, 1999).

2.1.4 Sistema Toyota Produção (STP) (LIKER, 2005)

Na abordagem de Liker (2005) um sistema *lean* não deve ser aplicado sem antes um conhecimento da filosofia que se encontra por trás do Modelo Toyota (SHINGO, 1996). Segundo Liker e Meier (2007), todas as práticas associadas a este sistema estão integradas a um conjunto de princípios fundamentais.

Desta forma, citam-se os 14 princípios do STP (LIKER, 2005): (1) Decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo; (2) Criar fluxo de processo contínuo; (3) Usar sistemas puxados; (4) Nivelar a carga de trabalho; (5) Paralisação para resolução de problemas; (6) Padronização de atividades; (7) Controle visual; (8) Tecnologia confiável; (9) Desenvolvimento de líderes que vivam a filosofia; (10) Respeito, desafio e desenvolvimento das pessoas e times; (11) Respeito, desafio e desenvolvimento de fornecedores; (12) Melhoria contínua; (13) Decisão devagar via consenso de implementação rápida; (14) Tornar-se uma organização de aprendizagem (LIKER; MEIER, 2007; LIKER, 2005; SPEAR e BOWEN, 1999; WOMACK; JONES, 2004).

Liker (2005) agrupa os 14 princípios em quatro categorias (Figura 2): filosofia de pensamento em longo prazo; eliminação de desperdícios de processos; respeito e desenvolvimento das pessoas e parceiros e; a melhoria contínua e aprendizado.

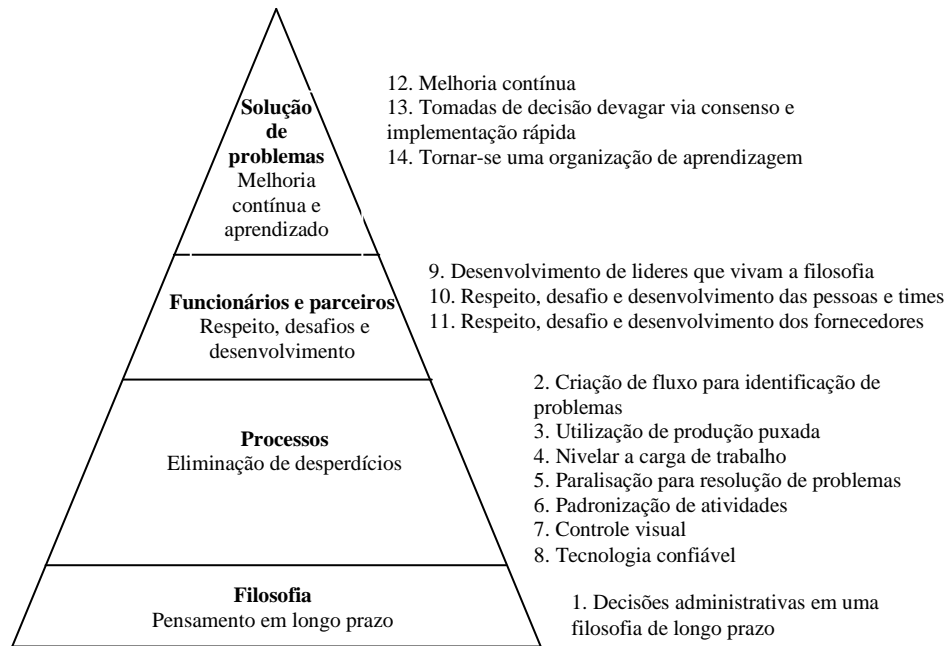


Figura 2 - As quatro categorias do Modelo Toyota (LIKER, 2005 – Adaptado)

De acordo com Liker (2005), a maioria das empresas ainda não ultrapassou a categoria de processo, pois apenas utilizam as ferramentas enxutas, e não foca no que as faz funcionarem juntas em um sistema: a cultura de melhoria contínua, necessária para a sustentabilidade dos princípios do Modelo Toyota.

2.1.5 Mentalidade Enxuta (WOMACK e JONES, 2004)

Womack e Jones (2004) estabeleceram cinco princípios da mentalidade enxuta, com o objetivo de tornar as empresas mais flexíveis e orientá-las para uma transformação enxuta: (1) Valor; (2) Fluxo de valor; (3) Fluxo contínuo; (4) Puxar; (5) Perfeição.

A ME inicia com uma tentativa consciente de definir o valor ou, especificar o valor com precisão (JACKSON; JONES, 1996; WOMACK; JONES, 2004). Isso implica em definir precisamente o que o cliente interno e externo deseja em termos de características de produtos, processos e serviços (SHINGO, 1996).

Significa conhecer toda a cadeia produtiva, desde a matéria-prima até a entrega do produto final para o cliente. De acordo com Womack e Jones (2004), esse princípio implica em enxergar o fluxo de valor completo e não das atividades isoladas.

Para identificar as ações necessárias para projetar, comprar ou produzir um determinado produto, a ferramenta usada é o mapa de fluxo de valor. Este princípio considera, uma vez que o valor tenha sido especificado e a cadeia de valor mapeada, as etapas que geram desperdícios devem ser eliminadas.

O próximo passo é fazer com que as etapas restantes, que criam valor, fluam com a fabricação de um produto de cada vez, com cada item sendo passado de um estágio ao outro sem nenhuma parada (BORCHARDT, 2005). De acordo com Rother e Shook (2003), fluxo contínuo é a produção de uma peça de cada vez (ou um lote pequeno de itens), sendo que cada item passa de um processo para o seguinte, sem interrupção. Produzir em fluxo contínuo significa a empresa produzir apenas o que os clientes desejam, no momento certo, na quantidade correta, sem paradas no fluxo desde a matéria-prima ao produto acabado, seja um produto, serviço ou informação (SMALLEY, 2004). O sistema de produção deve ser flexível para mudar, como por exemplo, a velocidade ou o tipo de produto de acordo com a demanda dos clientes. O fluxo contínuo é alcançado por meio do gerenciamento de todas as atividades da cadeia de valor de forma a não ocorrerem perdas, principalmente ocasionadas pelas paradas (WOMACK; JONES, 2004).

A empresa deve deixar que o cliente puxe o produto quando necessário, ou seja, a produção só deve ter início quando demandada pelo cliente. Isso implica em possuir processos flexíveis e capazes de produzir exatamente o que os clientes desejam e quando eles desejam (WOMACK; JONES, 2004).

Tem como objetivo a melhoria contínua, o que implica em melhorar gradativamente a aplicação dos princípios anteriores, os quais interagem entre si. A transparência de processos é um importante mecanismo para alcançar a perfeição, criando um ambiente que facilita a descoberta de melhores maneiras de criar valor (WOMACK; JONES, 2004).

2.2 APLICAÇÕES DA PRODUÇÃO ENXUTA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: A FILOSOFIA *LEAN CONSTRUCTION*

2.2.1 Princípios da construção enxuta

A construção enxuta (CE) se refere à adaptação da filosofia da produção enxuta (PE) à construção civil, tendo como marco teórico inicial a publicação do trabalho de Koskela (1992), bem como a criação do *International Group for Lean Construction* (IGLC).

O IGLC é formado por pesquisadores com a finalidade de transferir as idéias da PE para a construção civil, constituindo o principal fórum acadêmico de disseminação destas idéias. O grupo realiza encontro anual com o intuito de apresentar trabalhos e soluções para o setor, a partir da aplicação de conceitos da PE abordando temas específicos através de subgrupos.

O conceito de processo como fluxo, segundo Koskela (1992), considera que um processo é um fluxo de materiais ou informações desde a matéria-prima até o produto final (SHINGO, 1996). E, este fluxo (Figura 3) é composto pelas seguintes atividades: processamento (no qual corresponde à transformação), inspeção, movimento e espera. Para as atividades de movimento, espera e inspeção, Koskela (1992) designou-as de atividades de fluxo, não agregam valor do ponto de vista do cliente.

Assim sendo, as atividades que não adicionam valor ao produto, como o transporte, espera e inspeção, necessitam ser reduzidas ou eliminadas do processo. As atividades de conversão, por sua vez, devem ter sua eficiência aumentada.

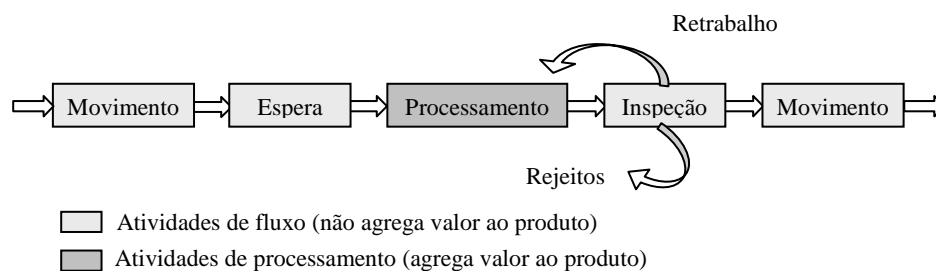


Figura 3 - Modelo de Fluxo (KOSKELA, 1992; 2000 – Adaptado)

Isatto *et al.* (2000) comentam que o modelo de fluxo da figura 2.3. é aplicado tanto em processos de produção com caráter físico, assim como em processos gerenciais, como planejamento, controle, projeto, suprimentos, entre outros.

Desta forma, a construção enxuta apresenta um conjunto de princípios para a gestão de processos, os quais foram apresentados por Koskela (1992):

1) Reduzir parcela de atividades que não agregam valor: significa reduzir as atividades que consomem tempo, recurso ou espaço e no qual também não contribuem para atender aos requisitos dos clientes. Santos (1999) cita o processo de planejamento e controle da produção como forma de facilitar a implementação desse princípio.

2) Aumento do valor do produto através da consideração das necessidades do cliente: o valor não é inerente ao processo de conversão, mas é gerado como consequência do atendimento aos requisitos do cliente. Quando os requisitos dos clientes internos e externos são atendidos, agrega-se valor ao produto. De acordo com o autor, para cada atividade existem clientes de atividades seguintes e clientes de produto final, sendo que, um dos pontos para melhorar a eficácia da produção é a identificação desses clientes internos e externos.

3) Redução da variabilidade: variabilidade deve ser eliminada visando manter a qualidade, reduzir as interrupções nos fluxos de trabalho e o retrabalho. Shingo (1996) cita a padronização de procedimentos como o melhor caminho para conseguir reduzir a variabilidade, tanto na conversão quanto no fluxo do processo de produção. Dentro desta visão, este princípio está relacionado a dois focos: processo e produto. Para a redução da variabilidade do produto, Isatto *et al.* (2000) indicam que, do ponto de vista do cliente, um produto uniforme é mais bem aceito e os autores sugerem a aplicação deste princípio, através de procedimentos padronizados de execução de processos, reduzindo o surgimento de problemas e eliminando incidências de retrabalho. Já para a redução da variabilidade no processo de produção existem, segundo os mesmos autores, três tipos principais: variabilidade no processo anterior que está relacionada aos fornecedores do processo; variabilidade no próprio processo no qual está relacionada à execução de um processo e; variabilidade na demanda, relacionada aos desejos e necessidades dos clientes de um processo.

4) Redução do tempo do ciclo de produção: esse tempo é definido por Koskela (1992) como o somatório dos tempos necessários para processamento, inspeção, espera e movimentação. Contudo, de acordo com Lib (2003), este somatório de tempo está relacionado ao tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, isto é, mede a frequência com que a peça é completada por um processo. Para a consideração desse tempo compreendem-se os tempos usados na operação propriamente e na preparação, carregamento e descarregamento dos materiais (BULHÕES, 2009).

5) Simplificação através da redução do número de passos ou partes: deve ser compreendido como a redução do número de passos existentes em um fluxo de material ou informação, ou como a redução de componentes (ISATTO *et al.* 2000). Esta simplificação do processo através da redução de pessoas, componentes e partes do processo pode-se eliminar as atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992). O autor relata uma das formas para

atingir a simplificação, a utilização de elementos pré-fabricados onde se agrega pequenas tarefas em atividades maiores.

6) Aumento da flexibilidade na execução do produto: está relacionada com a incerteza existente nos seus processos e resultados da produção e, no ambiente de negócio (ISATTO *et al.* 2000). Deste modo, a produção deve ser flexível para aliviar os efeitos da incerteza (BERNARDES, 2001). De acordo com esse autor, uma das formas de evitar os efeitos das incertezas é o trabalho de equipes polivalentes. Koskela (1992) faz algumas indicações para aumentar a flexibilidade na execução do produto: diminuir o tamanho dos lotes, chegando o mais próximo à demanda; reduzir o tempo de preparação e troca de ferramentas e equipamentos e; desenvolver o processo de forma a possibilitar adequação do produto aos requisitos do cliente. Existe a possibilidade de flexibilidade do produto, sem grande restrição para a produção, reduzindo o tempo dos ciclos e o aumento da transparência através da combinação de projeto de produtos ou de componentes modulares (KOSKELA, 2000).

7) Aumento da transparência do processo: diminui a possibilidade de erros na produção, proporciona maior visibilidade dos funcionários. Assim, à medida que o princípio é utilizado, o controle dos erros no processo torna-se mais fácil através da remoção de barreiras visuais; utilização de dispositivos e indicadores, que podem melhorar as informações no ambiente produtivo, durante a execução dos serviços (KOSKELA, 1992).

8) Foco no controle do processo como um todo: pode contribuir para o surgimento de perdas, pois assim, cada nível gerencial leva a uma melhoria de seu trabalho, e não considerando o processo como um todo (KOSKELA, 1992). Porém, com o controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios, que venham a interferir no prazo de entrega da obra (ISATTO *et al.*, 2000).

9) Construção da melhoria contínua no processo: os esforços para a redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa (KOSKELA, 1992), podendo ser alcançado na medida em que os demais são cumpridos. Conforme Santos (1999), a melhoria contínua é o aperfeiçoamento permanente da produção, envolve todos os membros da empresa não podendo passar um dia sem algum tipo de melhoria seja feito, em qualquer setor.

10) Balanceamento de melhoria nos fluxos e nas conversões: é preciso ver que no processo de produção existem diferentes potenciais de melhoria. Ou seja, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior o impacto da melhoria no fluxo (KOSKELA, 1992). De outro modo, Bernardes (2001) mostra os fluxos mais controláveis tornam mais fácil a implementação de novas tecnologias, as quais podem trazer uma redução da variabilidade. Para o autor, uma das maneiras de facilitar a implementação deve-se observar esse princípio durante a etapa de projeto, bem como, ao longo da formulação da estratégia de ataque à obra.

11) Realização de *benchmarking* :consiste em um processo de aprendizados a partir da busca das melhores práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção (ISATTO *et al.*, 2000).

3 ESTABILIDADE: CONCEITOS E FERRAMENTAS

3.1 CONCEITOS DE ESTABILIDADE

O conceito de estabilidade é abordado em diversas áreas do conhecimento, como resistência dos materiais, economia e farmácia (Quadro 1). Nessa tese, o conceito é abordado sob a perspectiva da engenharia de produção, a qual enfatiza a estabilidade de processos produtivos.

	Resistência dos Materiais	Economia	Medicamentos
Conceito	Propriedade que um sistema possui de recuperar seu estado original após ter sido deslocado de uma posição de equilíbrio (BEER; JOHNSTON, 1995).	A economia é estável quando os choques originados do, ou, propagados pelo sistema financeiro não provocam mudança brusca na economia de um país ou uma organização (grupo) (TAKAMI, 2006).	É a capacidade do fármaco de manter-se dentro das especificações estabelecidas, tendo asseguradas sua identidade, potência, qualidade e pureza (SOUZA, 2003).
Tipos de estabilidade	Em colunas (flambagem); Barras (tração ou compressão).		Química; físico e físico-química; microbiológica; terapêutica e toxicológica.
Aspectos que afetam a estabilidade	Carregamento; posição do centro de gravidade e o deslocamento.	Fortalecimento da infraestrutura financeira e gerenciamento de crise.	Intrínsecos (tecnologia de fabricação, solvente ou adjuvante, pH do meio, qualidade do recipiente e tamanho das partículas); Extrínsecos (ambientais e ligados às condições de estocagem, transporte e umidade).

Quadro 1 - Conceitos de estabilidade em outras áreas

De acordo com Treville e Antonakis (2005), a estabilidade leva à facilitação do trabalho, que por sua vez implica em “ações que eliminam os obstáculos que inibem o desempenho do trabalhador e a provisão de recursos para que o trabalho possa ser executado”. Tais ações podem ser implementadas, por exemplo, com base na filosofia *lean*.

A estabilidade é definida como um estado de previsibilidade assegurada pela disponibilidade constante em relação à mão-de-obra, materiais, máquinas e métodos, os 4M. Liker e Meier (2007) acrescentam que a estabilidade é a capacidade de produzir resultados previsíveis ao longo do tempo. As empresas devem gerenciar com eficácia os 4M, antes de implementar qualquer prática de ME (SMALLEY, 2008). Por ser um pré-requisito para o STP, a estabilidade é muitas vezes citada como “estabilidade básica”, mas a bibliografia não a define com precisão (GHINATO, 2000). Estabilidade é a capacidade de produzir resultados previsíveis ao longo do tempo e o seu desenvolvimento não é um fim por si só, mas como fundamento para outros aspectos de um processo enxuto (LIKER; MEIER, 2007). Nesta tese, o termo estabilidade é utilizado para caracterizar processos, executados em fluxo contínuo e ritmado. Assim sendo, pode-se dizer que a existência de estabilidade implica na manutenção de determinados parâmetros sob controle, tais como os 4M. Cada um dos 4M pode ser desagregado em outras dimensões, tais como aquelas ilustradas na figura 4.

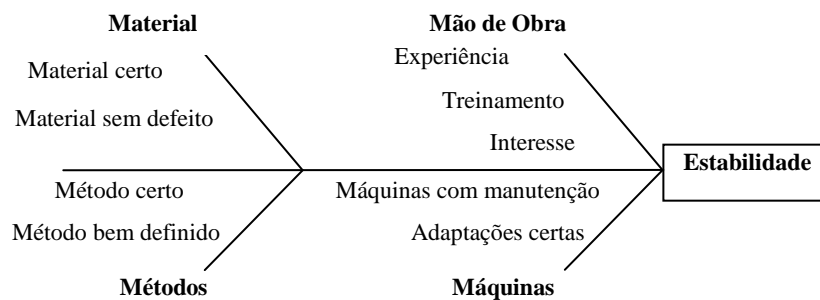


Figura 4 - Diagrama de causa e efeito dos 4 M (CHENG; PODOLSKY, 1993 – Adaptado)

Ter estabilidade é necessário para que o sistema não tenha interrupções constantemente (LIKER, 2005). Para que a implantação da estabilidade incida com tranquilidade, segundo Gallardo (2007), algumas pré-condições são necessárias. Como exemplo das pré-condições, pode ser citado: reduzido número de problemas na disponibilidade dos equipamentos, materiais disponíveis e com baixa incidência de defeitos e uma forte supervisão nas linhas de produção (CHENG; PODOLSKY, 1993; SMALLEY, 2004). Sob a perspectiva da ME, a estabilidade deve ser mantida ao longo de todo o fluxo de valor, o que implica em compreender como a falta de estabilidade em processos individuais se propaga ao longo do fluxo.

Se existe ou não estabilidade, a literatura aponta algumas evidências, tais como: quando se consegue produzir de acordo com o tempo *takt* (ritmo da demanda do cliente) e com o menor

desperdício possível, sem afetar a segurança e garantindo a qualidade; a aderência de 95% ao planejado, e a capacidade de recuperar os atrasos dentro do tempo *takt* (KAMADA, 2008).

3.1.1 Estabilidade da mão-de-obra

Para garantir estabilidade da mão-de-obra, Smalley (2008) sugere que essa deva estar disponível e bem treinada, e a disponibilidade tem início com a escolha das pessoas certas. No modelo Toyota, um processo de seleção identifica as pessoas que mais se adaptam ao modelo e às suas necessidades (LIKER; MEIER, 2007).

O processo de seleção tem como objetivo procurar certas habilidades desejáveis como: motivação, participação e liderança em reuniões, iniciativa, adaptabilidade, identificação de problemas e habilidade de solucionar problemas e habilidade de comunicação (LIKER; MEIER, 2007). Portanto, é preciso ter a mão de obra necessária para cada um dos processos, não em termos de quantidade, mas também no que se refere à qualificação e disponibilidade (CHENG; PODOLSKY, 1993).

Segundo Liker e Meier (2007), o treinamento precisa ser baseado em padrões, que fornecem a base para que o operador saiba precisamente o que fazer, como fazer e quando fazer. Como parte do processo de treinamento, o operador, inicialmente alocado no trabalho, realiza apenas uma parte do trabalho total, aumentando gradativamente com a capacitação obtida. O processo prossegue até que o operador esteja apto para trabalhar sozinho.

A construção civil apresenta processos de uso intensivo da mão de obra, fazendo com que as equipes sejam consideradas como um dos principais responsáveis por uma atividade ser interrompida ou não (SANTOS, 2001).

3.1.2 Estabilidade das máquinas

A disponibilidade dos equipamentos não assegura isoladamente a estabilidade, em relação à máquina. Uma demanda estável do cliente e um processo capaz também são necessários (SMALLEY, 2008). A folha de capacidade de processo faz parte dos documentos utilizados pela Toyota, medindo o verdadeiro potencial de produção de um processo durante um turno.. Caso exista capacidade teórica, assim como uma capacidade demonstrada, para suprir a demanda, não há problemas de estabilidade.

A manutenção adequada é o principal mecanismo para garantir máquinas capazes e estáveis. Segundo Dennis (2008), a MPT impõe um trabalho de manutenção básica, como inspeção, limpeza, lubrificação e ajustes, para os operadores das máquinas. Assim, os membros do setor de manutenção ficam liberados para realizar manutenções preventivas mais complexas, reduzindo as interrupções e retrabalho de qualquer natureza (DENNIS, 2008; LIKER; MEIER, 2007; SMALLEY, 2008).

Com a MPT, os operadores de máquinas e equipamentos são capazes de perceber alterações no equipamento antes que este quebre, minimizando o tempo de parada de máquinas para manutenções corretivas, aumentando o tempo produtivo das mesmas (NAKAJIMA, 1989). Portanto, os operadores se tornam habilitados para operar as diversas máquinas e equipamentos, assim como as mantendo sempre em funcionamento.

3.1.3 Estabilidade do material

Para assegurar a estabilidade dos materiais, o importante é que a produção não tenha interrupção pela falta destes, ou seja, os materiais precisam estar disponíveis no posto de trabalho, na qualidade e na quantidade certa (CHENG; PODOLSKY, 1993). Se houver instabilidade em relação a este recurso, será necessário um estoque maior em alguns pontos (KAMADA, 2008).

Na mentalidade enxuta, um dos objetivos é reduzir o desperdício e diminuir o tempo compreendido entre o recebimento de um pedido até sua entrega, mas normalmente, isto requer redução dos estoques no fluxo de valor. De acordo com Womack *et al.* (1992), a ME é modelada como um sistema produtivo integrado, com enfoque no fluxo de produção, produzindo pequenos lotes e conduzindo a um nível reduzido de estoques. Do ponto de vista dos fluxos entre processos, no STP a redução de estoques somente pode ser alcançada depois de melhorados transporte, inspeção e as causas de instabilidade de processamento, nivelando e sincronizando a produção.

Os motivos do desequilíbrio entre o fornecimento e a demanda levam à criação de diferentes tipos de estoques: estoque de ciclo; estoque de segurança e estoque de antecipação (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1999). No STP, o estoque é considerado uma das principais perdas de um sistema produtivo. Os estoques são causados pelas ineficiências do processo, tais como elevados tempos de *set-up*, desbalanceamento da produção entre células de trabalho

e falta de sincronização entre os processos. A formação excessiva de estoque torna o processo inflexível, aumentando o tempo de atravessamento (*lead-time*) (SHINGO, 1996; OHNO, 1997).

De acordo com Shingo (1996), são criados estoques para compensar as ineficiências e a simples eliminação, dos estoques, não leva a uma solução definitiva. Quando as causas das instabilidades forem eliminadas de maneira a estabilizar o fluxo da produção, os estoques serão reduzidos substancialmente. Deste modo, a redução dos estoques é aceito como uma consequência de um processo.

3.1.4 Estabilidade do método

A estabilidade básica, segundo Smalley (2008), requer métodos padronizados para a manufatura. Segundo Campos (2004) o padrão é o instrumento que indica a meta (fim) e os procedimentos (meios) para a execução dos trabalhos, de tal maneira que cada um tenha condições de assumir a responsabilidade pelos resultados de seu trabalho. De acordo com Dennis (2008), a definição do método deve levar em conta as características de mão-de-obra, máquina e material. A padronização é a base para realizar as futuras melhorias, com menos desperdícios, menor custo, cumprimento de prazo e segurança.

Com o trabalho padronizado, são proporcionados alguns benefícios, citados por Liker e Meier (2007):

- a) estabilidade de processos: esta estabilidade constitui possibilidade de repetição, alcançando metas de produtividade, qualidade, custo, *lead time* segurança e metas ambientais;
- b) conhecer o status da produção: aliado ao conhecimento do tempo *takt*, permite ver com clareza a real condição de produção, ou seja, indica se a produção está atrasada ou adiantada;
- c) aprendizagem organizacional: o trabalho padronizado mantém o *know-how* (técnica, conhecimento ou uma capacidade desenvolvida por uma organização ou por uma pessoa) e a experiência;
- d) a realização de auditorias, pois permite avaliar a situação atual e identificar problemas, rastrear etapas vitais do processo;
- e) envolvimento do funcionário: membros de equipe, com apoio dos supervisores e engenheiros, criam o trabalho padronizado;
- f) *Kaizen*: alcançada a estabilidade de processos, a etapa seguinte é a melhoria.

g) treinamento: o trabalho padronizado fornece uma base para o treinamento dos funcionários, tornando natural fazer o trabalho de acordo com os padrões.

3.2 CONFIABILIDADE, CAPACIDADE E VARIABILIDADE

3.2.1 Confiabilidade do processo

A confiabilidade de um produto ou processo pode ser definida como a probabilidade de um componente não falhar durante o período de tempo previsto para a sua vida, em determinadas condições de uso (LAFRAIA, 2001). Assim, um produto ou processo de alta confiabilidade é aquele que tem uma baixa probabilidade de apresentar imperfeições (CAMPOS, 2004).

Campos (2004) indica que um produto ou processo nunca é perfeito, sempre havendo uma parcela de produtos ou processos que não atendem às especificações. Uma das finalidades de um cálculo de confiabilidade é a definição da margem de segurança a ser utilizada (LAFRAIA, 2001). A confiabilidade de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009) é a mensuração da probabilidade de falha do sistema e suas barreiras de proteção. A partir do conceito de confiabilidade, quando o componente/sistema deixa de exercer a função pretendida, é indicativo de que ocorreu uma falha. Os limites de funcionalidade, como tempo e condições de uso, devem ser claramente definidos para que situações de falha possam ser facilmente identificadas.

Portanto, a confiabilidade corresponde a probabilidade de algo desempenhar adequadamente o seu propósito, por um determinado período de tempo e sob condições ambientais determinadas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). A obtenção da estabilidade depende da existência de certo nível de confiabilidade, visto que se essa for insuficiente o processo sofrerá interrupções indesejadas.

3.2.2 Capacidade do processo

A capacidade de um processo é a variabilidade mínima que pode ser obtida, logo após que todas as causas especiais forem eliminadas. Quando o processo está operando sob controle estatístico, a capacidade representa o seu melhor desempenho (MONTGOMERY, 2004).

Montgomery (2004) cita algumas das principais utilizações de dados, para análise de capacidade de um processo: **a)** predizer até que ponto o processo manterá as tolerâncias; **b)**

auxiliar os elaboradores/planejadores do produto na seleção ou modificação de um processo; **c)** estabelecer um intervalo entre as amostras para monitoramento de um processo; **d)** especificar as exigências de desempenho para um equipamento novo; **e)** reduzir a variabilidade em um processo de fabricação.

De acordo com o índice de capacidade, um processo pode ser classificado como capaz ou incapaz. O processo é capaz quando os resultados das medições das características de controle estão dentro do intervalo especificado em projeto; isto é, estatisticamente não estão produzindo produtos defeituosos. O processo é dito incapaz quando os resultados das medições das características de controle estão fora do intervalo especificado em projeto, isto é, estatisticamente existem indicações que estão sendo produzidos produtos defeituosos (MONTGOMERY, 2004; RAMOS, 2000).

O estudo da capacidade de um processo avalia parâmetros funcionais do produto e não do processo propriamente. Ou seja, quando o estudo é feito por amostra do produto, servirá para caracterizar o produto naquele instante da produção. Porém, é possível monitorar a produção, coletando amostras em determinados tempos e aí se caracteriza também a estabilidade do processo ao longo do tempo (RAMOS, 2000).

Assim, a capacidade de um processo é a medida da variabilidade de um processo estável de fabricar produtos dentro da faixa de especificação do projeto. Em outras palavras, a capacidade depende da variabilidade existente nos processos, pode estar relacionada a materiais, equipamentos, pessoas e métodos (MONTGOMERY, 2004).

Depois da estabilização de um processo, a análise sobre a capacidade do mesmo proporcionará as diretrizes para as tomadas de decisão como a mudança ou não do sistema produtivo. Os processos podem estar estáveis e ao mesmo tempo não serem capazes. Isso acontece quando a variabilidade devido a causas comuns é maior que a amplitude das especificações determinadas pelos clientes (PIRES, 2004).

Quando o processo está sob controle e a sua capacidade já foi estabelecida, é possível conhecer os limites naturais do processo. De acordo com Sommer (2000) a capacidade de um processo está diretamente relacionada com a comparação entre os “Limites Naturais” do processo com os “Limites Especificados”.

Assim, um processo pode ser classificado, quanto à sua capacidade, em: **a)** processo capaz: quando os resultados das medições encontram-se dentro dos limites das especificações estabelecidas pelo projeto, ou seja, estatisticamente não estão sendo produzidos produtos com algum tipo de defeito; **b)** processo não-capaz: quando os resultados das medições encontram-se fora dos limites das especificações estabelecidas pelo projeto, ou seja, estatisticamente existem indicações e tendências de que estão sendo produzidos produtos com algum tipo de defeito (MONTGOMERY, 2004; RAMOS, 2000).

Portanto, constatada a estabilidade do processo pode-se quantificar sua capacidade por meio dos índices de capacidade. O processo deve ser estável, a fim de permitir estimar uma capacidade do processo confiável. Para aumentar a capacidade de um processo, é necessário diminuir a variação do mesmo. Menor variação no processo proporciona maior previsibilidade no processo, permitindo que se tenham previsões mais confiáveis e atendendo a prazos de pedidos; menos desperdício e retrabalho, o que reduz custos; produtos e serviços de melhor desempenho e que duram mais.

3.2.3 Variabilidade dos processos

De acordo com Souza, Oliveira e Campos (2003) nenhum dos processos comandados pelo ser humano (processos artificiais) e a quase totalidade dos processos da natureza (processos naturais) são capazes de produzir itens idênticos, ou seja, é impossível para a maioria dos processos produzirem resultados sem variabilidade. Tal impossibilidade deve-se a causas de variação inerentes aos processos.

Qualquer processo produtivo opera com certa variabilidade, podendo ser inerente ao processo ou não. A variabilidade faz com que o produto não seja produzido dentro dos limites de especificação. Portanto, pode não ser possível eliminar totalmente a variabilidade, mas a redução deve se dar tanto quanto possível para manter o processo estável e que os produtos produzidos estejam dentro das especificações exigidas (RAMOS, 2000).

Há fontes de variabilidade que são inerentes aos processos, ou seja, são causadas pelo efeito acumulativo de muitas causas pequenas e inevitáveis, denominadas de causas aleatórias. Há outras fontes de variabilidade que não são inerentes ao processo, como ajustes de máquinas, erros de operadores, qualidade de matéria prima entre outras, denominadas de causas atribuíveis. A variabilidade por causas atribuíveis é maior que a variabilidade inerente,

produzindo produtos fora dos limites de especificação, indicando que o processo está fora de controle estatístico (MONTGOMERY, 2004).

Um processo estável ou sob controle, é aquele que apresenta uma variabilidade estatisticamente estável e uniforme, em termos de média e dispersão, ao longo do tempo. Processos sob estado de controle estatístico apresentam apenas causas comuns de variação. Por outro lado, um processo se apresenta fora do estado de controle estatístico quando seu comportamento é expresso por uma variabilidade estatisticamente instável e não uniforme ao longo do tempo, apresentando causas comuns e especiais de variação (WERKEMA, 1995).

Um processo de produção é um sistema com um conjunto de entradas e saídas. Na entrada existem fatores controláveis (temperatura, pressão e outras variáveis do processo) e fatores não controláveis, ou difíceis de controlar (ambientais, matérias-primas apresentadas pelo fornecedor) que são as fontes de variabilidades. Os fatores controláveis são variáveis previsíveis, que podem ser feitas conforme os níveis desejados e tolerâncias. Os fatores não-controláveis são frequentemente fúteis e onerosos de corrigir (MONTGOMERY, 2004).

As fontes de variabilidade interferem nos processos de produção, conforme figura 5 fazendo com que os produtos finais não sejam exatamente idênticos. As entradas são representadas por variáveis de entrada ou parâmetros de processo (causas) e as saídas por características de qualidade (efeito).

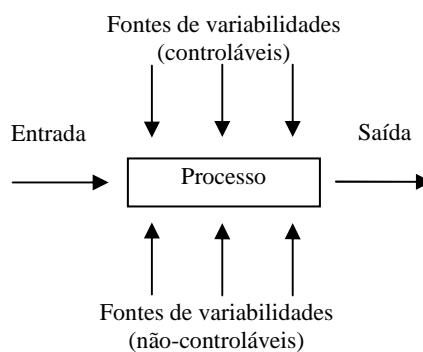


Figura 5 - Entrada e saída de um processo de produção (MONTGOMERY, 2004 – Adaptado)

Quanto ao processo, a variabilidade pode estar ligada a diferentes fatores, como a qualidade de materiais ou serviços, aos tempos de execução de atividades, à quantidade de material ou mão-de-obra usada, entre outras. Se analisado um ponto específico do processo, é possível que a variabilidade tenha ocorrido em um momento anterior, que compreende o fornecedor de

algum produto ou serviço, bem como pode ocorrer na atividade avaliada naquele momento e ainda em pontos futuros, com base na variação de requisitos pelos clientes, sejam internos ou externos (KOSKELA, 1992).

3.3 FASES PARA OBTENÇÃO DA ESTABILIDADE

A estabilidade é necessária desde as fases iniciais de implantação de um novo processo até as suas fases mais maduras, quando é necessário manter os benefícios alcançados. Liker e Meier (2007) sugerem, primeiramente, atingir um nível básico de estabilidade dentro de uma linha ou célula, chamada de ‘estabilidade desconectada’, pois a estabilidade ainda não existe ao longo de todo o fluxo de valor, em todas as relações cliente-fornecedor.

Em seguida, tem-se a conexão de duas ou mais operações, células ou linhas individuais, denominada ‘estabilidade conectada de vários processos’, gerando desafios de estabilidade e que precisam ser corrigidos antes de seguir para a próxima fase.

Por último, chega-se a ‘estabilidade estendida de fluxo de valor’, onde todos os processos já passaram pela fase de estabilidade e chegam a um nível de capacidade para manter a conexão, e estarão, assim, conectados em todo fluxo de valor, conforme mostrado por Liker e Meier (2007), na figura 6.

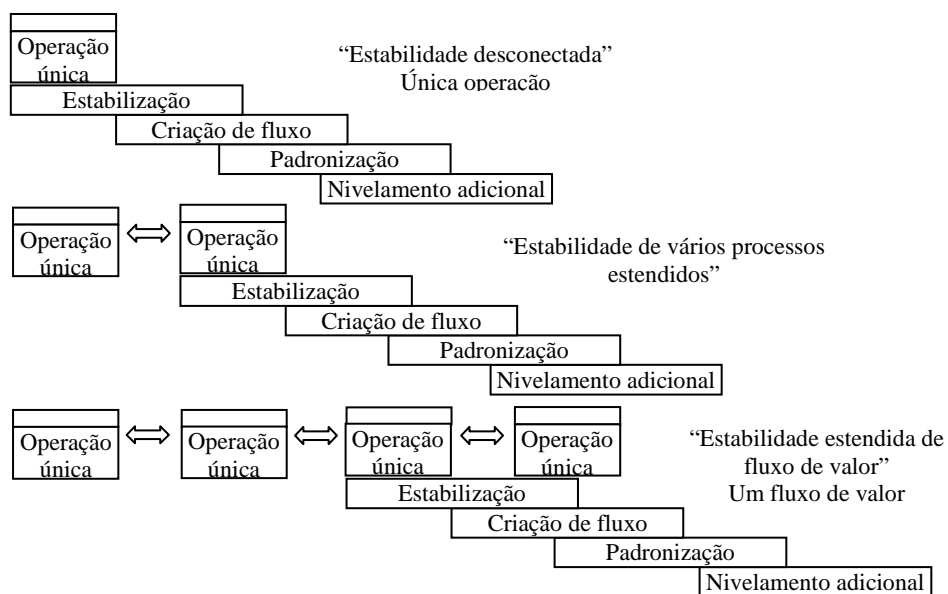


Figura 6 - Fases da Estabilidade (desconectada à estendida do fluxo de valor) (LIKER; MEIER, 2007, p. 67 – Adaptado)

De acordo com Liker e Meier (2007), o avanço desde a estabilidade desconectada até a estabilidade estendida do fluxo de valor, em todo o sistema, pode levar alguns anos de trabalho, mas é de grande importância para tornar a empresa enxuta.

3.4 PRÁTICAS DA PRODUÇÃO ENXUTA QUE CONTRIBUEM PARA A ESTABILIDADE

3.4.1 Gerenciamento visual ou transparência

A ‘transparência’ é definida por Santos (1999) como a capacidade de uma atividade de produção comunicar informações úteis para as pessoas. O ideal é quando as pessoas entendem sozinhas o fluxo do processo, possuindo ou não conhecimento técnico.

Hall² (1987) *apud* Pinto (2003), define gerenciamento visual, como uma comunicação sem palavras e sem voz, oferecendo informações acessíveis que facilitem o trabalho diário e aumentem a autonomia dos funcionários. Com essas informações o processo torna-se visível e compreensível, do início ao fim, para todos os usuários (KOSKELA, 2000).

Ballé e Régnier (2007) sugerem que os locais de trabalho permitam ver claramente o que é um problema e o que não é, identificando as condições anormais rapidamente. São sugeridas, por Takahashi e Osada (1993); Formoso *et al.* (2002), quatro formas de implementação do gerenciamento visual:

- a) o uso de dispositivos visuais (por exemplo, placa de sinalização e de segurança);
- b) o programa 5S;
- c) coleta e divulgação de indicadores de desempenho (principalmente indicadores de processo);
- d) remoção de obstáculos visuais que dificultam a comunicação entre operadores.

Um exemplo de dispositivo visual é o *andon*, painel luminoso fixado em local de boa visibilidade, indicando a condição de cada estação de trabalho. Em ocorrência de parada, o *andon* aponta qual o local da mesma (GHINATO, 2000). O dispositivo também sinaliza quando um operador para a linha por algum tipo de problema, tal como a não realização da

² HALL, R. W. *Attaining Manufacturing Excellence – Just in Time, Total Quality, Total People Involvement*. Dow Jones-Irwin, Homewood, Illinois, 1987.

tarefa dentro do ciclo de trabalho estabelecido, ou não ter atingido a produção planejada (MONDEN, 1984).

Dois tipos de *andon* podem ser encontrados: o de alerta (indica algum tipo de problema, como falha na produção), e o de status (mostra o estágio atual da produção). O *andon* de status é geralmente utilizado para comparar o número de peças a serem produzidas (planejadas) com o número de peças produzidas (real) (LIB, 2003).

O 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*) incide em uma prática que foca na ação contínua em termos de organização, arrumação, limpeza, padronização e autodisciplina, mudando a maneira como as pessoas encaram seu trabalho e como o fazem, visando o desenvolvimento de processos e produtos melhores (TAKAHASHI; OSADA, 1993). Os termos do 5S funcionam como as etapas de implementação sequencial, que descrevem práticas para o ambiente de trabalho, úteis para o gerenciamento visual e para a produção enxuta. Cada etapa é a base e o apoio para a aplicação do próximo, tendo como centro um S, no qual mantêm funcionando em conjunto (LIB, 2003).

3.4.2 Trabalho padronizado

A padronização descende da administração científica de Taylor, porém incorpora todos os conhecimentos modernos sobre pessoas, sistemas e desempenho (LIKER, 2005). Henry Ford foi um dos primeiros a integrar a padronização na linha de montagem. Na sua visão, a padronização é o ponto de partida das melhorias, determinando com clareza e precisão a maneira como se executam as ações (LIKER, 2005).

IMAI (1996) define o trabalho padronizado como a chave para criar processos repetitivos, tornando-os possíveis de reproduzir em níveis elevados de qualidade e produtividade. Sem padronização, do processo, a saída de um sistema estará sujeita a variação. De acordo com Monden (1984) e Liker (2005), o STP relaciona o conceito de trabalho padronizado a três elementos fundamentais: o tempo *takt*, a seqüência de trabalho e o estoque padrão, abaixo descrito:

a) tempo *takt*: é calculado pela razão entre o tempo total de produção disponível pela demanda do cliente (volume total de produção requerida):

$$Tempotakt = \frac{Tempodeproduçãodisponível}{Demandadocliente} \quad (1)$$

b) seqüência de trabalho ou rotina-padrão: é um conjunto de operações executadas por um operador em uma seqüência determinada, permitindo repetir o ciclo de forma consistente ao longo do tempo. A determinação de uma rotina-padrão de operações evita que cada operador execute aleatoriamente os passos de um determinado processo, reduzindo as flutuações de seus respectivos tempos de ciclo e permitindo que cada rotina seja executada dentro do tempo *takt*, de forma a atender a demanda (KISHIDA, SILVA; GUERRA, 2008);

c) estoque padrão em processo (*work in process – WIP*): é a máxima quantidade de peças em circulação necessária para manter o fluxo constante de produção. A quantidade de peças pode variar de acordo com os diferentes *layouts* de máquina e rotinas de operações. Ghinato (2000) afirma que, se a rotina de operações segue na mesma ordem do fluxo do processo, é necessária somente uma peça em processamento em cada máquina, não sendo necessário manter qualquer estoque entre as máquinas. Se a rotina é executada em direção oposta à seqüência de processamento, é necessário manter no mínimo uma peça entre as operações. Segundo Rother e Shook (2003), o ideal é que o trabalho seja realizado de maneira a não gerar estoques intermediários entre uma máquina e outra, utilizando o sistema *one piece flow*, ou uma peça ou item por vez, eliminando os chamados bancos de peças.

No entanto, para obter o trabalho padronizado são necessários três requisitos, descrito por Liker e Meier (2007):

a) a tarefa deve ser passível de repetição: caso o trabalho esteja descrito em termos de “se... então”, não é possível padronizar;

b) a linha de produção e o equipamento devem ser confiáveis, e o tempo de paralisação deve ser mínimo: se o trabalho é constantemente interrompido e o funcionário é afastado, não é possível padronizar;

c) os problemas de qualidade devem ser mínimos: o produto deve ter o mínimo de defeitos e ser coerente com os principais parâmetros.

São apresentados três documentos principais para o desenvolvimento do trabalho padronizado:

a) Quadro de Acompanhamento de Produção ou Processo (QAP);

O objetivo do QAP é registrar a capacidade de produção de cada máquina/equipamento e identificar as operações que causam gargalos, sendo mantido e usado pelo supervisor da área (LIKER; MEIER, 2007).

Para medir ou acompanhar a estabilidade de um processo, deve-se definir a expectativa de produção hora a hora e registrar a produção real. Os desvios entre o real e o planejado representam a falta de estabilidade do processo, significando a ocorrência de problemas (KAMADA, 2008). No caso de problemas que paralisam a área produtiva total ou parcialmente durante o dia, as perdas são anotadas no QAP (Quadro 2), e os problemas identificados. Não se atingindo a produção planejada o motivo é investigado.

Horário		Quantidade				Parada		Obs
Intervalo	Min	Plan	Acum	Real	Acum	Unit	Acum	

Quadro 2 - Quadro de acompanhamento de produção (QAP)

O indicador utilizado para medir tais paradas é o *'downtime'*, que mensura o período em que a produção pára por ocorrência de algum tipo de desperdício ou problema. *Downtime* é o tempo perdido de produção devido a paradas planejadas ou não (LIB, 2003). Quanto maior o valor deste indicador mais instável é considerado o processo.

O controle da produção é feito por um quadro de acompanhamento onde são anotados os tempos planejados e reais. Rother e Harris (2002) utilizam um quadro de identificação de problemas para listar quais peças devem ser feitas a cada hora e quais as quantidades requeridas para atingir a demanda do cliente. O quadro 3 tem como objetivo ressaltar os problemas de produção e definir uma resposta. Todos os problemas que impedem a produção de atingir o tempo *takt*, precisam ser identificados e as causas das interrupções da produção eliminadas (ROTHER; HARRIS, 2002). A diferença entre o quadro de acompanhamento da produção e o quadro de acompanhamento e identificação de problemas está em que no primeiro são verificados os tempos de parada na produção e no segundo identifica os motivos da parada.

Linha:				Líder da Equipe:		
Quantidade Necessária:				Tempo <i>Takt</i> :		
Tempo	Plano	Rea l	Plan o	Rea l	Problemas/causas	Responsável
			Acumulado			

Quadro 3 - Quadro de acompanhamento e identificação de problemas (ROTHER; HARRIS, 2002 - Adaptado)

b) Tabela de Combinação de Trabalho Padronizado (TCTP)

A Tabela de Combinação de Trabalho Padronizado apresenta, segundo Liker e Meier (2007) e Dennis (2008), as tarefas que têm trabalho combinado, mostrando a relação em termos de tempo de duas ou mais atividades que apresentam uma combinação de operações homem/máquina. É utilizado também em operações em que dois ou mais operadores trabalham juntos no mesmo produto e ao mesmo tempo.

c) Diagrama ou Planilha de Trabalho Padronizado (DTP)

A planilha ou diagrama de Trabalho Padronizado também utilizada inicialmente como uma ferramenta para a identificação e eliminação de perdas. Depois de realizadas as melhorias, deve ser fixada na área de trabalho como um controle visual para a administração verificar a adesão ao padrão. O DTP indica a seqüência de trabalho e o deslocamento de cada operador.

3.4.3 Fluxo contínuo

Segundo Rother e Shook (2003), criar fluxo contínuo é produzir e movimentar um item ou peças por vez (*one piece flow*), ao longo de uma série de etapas de processamento, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. Quando a etapa flui continuamente e de maneira estável, a produção tem fluxo contínuo (ROTHER; HARRIS, 2002).

A continuidade no fluxo de produção é um dos princípios da ME, proposta por Womack e Jones (2004). O fluxo contínuo é a maneira de atender, com eficiência, à demanda sem estimular a superprodução. Por isso, deve ser perseguido sempre, desde a matéria prima até os produtos acabados (ROTHER; SHOOK, 2003).

Liker (2005) apresenta sete benefícios de se utilizar o fluxo contínuo, ou fluxo unitário de peças: acrescenta qualidade; cria flexibilidade real; cria maior produtividade; libera espaço; aumenta a segurança; estimula o moral; reduz o custo do estoque. O ritmo da demanda do cliente final deve refletir ao longo de toda a cadeia de valor, sendo que a ordem para produzir deve fluir de processo em processo, em sentido oposto ao fluxo dos materiais, ou seja, do cliente final até chegar ao fornecedor (GHINATO, 2000). Quando existir o fluxo contínuo há o balanceamento das operações dentro e entre as células, e esse balanceamento, segundo Alvarez e Antunes Junior (2001), deve estar baseado no tempo *takt* de produção, considerando as restrições de capacidade da produção.

Para implementação do fluxo contínuo em empresas de manufatura, Rother e Harris (2002) criaram um modelo dividido nas seguintes etapas:

- a) mapeamento do Fluxo de Valor das principais famílias de produtos;
- b) implementação do fluxo contínuo, do balanceamento das operações do trabalhador, introdução de sistema de controle puxado;
- c) utilização do trabalho padronizado definido pelo ritmo e seqüência de produção, para estabilizar a produção; e,
- c) melhoria contínua do trabalho padronizado.

A eliminação do estoque de produção é o elemento fundamental do fluxo unitário e envolve dois aspectos a ser considerado: processo e objeto. Em relação ao processo, se reduz o intervalo de tempo entre a matéria-prima até os produtos acabados, o lead-time (ROTHER; SHOOK, 2003). Considerado pelos autores, Rother e Harris (2002), *lead time* como um indicador para avaliar o fluxo contínuo e desperdícios (na célula ou fábrica inteira). *Lead time* é definido como o tempo médio de atravessamento de cada produto entre uma série de etapas produtivas, como, por exemplo, o sistema de manufatura como um todo, levando em consideração os tempos de processamento e de esperas (ROTHER; SHOOK, 2003).

No aspecto ao objeto, diz respeito à qualidade intrínseca do produto. Esta qualidade está atribuída a não existência de estoque para absorver problemas de produção. Dentro dessa abordagem, a retirada do estoque de produção é fundamental para que os problemas de produção sejam resolvidos e explicitados, melhorando o processo de produção e a qualidade do produto (ROTHER; SHOOK, 2003; WOMACK; JONES, 2004; LIKER, 2005).

Para Liker (2005), implementar fluxo em empresas de manufatura envolve algumas ações no chão de fábrica e mudanças de comportamento de todos os envolvidos. Portanto, observa-se que a utilização dos cinco princípios apontados por Womack e Jones (2004) tem como objetivo principal a eliminação das perdas criando um fluxo contínuo de valor, que permeie todas as etapas da cadeia produtiva, visando à obtenção da perfeição no atendimento aos requisitos dos clientes.

No contexto de obras de edificações, Bulhões (2009), relaciona as condições para a implementação do fluxo contínuo com os conceitos de estabilidade, e verifica que a implementação da estabilidade é difícil e somente pode ser alcançada no processo de implementação de fluxo contínuo.

3.4.4 Sistema puxado

De acordo com Womack e Jones (2004) o sistema é dito puxado quando o planejamento e controle das empresas permitem a tomada de decisão sobre o volume de produção baseada na demanda real, a partir da solicitação do cliente final. Na abordagem da ME o sistema puxado significa que o consumidor passa a "puxar" a produção, eliminando estoques de produtos acabados, na tentativa de eliminar a perda por superprodução.

O conceito de produção puxada confunde-se com a definição de *just in time* (GHINATO, 2000). Na definição de Shingo (1996), JIT é definido como o fornecimento dos itens necessários, na quantidade necessária e no momento necessário, objetivando a eliminação de estoques e perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. No LIB (2003) a produção JIT é formado por três elementos operacionais: o sistema puxado, o tempo *takt* e o fluxo contínuo. De acordo com Smalley (2004), para um melhor funcionamento do fluxo contínuo, este deve ser puxado pelos clientes, ao invés de empurrar produtos não desejados no momento.

A ferramenta conhecida para operacionalizar o JIT, é o *kanban* (SHINGO, 1996). *Kanban* significa um cartão de sinalização que controla os fluxos de produção. A função do *kanban* é evitar a superprodução, assim só há abastecimento quando realmente existe a necessidade (SHINGO, 1996; SMALLEY, 2004); funciona também como ferramenta visual e rápida na identificação de adiantamento ou atraso da produção e deve estar ligada às práticas de melhoria contínua, pois cada *kanban* representa um estoque de fluxo de valor e, ao longo do tempo, deve-se buscar a redução planejada do número de *kanbans*, representando a redução

de estoque (SMALLEY, 2004). Segundo o mesmo autor, no sistema puxado há outro mecanismo para limitar o tamanho do estoque em processo, a linha FIFO (*first-in-first-out*), no qual representa as filas de primeiro que entra, primeira que sai. Fluxo contínuo puxado significa produzir apenas o que os clientes desejam, no momento certo, na quantidade correta, sem paradas no fluxo, seja um produto, serviço ou informação.

O LIB (2003) apresenta três tipos de sistema puxado, com supermercado, seqüencial e o misto. O sistema puxado com supermercado também conhecido como sistema de reposição ou puxado tipo A, é o mais difundido. Cada processo tem um estoque controlado de peças ou supermercado, que produz o necessário para repor o que é retirado do supermercado.

No sistema puxado seqüencial, também chamado de puxado tipo B, os produtos são feitos por encomenda tornando o estoque mínimo. Assim, o departamento de programação tem a função de estabelecer corretamente a quantidade de produtos a serem produzidos (LIB, 2003). Para operacionalizar o sistema puxado seqüencial utiliza-se o *kanban* e o FIFO, assegurando que o processo cliente consuma exatamente na ordem com que as peças foram produzidas pelo processo fornecedor. Entretanto, o sistema seqüencial é também conhecido como *constant work in process* (CONWIP), ou seja, manter a quantidade de estoque constante (SMALLEY, 2004).

Por último, o sistema puxado misto (com supermercado e seqüenciais), ou sistema puxado tipo C, no qual permite que os dois sistemas ocorram ao mesmo tempo em um processo ou podem ocorrer para uma determinada peça em determinado trecho do fluxo específico de valor. Esse sistema pode ser adequado quando a regra 80/20 for aplicada, exemplo: quando 20% de peças respondem por 80% do volume de produção diária (LIB, 2003).

Assim sendo, alguns aspectos pode influenciar na aplicação do sistema de produção puxada: i) o nivelamento de produção (nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo, (LIB, 2003); e ii) a estabilidade básica (ROTHER; SHOOK, 2003; KAMADA, 2008). No nivelamento de produção busca-se produzir diariamente cada tipo de produto, mantendo um padrão repetitivo de seqüência de modelos em termos de *mix* e volume de produção (LIKER, 2005). Na estabilidade, o objetivo é atuar na produção de maneira a obter fluxo contínuo puxado e de acordo com o tempo *takt*, desde que exista disponibilidade dos 4 elementos de produção (mão de obra, material, máquinas e métodos) (SMALLEY, 2008).

3.4.5 Manutenção Produtiva Total (MPT)

A Manutenção Produtiva Total (MPT) busca envolver todos os níveis e funções da organização para maximizar o uso dos equipamentos de produção. Considerada uma técnica adotada para eliminar os problemas relacionados às máquinas (TAKAHASHI; OSADA, 1993), ajustando com eficiência, os processos e equipamentos existentes, reduzindo-se erros e acidentes (NAKAJIMA, 1989).

Este autor analisa que o departamento de manutenção é um centro de programa de manutenção preventiva, logo, o MPT é um programa de manufatura projetado para maximizar a efetividade dos equipamentos através da participação e motivação dos trabalhadores. A MPT envolve todo o sistema produtivo, projetando e instalando equipamentos para que ocorram poucas necessidades de manutenção, e que os reparos dos equipamentos sejam rápidos (NAKAJIMA, 1989).

Os objetivos da MPT, citados por Alvarez e Antunes Junior (2001), são: sistema de manutenção que considere toda a vida útil dos equipamentos; obtenção do comprometimento de todos os departamentos na sua implementação; envolvimento de todos os funcionários da empresa (da gerência aos operadores); e, tornar a MPT uma motivação gerencial, por meio do desenvolvimento de atividades autônomas de melhorias implementadas por pequenos grupos a fim de que as máquinas e os equipamentos tenham um elevado grau de confiabilidade, garantindo a previsibilidade produtiva.

Quando se fala em instabilidade da produção, normalmente os equipamentos são os primeiros a serem lembrados. Isso porque, em geral, as máquinas representam uma grande parte dos ativos de uma empresa e a preocupação é a melhor utilização possível de tais recursos. Segundo Smalley (2004), não são necessários equipamentos com disponibilidade total, mas sim equipamentos que consigam suprir as necessidades dos clientes.

Nakajima (1989) sugere doze etapas distribuídas em três fases: preparação, implementação e estabilização. Na fase de preparação é apresentado o TPM para toda a empresa e os planos detalhados de implantação do TPM.

Para a segunda etapa de implementação Nakajima (1989) sugere aplicar oito princípios do desenvolvimento da TPM:

- a) desenvolver um programa de Melhorias Específicas, através da eliminação das grandes perdas do OEE (conceito a seguir);
- b) desenvolver um programa de Manutenção Autônoma, restaurando os equipamentos através das atividades de pequenos grupos;
- c) desenvolver um programa Manutenção Planejada, promovendo atividades de manutenção por melhorias, preventiva e preditiva;
- d) desenvolver um programa Manutenção da Qualidade, eliminando problemas de produto e processo;
- e) desenvolver um programa Controle Inicial, aumentando o ciclo de custo de vida dos produtos e equipamentos;
- f) desenvolver um programa Educação e Treinamento, habilitando os funcionários através de treinamento;
- g) desenvolver um programa Áreas Administrativas implantando o programa %S e o aumento e eficiência nas áreas de apoio;
- h) desenvolver um programa Segurança e Meio-Ambiente, por meio da criação de sistemas para obtenção de zero acidentes e zero casos de poluição.

A etapa de estabilização compreende a implementação de forma completa, para aumentar os níveis de TPM, com correções de desvios e estabelecendo novas metas (NAKAJIMA, 1989).

Uma das ferramentas para medir as melhorias implementadas por meio da TPM é a *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), ou Índice de Eficiência Global do Equipamento, índice freqüentemente utilizado na indústria e que é mensurada a partir da estratificação das seis grandes perdas e calculada através dos índices de Disponibilidade, Performance e Qualidade (eq. 1) (NAKAJIMA, 1989). A identificação das perdas é a atividade mais importante no processo de cálculo do OEE, pois está associado diretamente ao entendimento que a empresa possui sobre as mesmas.

3.4.6 Posicionamento estratégico de estoques e cadeia de fornecedores

Para qualquer tipo de empresa a gestão eficiente dos estoques é importante. Se a empresa trabalhar com margens de lucro reduzidas, eventuais ineficiências na administração dos estoques podem implicar no seu desaparecimento (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1999). Os estoques são criados quando materiais, componentes ou produtos finais, são armazenados em

quantidades superiores ao seu uso. Estoques são esvaziados quando o consumo destes itens excede o seu recebimento.

LIB (2003) define os estoques como materiais ou informações presentes ao longo de um fluxo de valor entre as etapas de processamento. A gestão dos estoques é uma tarefa complexa, cuja eficácia depende da compreensão das características dos diferentes processos de sua formação. Conforme Krajewski e Ritzman (1999), os estoques são classificados em quatro grupos: estoque de ciclo; estoque de segurança; estoque de antecipação e; estoque de movimento.

No estoque de ciclo, parte do estoque total que varia diretamente com o tamanho do lote de compra ou de produção. Quando a taxa de demanda é conhecida e constante, o valor médio do estoque de ciclo é igual à metade do lote. Na determinação da frequência dos pedidos e das quantidades a serem pedidas, dois princípios são importantes: o tamanho do lote varia diretamente com o ciclo de pedido, isto é o tempo transcorrido entre os pedidos; e quanto maior o ciclo de pedido, maior será o estoque de ciclo (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1999).

Quanto o estoque de segurança, parte do estoque total destinada a proteger a empresa contra incertezas decorrentes das oscilações da demanda, do *lead time* e do fornecimento. Corresponde à diferença entre o número de períodos que a empresa adianta o seu pedido e o número de períodos do lead time de entrega do fornecedor (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1999). Estoque de segurança são produtos mantidos em qualquer ponto (matéria-prima, estoque em processo ou produto acaba) para evitar que os clientes fiquem desabastecidos por problemas de capacidade dos processos, também chamado de estoque de emergência (LIB, 2003).

Para o estoque de antecipação, é a parte do estoque total usada para absorver as variações das taxas de demanda ou de fornecimento às quais as empresas estão sujeitas. E por fim, o estoque em movimento, como sendo parte do estoque total que está sendo movimentada. Corresponde à demanda média por período vezes o número de períodos do *lead time* do item em análise (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1999).

Segundo Smalley (2008), em alguns processos pode-se fazer fluxo de uma peça ou de pequenos lotes, mas para um processo em grandes lotes, uma quantidade de peças em estoque é necessária para cobrir o tempo de outras peças que estão rodando ou ferramentas estão sendo trocadas, identificado como o estoque de ciclo. O acúmulo de peças necessárias é

composto, na Toyota, pelo estoque de ciclo, estoque pulmão e pelo estoque de segurança. A eficiência da linha de produção pode ser prejudicada quando ocorrer falhas ao estabelecer estoques de pulmão e de segurança em um ambiente onde não há estabilidade (SMALLEY, 2008).

Segundo Dyer e Hatch (2004), as matérias primas sofrem grande impacto no custo final do produto, obrigando uma revisão na organização da cadeia de suprimentos (*supply chain*) e no relacionamento entre clientes e fornecedores. Deste modo, as empresas líderes de mercado buscam trabalhar com parceiros comerciais como forma de diminuir custos e eliminar ineficiências em sua cadeia de suprimentos.

‘*Supply chain*’ é o termo definido, de acordo com o dicionário *American Production Inventory Control Society* (1995 apud PIRES, 2004), como os processos que envolvem fornecedores-clientes e conectam as empresas, desde a fonte inicial de matéria-prima, até o ponto de consumo do produto acabado. As funções dentro e fora de uma empresa garantem que a cadeia de valor possa ser vista como algo que começa na matéria prima, envolvendo todas as operações necessárias, até o momento que o consumidor final recebe seu produto ou serviço (PIRES, 2004). Este autor baseia-se na idéia de que empresas devem estar estratégica e holisticamente integradas com os seus fornecedores e clientes.

No entanto, é importante ressaltar uma diferenciação entre rede e cadeia de empresas. Pires (2004) faz uma caracterização dos dois termos, onde a cadeia é um processo linear de unidade produtiva para unidade produtiva, enquanto uma rede envolve uma gama maior de relacionamentos, que se encontra mais próxima da realidade vivida pelas empresas.

Segundo Womack e Jones (2004), a manufatura enxuta é uma nova abordagem segundo a qual existe uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com os clientes, cadeias de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, utilizando cada vez menos recursos nas operações de produção.

A Toyota promove a transferência de conhecimento para seus fornecedores, em vez de tentar proteger o que sabe. Uma das maneiras de transferir esses conhecimentos é estimular a reunião de seus fornecedores em associações conhecidas como *kyohokai* (grupo com uma finalidade comum) e desenvolver a infra-estrutura e os processos inter organizacionais em “redes” de fornecedores (DYER; HATCH, 2004).

Portanto, eliminar os desperdícios na movimentação física e na transferência de informações permite a redução dos valores com custos de gerenciamento da cadeia, tornando a *supply chain* mais eficiente, admitindo ganhos de valor aos membros da cadeia para o consumidor final.

3.4.7 Treinamento de Instrução de Trabalho (TWI)

Para o treinamento das pessoas selecionadas, a Toyota utiliza um método conhecido como Treinamento de Instrução de Trabalho, onde procura desenvolver níveis excepcionais de habilidades. Este método é baseado no material desenvolvido nos Estados Unidos na década de 1940, depois da Segunda Guerra Mundial, *Training Within Industry* (TWI), ou treinamento dentro da indústria. O treinamento oferecido para os supervisores de produção é composto por três componentes (HUNTZINGER, 2008):

- a) Instrução de Trabalho: o foco é instruir os operários mais do que “deixá-los aprender”, através de ensinamentos sobre como planejar os recursos corretos de produção, como desdobrar as tarefas e como ensinar as pessoas de forma segura, correta e consciente;
- b) Métodos de Trabalho: ensina as pessoas como analisar tarefas e fazer melhorias simples dentro do seu domínio de controle;
- c) Relações de Trabalho: para atender a necessidade do supervisor em relações humanas, no qual, ensina os supervisores como tratar as pessoas como indivíduos e a resolver problemas comuns de relacionamento humano no ambiente de trabalho e não ignorá-los.

O método de Treinamento de Instrução de Trabalho deve ser aprendido por todos os líderes na Toyota (LIKER; MEIER, 2007). Com estes três componentes, a Instrução, Método e Relações de Trabalho, os supervisores são aptos a criar uma rotina, disciplina e senso de justiça nos grupos de trabalho. Depois de cinquenta anos na Toyota, o TWI e os princípios fundamentais constituem a base atual de treinamento para supervisores e outros grupos de trabalho (SMALLEY, 2008).

Takahashi e Osada (1993), acrescentam a importância da educação e do treinamento na implementação de iniciativas como a TPM, representado por um dos pilares de sustentação. Sintetizando a importância do treinamento como meio para atender a um objetivo, devendo ser acompanhado da aplicação prática dos conhecimentos e habilidades adquiridos. É

necessário, porém, as pessoas aceitarem o treinamento e desejar serem treinadas (TAKAHASHI; OSADA, 1993).

3.4.8 Multifuncionalidade da mão-de-obra

A multifuncionalidade é considerada o aprendizado e operação de vários postos de trabalho pelos funcionários de uma empresa, consistindo em capacitar os funcionários para operarem múltiplas máquinas ou processos (OHNO, 1997). Para operar múltiplas máquinas o trabalhador atua em diversas máquinas simultaneamente, porém, não segue o fluxo de produção de um produto. Já em múltiplos processos, o trabalhador atua em diversas máquinas seguindo o fluxo de produção (SHINGO, 1996).

No STP, segundo Monden (1984), foi desenvolvido um sistema de rotação de trabalho (*job rotation*), visando capacitar os trabalhadores para serem multifuncionais. Ahlström (1998) esclarece que algumas atividades de apoio no chão de fábrica devem ser realizadas em paralelo. Assim sendo, as equipes multifuncionais também são responsáveis por tarefas indiretas, como a manutenção, qualidade, aquisição e manuseio e controle dos materiais.

Para serem multifuncionais, os trabalhadores devem ser constantemente capacitados no sentido de desenvolverem competências múltiplas, realizando treinamento no local de trabalho por meio de transferência de conhecimento de empregados mais experientes.

A multifuncionalidade é uma meta das empresas atuais, como uma exigência do mercado de trabalho, considerando que além do desenvolvimento das tarefas e funções do seu trabalho deva ter a capacidade de obter novas informações (conhecimentos) e estar preparado para os diversos problemas da empresa apresentando soluções.

3.5 FERRAMENTA DE VISUALIZAÇÃO DA MENTALIDADE ENXUTA

3.5.1 Mapa Fluxo de Valor (MFV)

O Mapa de Fluxo de Valor (MFV ou VSM – *Value Stream Map*) foi introduzido por Rother e Shook (2003), como uma ferramenta de visualização e entendimento do fluxo de material e informação no processo de formação de valor na produção. O mapeamento de fluxo de valor é a representação, em um diagrama simples, de todas as etapas envolvidas nos fluxos de

material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega (LIB, 2003).

O MFV permite as empresas enxergarem os seus desperdícios, ilustrando como estão naquele exato momento os estoques, a demanda, os tempos de ciclo, tempo *takt*, entre outras variáveis. O fluxo de valor pode ser analisado seguindo o caminho total, desde a matéria-prima até o produto acabado, considerando toda a cadeia de valor (ROTHER; SHOOK, 2003).

Rentes (2000) considera o MFV como um processo de modelagem de negócio, servindo como plano diretor de mudanças, permitindo, a identificação de pontos de melhoria, auxiliando em concordância entre os participante, para definir os desperdícios prioritários que serão alinhados com a estratégia da empresa.

Portanto, essa ferramenta consiste no desenho de todos os processos por onde passam os produtos capturando as informações relevantes para o entendimento dos mesmos. Assim, obtêm-se uma visão sistêmica do processo, admitindo as melhorias que afetam o fluxo.

Para Rother e Shook (2003) o fluxo é toda a ação (agregando valor ou não) necessária para que um produto passe pelos fluxos essenciais: i) o fluxo de produção desde a matéria prima até o consumidor final, ii) o fluxo de projeto do produto, da concepção até o lançamento. Permite também, mapear a área administrativa na organização e toda a cadeia de suprimentos.

O processo de mapeamento inclui etapas como a identificação da família de produtos; o desenho do estado atual, do estado futuro e o plano de trabalho e implementação.

A família de produtos é definida por Rother e Shook (2003), como um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento, utilizando equipamentos comuns. O primeiro passo, segundo os autores é identificar e diferenciar as famílias por produtos da fábrica, iniciando o mapeamento por uma dessas famílias.

Após a identificação e diferenciação das famílias de produtos e a família sugerida a ser mapeada, inicia-se o mapeamento pela demanda do consumidor. O desenho do Mapa Fluxo Valor (Figura 7), atual e futuro, apresentam um conjunto de ícones a serem utilizados na representação, propostos por Rother; Shook (2003).

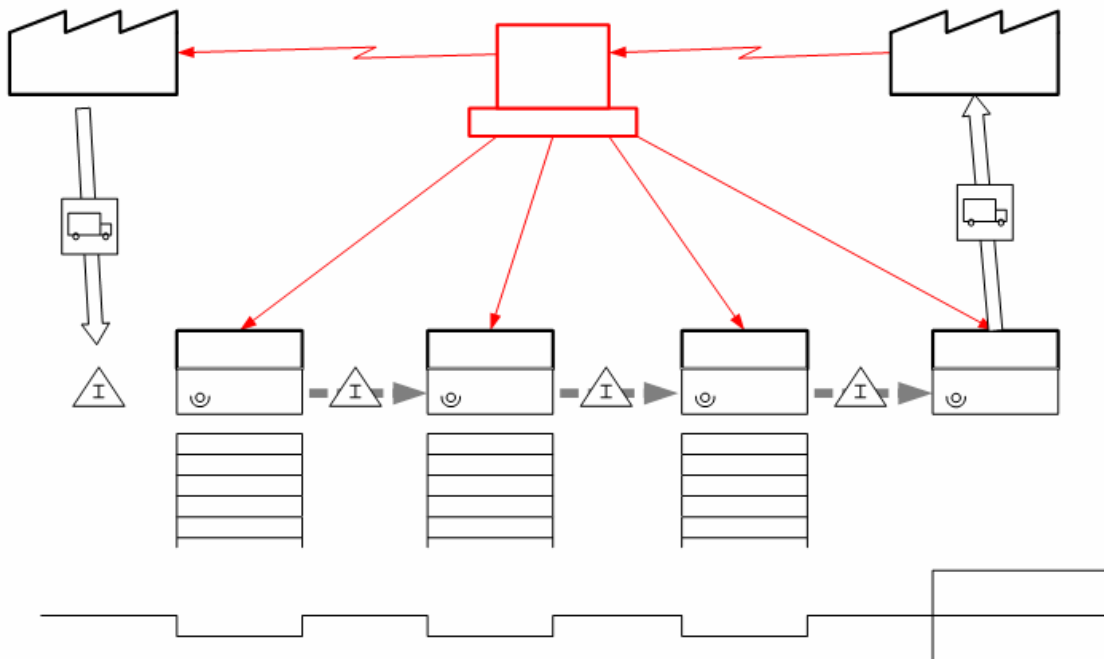


Figura 7 - Exemplo de mapa fluxo valor (ROTHER; SHOOK, 2003 – Adaptado)

Um dos objetivos do mapa do estado atual está em compreender a natureza dos processos para justificar a elaboração do mapa do estado futuro. Ou seja, durante o mapeamento do estado atual, é importante avaliar os processos tendo em mente a criação de um estado futuro (LIKER; MEIER, 2007).

O mapa do estado futuro tem como objetivo a eliminação dos desperdícios e a identificação de suas fontes e identificando a possível implantação de melhorias sistemáticas e permanentes (ROTHER; SHOOK, 2003).

Os autores recomendam, para o desenho do mapa de estado futuro, responder algumas perguntas, as quais fornecem informações necessárias para completar tal mapa:

- a) Qual o tempo *takt*?
- b) A produção será para um supermercado de produtos acabados, do qual os clientes puxam ou diretamente para a expedição?
- c) Onde usar fluxo contínuo?
- d) Será necessário introduzir sistemas puxados com supermercados?
- e) Em qual ponto da cadeia de produção (processo puxador) será feita a programação da produção?
- f) Como nivelar o mix de produção no processo puxador?

- g) Que incremento de trabalho será liberado uniformemente no processo puxador?
- h) Quais são as melhorias necessárias nos processos para o fluxo de valor fluir de acordo o futuro?

A última etapa do MFV é definir um plano de trabalho e implementação. Rother e Shook (2003), recomendam dividir a implementação em etapas, encarando como um processo de construção de uma série de fluxos conectados para uma determinada família de produtos. Portanto, divida o mapa de fluxo de valor do estado futuro em segmentos ou *loops*, sendo que, para cada *loop* devem ser listados os objetivos e metas.

Com os *loops* divididos, define-se o plano de ação que mostra: um planejamento do que fazer e quando para cada etapa; metas quantificáveis e pontos de checagem claros com os prazos reais e avaliadores definidos (ROTHER; SHOOK, 2003).

Os autores sugerem, para iniciar a implementação, uma seqüência para escolher um ponto inicial, considerando os *loops* no fluxo de valor do estado futuro, ou seja, inicia-se no *loop* puxador, pois está mais próximo do cliente final, e gradualmente subir no fluxo tanto quanto necessário.

Porém, algumas diferenças entre o setor de construção civil e de manufatura devem ser consideradas, em relação ao significado de cada fluxo com a finalidade de aproveitar ao máximo a ferramenta (MFV). Fontanini (2004), cita algumas dessas diferenças: longo prazo de duração do empreendimento versus o curto e repetitivo ciclo de produção da manufatura, variabilidade de produto, número de agentes envolvidos na produção entre outras. Na construção civil, o significado de cada fluxo, segundo a autora, deve ser interpretado para o empreendimento como um todo, assim como para cada participante da cadeia de valor.

3.6 INDICADORES PARA ESTABILIDADE PRODUTIVA

A utilização de medidas de desempenho como elemento estratégico e controle são relativamente recente. De acordo com Bond *et al.* (2001), embora as empresas já venham medindo há algum tempo a qualidade, eficiência, produtividade e tempo de seus processos, produtos e serviços, as novas abordagens para a medição do desempenho procuram determinar o que realmente deve ser medido, com a finalidade de entender e melhorar o trabalho no dia-dia.

Os autores afirmam ser fundamental os indicadores estarem integrados dentro de um sistema único, envolvendo informações de diversos departamentos e processos, a fim de fornecer o nível necessário de dados em termos de acuracidade e confiabilidade.

3.6.1 Definição e atribuição de indicadores

Takashina (1999) define o indicador como representação quantificável das características de produtos e processos. Desta forma, o indicador é utilizado para melhoria da qualidade e desempenho de um produto, serviço ou processo, ao longo do tempo, possibilitando à organização conhecer como está seu desempenho, como pode atuar sobre eles e quais as metas a atingir.

A análise, segundo Takashina (1999), consiste em extrair dos dados e resultados o seu mais amplo significado, para apoiar a avaliação do progresso, as tomadas de decisões nos vários níveis da empresa. Além disso, o acompanhamento dos indicadores pode ocorrer por comparações (ou *benchmarking*) internas ou externas, observando-se a correlação e relações das causas e efeitos entre os indicadores. De acordo com Takashina (1999), *benchmarking* é a atividade de comparar um processo, ou resultado, com líderes reconhecidos, visando melhorar sua competitividade.

No entanto, o uso de um sistema de indicadores requer uma estruturação dos indicadores, da forma de coleta, processamento e análise, da mão-de-obra e utilização dos resultados. Um indicador de desempenho pode ser definido, segundo Souza *et al.* (1994), como um resultado atingido em determinado processo ou características dos produtos finais resultantes. Refere-se ao comportamento do processo ou produto em relação a determinadas variáveis, tais como, o custo de determinado processo, lucro, retrabalho, conformidade de produtos.

Para Sink e Tuttle (1993), os indicadores, devem ser considerados parte integrante do processo de planejamento e controle, fornecendo meios de capturar dados, que podem ser utilizados como informação na tomada de decisão.

Segundo os autores, Sink e Tuttle (1993), os indicadores podem ter diferentes papéis no processo gerencial, destacando que as medidas podem ter funções de visibilidade, controle, melhoria e motivação. Com isto, de acordo com Costa (2003), os sistemas de medição de desempenho ampliam seu papel nas organizações, incorporando-se cada vez mais ao gerenciamento.

Carvalho e Paladini (2006) apontam algumas características básicas que os indicadores devem apresentar. Dentre as quais se destacam: ser precisamente definidos; expressar a avaliação feita de forma simples, direta e atual; ser bem compreendidos por todos; ser representativos; ser representados por dispositivos de rápida visualização e compreensão quase instantânea, como imagens de histogramas ou outros gráficos de barras; e priorizar o processo que os gerou, embora avalie produtos ou partes deles. Além destas, ainda deve-se garantir perfeita adequação do indicador à situação, ao contexto e à organização onde ele está sendo usado.

3.6.2 Classificação dos indicadores

Costa (2003) apresentou os principais modelos, estruturas e abordagens encontradas na literatura para a concepção, implementação e uso dos sistemas de indicadores de desempenho. Chegando a conclusão que os problemas referentes à medição de desempenho, estavam relacionados à necessidades de selecionar medidas financeiras e não financeiras integradas aos sistemas de gestão da empresa para avaliação do seu desempenho.

Costa (2003) propôs, em sua pesquisa, diretrizes para a concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho, de modo a estabelecer vínculos dos indicadores com os objetivos, ações estratégicas e os processos gerenciais em empresas de construção civil. Costa (2003) sugeriu que os indicadores sejam classificados de diferentes formas, de acordo com as necessidades de informação da empresa e a sua estrutura de organização e decisão.

Lantelme *et al.* (2001) classificaram os indicadores em: produto e processo. O primeiro avalia se as características do produto atendem aos requisitos do cliente. O segundo, avalia se as características do processo atendem as necessidades do cliente. Esta classificação permite à empresa uma melhor visão de como integrar os indicadores ao gerenciamento de seus processos. A distinção entre um indicador de produto e de processo deve ser feita considerando-se individualmente os diferentes processos a serem avaliados.

A classificação utilizada no Manual de Utilização do Sistema de Indicadores para *Benchmarking* na Construção Civil (COSTA *et al.*, 2005), e que por sua vez está sendo adotada nesta pesquisa, trata-se de indicadores de processo e de resultado.

Os indicadores de resultado avaliam o atendimento aos objetivos definidos pela empresa. Por sua vez, os indicadores de processo avaliam se as características do processo atendem às necessidades do cliente. A distinção entre um indicador de resultado e um indicador de

processo deve ser feita, considerando-se individualmente os diferentes processos a serem avaliados (LANTELME *et al*, 2001).

Portanto, as classificações e denominações dos indicadores podem variar de acordo com o autor e a perspectiva adotada na pesquisa. Compreende-se que as diferentes classificações propostas refletem diferentes pontos de vista para os indicadores e que as classificações referem-se, essencialmente, à finalidade de informação produzida (COSTA, 2003). Porém, os indicadores devem ser utilizados em conjunto, de tal forma, que um complemente a informação do outro, apoiando, ao final, na tomada de decisão gerencial.

3.6.3 Medição de desempenho na Produção Enxuta (PE)

Nogueira (2007) realizou um levantamento em relação à medição de desempenho na produção enxuta, apresentando métodos de uma literatura mais ampla com diversos métodos já publicados: (Karlsson; Ahlström, 1996); (LEM, 1998); Normas SAE (*Society of Automotive Engineer*) J4000, J4001 e RR003 (SAE, 1999); Sánchez; Pérez (2001); Soriano-Meier e Forrester (2002); Godinho Filho (2004); Fernandes, Dias (2005).

Nogueira (2007) percebeu que nenhum dos métodos citados, chega avaliar se as empresas apresentam estabilidade básica para a implementação enxuta. Visto que, a estabilidade se torna necessária, principalmente, para as empresas que estão no processo inicial de implementação. Smalley (2004) reconheceu que muitas empresas no mundo inteiro permanecem em uma etapa inicial de implementação enxuta, não sendo capazes de obter um real fluxo contínuo, considerando que a responsável por esta estagnação seja a falta de estabilidade básica na manufatura.

A PE não pode ser medida por sistemas de medição tradicionais, já que possui outro foco, diferentemente da produção em massa. Com a utilização dos sistemas tradicionais, os operadores e supervisores são levados para direções diferentes. Enquanto que a PE afirma que se deve trabalhar no tempo *takt*, as medições tradicionais focam na eficiência individual (MASKELL, 1991 apud COSTA, 2003).

Cardoza e Carpinetti (2005) apontaram as características no processo de medição de desempenho do sistema de produção enxuta, no qual a produção é puxada, ou seja, só é produzido quando existe uma demanda real:

- a) os indicadores de desempenho são criados a partir das atividades que agregam valor permitindo monitorar constantemente os resultados individuais de cada um dos processos globais do fluxo de valor;
- b) a análise visual (gestão visual) do fluxo de valor do produto é valorizada pelos gerentes e colaboradores (funcionários) da empresa. Neste caso, à visão de todas as atividades permite remover as restrições e melhorar o fluxo de valor;
- c) sistema de indicadores de desempenho passa a determinar as fontes de variação e atividades que não agregam valor aos clientes. Conseqüentemente, os desperdícios podem ser identificados e eliminados;
- d) os indicadores de desempenho permitem analisar e avaliar a situação atual da empresa. Com isso é possível diagnosticar e direcionar as ferramentas de melhoria contínua para as áreas que apresentam resultados insatisfatórios;
- e) os resultados dos eventos de melhoria realizados no fluxo de valor são medidos. Formalizando o sistema de informação interno da empresa.

Os autores apresentaram os principais indicadores utilizados por um conjunto de empresas que implantaram os conceitos de PE no interior do Estado de São Paulo. Ao mesmo tempo, criaram meios, através da gestão visual, para divulgar a informação aos usuários e outras áreas operacionais e administrativas.

3.6.4 Indicadores propostos para os 4Ms (mão-de-obra; materiais, máquinas e método)

Quando configurados os indicadores de desempenho é preciso resolver questões de como coletar os dados, com que periodicidade, qual o destino dar a ele, além de resolver pequenos conflitos entre os indicadores, considerando medidas internas e externas à organização (BOND *et al.* 2001).

Os indicadores selecionados devem ser capazes de avaliar o comportamento do processo de produção em relação à estabilidade, ou seja, identificar o grau no qual a produtividade se mantém constante, ou a capacidade produtiva de absorver perturbações e permanecer inalterado. Os indicadores propostos neste estudo focalizam os 4 Ms (mão de obra; materiais, máquinas e método), além de outros elementos como a programação da produção.

3.6.4.1 Mão-de-obra

A seguir apresentam indicadores utilizados para avaliar o comportamento do processo da mão-de-obra em relação à estabilidade:

a) Absenteísmo

O absenteísmo ou absentismo (do francês *Absenteisme*, derivado do inglês *absenteeism*, de *absentee*) é definido como ausência do servidor ao trabalho por qualquer razão, naquelas ocasiões em que seria de esperar-se a sua presença (NOGUEIRA, 1980).

Estudos citados por Lee e Eriksen (1990) indicam que o absenteísmo é inversamente proporcional à satisfação no trabalho, e a ausência pode ser considerada uma forma de se afastar de pequenas situações indesejáveis. A observação de fatores como condições de trabalho, natureza da supervisão, estilos de liderança, participação na tomada de decisões e relacionamentos profissionais pode ajudar a entender o impacto do absenteísmo nas organizações.

No Brasil, o absenteísmo tem preocupado muito os gestores em vários segmentos empresariais. Devido à sua repercussão e abrangência, gera prejuízo na forma de desenvolvimento do trabalho, no aumento dos custos de produção e da previdência social. São efeitos negativos na moral dos trabalhadores e na diminuição da qualidade e da produtividade (NOGUEIRA; AZEVEDO, 1982). Na atividade da construção civil, o principal efeito do absenteísmo é o desequilíbrio das equipes, que causa redução na produtividade e o atraso no cronograma da obra (NAVARRO, 2005).

Para Chiavenato (2004) as principais causas do absenteísmo são: doença efetivamente comprovada; doença não comprovada; razões diversas de caráter familiar; faltas voluntárias por motivos pessoais. O autor comenta que o absenteísmo repercute na produtividade, e que as causas, do absenteísmo, precisam ser diagnosticadas para controle político da organização.

O índice de absenteísmo refere-se ao controle das ausências nos momentos em que os trabalhadores se encontram em seu tempo programado de jornada de trabalho. O conceito pode ainda ser melhor compreendido pelo somatório dos períodos em que os empregados de determinada organização ausentam-se do trabalho, incluindo atrasos, dentro de sua jornada

normal de trabalho. O absenteísmo, segundo Chiavenato (2004), pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Índice de absenteísmo (IA)} = \left[\frac{\text{Horas perdidas}}{\text{Horas totais}} \right] \cdot 100$$

Onde:

Horas perdidas resulta da soma das faltas mais os atrasos, e horas totais é o resultado do número de operários pelas horas (dia de trabalho) e o dia (mês de trabalho).

Faz-se necessários a aplicação de indicadores padronizados, tanto em sua nomenclatura, utilização e relevância, pois inexistindo padronização dificulta a comparação dos dados entre as organizações e o estabelecimento de parâmetros. O valor de referência para a análise do IA, foi desenvolvido pelo Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil (SISIND), no qual apresenta a tabela de *Benchmark* com índice de absenteísmo, de 1.5%, e valor médio de 2.7%.

Existem diversos critérios para escolha das informações a serem utilizadas na determinação do I.A. O mais recomendável é que cada empresa determine seus próprios critérios de acordo com seu negócio, seus objetivos e com o que pode ou pretende fazer com as informações do índice.

A observação de fatores como condição de trabalho, natureza da supervisão, estilos de liderança, participação na tomada de decisões e relacionamentos profissionais pode ajudar a entender o impacto do absenteísmo nas organizações.

Para as empresas se manterem competitivas, demanda a necessidade do equilíbrio entre produtividade e capacidade de produção estimada. Para a efetividade das mesmas, faz-se necessário à prevenção de qualquer tipo de ocorrências que reduzam a possibilidade de vantagens competitivas. Para tanto, o nível de absenteísmo deve ser reduzido até quase zero, bem como a eliminação das causas.

b) Rotatividade

A rotatividade é um termo originado do inglês *'turnover'*, utilizado para caracterizar o movimento de entradas e saídas, admissões e desligamentos, de profissionais empregados de uma empresa, em um determinado período. Esses desligamentos podem ser espontâneos ou provocados pelas empresas (POMI, 2010), ou seja, a rotatividade é caracterizada, segundo Mengarda e Silva Filho (1997) pelo fato do trabalhador mudar de organização.

Para Chiavenato (2004), as causas da rotatividade nas empresas estão diretamente ligadas à política salarial adotada; política de benefícios; oportunidade de progresso profissional oferecida pela empresa; tipo de supervisão; política disciplinar; condições físicas e ambientais de trabalho; motivação do pessoal.

Pomi (2010) e Chiavenato (2004) entendem a alta rotatividade como sinônimo de perda de produtividade, perda de lucro e de saúde organizacional. Fator este que acaba refletindo na motivação das pessoas, no clima organizacional, relacionamento interpessoal, no comprometimento, e gera mais absenteísmo, mais rotatividade, interferindo até mesmo exteriormente à empresa, como na credibilidade junto aos clientes.

Chiavenato (2004) percebe a rotatividade de pessoal como uma despesa que pode ser evitada se houver mais critério e atenção na seleção de mão-de-obra. O autor alerta que para combater a rotatividade é preciso detectar as causas e determinantes, sendo um dos aspectos mais importantes da dinâmica organizacional. A causa pode ser diagnosticada pelos fenômenos internos e externos à organização cujos dados são obtidos em entrevistas no ato dos desligamentos espontâneos ou programadas registradas de modo confidencial, ou por dados coletados pela própria empresa – avaliados pela política de recursos humanos.

Baseando-se em Chiavenato (2004) o cálculo do índice de rotatividade é baseado no volume de entrada e saída do pessoal em relação aos recursos humanos disponíveis na organização. Portanto, quando se trata de medir o índice de rotatividade de pessoal para efeito do planejamento de recursos humanos, utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{Índice de Rotatividade (IR)} = \left\{ \frac{\left(\frac{N^{\circ} \text{ admissões (mês)} + N^{\circ} \text{ demissões (mês)}}{2} \right)}{N^{\circ} \text{ empregados (final do mês anterior)}} \cdot 100 \right\}$$

Onde:

O índice de rotatividade de pessoal exprime um valor percentual de empregados que circulam na organização em relação ao número médio de empregados. O valor de referência para a análise do IR, conforme SISIND, no qual apresenta a tabela de *Benchmark* com índice de rotatividade, de 5.0%, e valor médio de 8.3%.

Navarro (2005) percebeu que a rotatividade na construção civil tem sido muito elevada, o que desestimula investimentos no desenvolvimento em recursos humanos. Os programas da qualidade exigem um vínculo e comprometimento maior por parte dos operários, assim como uma política de treinamento.

Segundo Wagner III e Hollenbek (2003), insatisfação e *stress* faz mais do que gerar custos diretos para as organizações, é fonte de custos indiretos notadamente na forma de absentismo e rotatividade. A insatisfação é uma das principais razões para o absenteísmo e acelera a rotatividade organizacional.

Lacombe e Heilborn (2003) chegaram à conclusão que um índice elevado absentismo e rotatividade pode ser indício de políticas de pessoal deficientes ou de descontentamentos. Frente a estes acontecimentos cabe ao RH identificar as causas, visando com o estudo implementar uma política que auxilie todos os sistemas produtivos da organização diminuir o absentismo, também desenvolvendo mais comprometimento.

c) Multifuncionalidade

Segundo Ghinato (1996), a multifuncionalidade é um dos elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção (STP), e responsável por grandes aumentos de produtividade a partir de 1980. As vantagens da multifuncionalidade, na operação de múltiplos processos, são destacadas pelo autor, como a melhora do fluxo dos processos; eleva a produtividade do trabalhador, e pode trazer aumento de produtividade de 50 a 100%, dependendo do sistema utilizado (operações múltiplas de máquinas ou múltiplos processos), devido a sua dinamicidade em relação às tarefas a serem realizadas.

Monden (1984) afirma que no STP, a multifuncionalidade dos operadores é atingida pela rotação de trabalho ou revezamento, aliado a um eficiente processo de treinamento. Porém, a flexibilização só é viabilizada se os operadores multifuncionais forem bem treinados e o

layout fabril for adequado. Operário multifuncional ou polivalente, para fins desta pesquisa, é aquele capaz de exercer várias funções diferentes.

Segundo Shingo (1996), a multifuncionalidade pretende habilitar o trabalhador para operar qualquer máquina em sua área de trabalho, ou setor. O rodízio de trabalhadores visa habilitar o operador a trabalhar em um conjunto maior de áreas da organização.

Na PE, a multifuncionalidade não está conceitualmente limitada às atividades de um grupo de trabalho, mas a todo fluxo do processo produtivo, sendo ajustada a cada atividade individual, permitindo desse modo, a possibilidade de mover o trabalhador para outros grupos, caso for necessário (NIEPCE; MOLLEMAN, 1998).

O indicador proposto visa medir o grau de multifuncionalidade dos operadores em um dado espaço delimitado da empresa, empregando a seguinte fórmula:

$$\text{Índice de Multifuncionalidade (IM)} = \frac{\sum \text{n}^\circ \text{ de processos que cada trabalhador domina}}{(\text{n}^\circ \text{ total de operações} \times \text{n}^\circ \text{ total de trabalhadores})}$$

Onde:

O grau de multifuncionalidade é calculado levando-se em consideração o número de processos que cada trabalhador domina com o número total de operações no processo e de trabalhadores. O grau de multifuncionalidade mede como as pessoas estão sendo utilizadas em um determinado ‘espaço da fábrica’. O valor corresponde ao grau/coeficiente de multifuncionalidade das pessoas, deve ser idealmente superior a unidade. Na Toyota, o objetivo é alcançar 100%.

A finalidade do IM consiste em acompanhar a evolução do grau de multifuncionalidade na própria empresa, no sentido de avaliar a evolução da multifuncionalidade de seus colaboradores. Portanto, deve ser acompanhado ao longo do tempo em um dado espaço da empresa visando aumentá-lo. A multifuncionalidade, como impacto humano da produção enxuta, é um pré-requisito para o sucesso do sistema.

3.6.4.2 Materiais

A seguir apresentam os indicadores para avaliar o comportamento do processo de materiais em relação à estabilidade:

a) Índice de avaliação de fornecedores de materiais (I_{AFM})

Depois de tomada a decisão sobre o que comprar a segunda decisão a ser tomada, segundo Arnold (1999), refere-se na decisão da escolha do fornecedor certo. O autor ressalta que, o fundamental na função de compras está em suprir ao mesmo tempo: qualidade, quantidade, prazo de entrega e preço.

Conforme Gurgel (1996), a seleção do fornecedor deverá obedecer a critérios adequados que levarão em conta cada mercado fornecedor e as características do artigo a 'comprar'. O objetivo principal da seleção é encontrar fornecedores que tenham condições de fornecer os materiais necessários dentro das quantidades, dos padrões de qualidades requeridas, no tempo determinado, com menores preços e/ou competitivos e nas melhores condições de pagamento (ARNOLD, 1999). Os fornecedores selecionados devem ser confiáveis como uma fonte de abastecimento contínua e ininterrupta, tornando estável o fornecimento de materiais. Após, esses diversos parâmetros analisados e quantificados é que se deve fazer a escolha dos fornecedores adequados para se manter no cadastro de compras (DIAS, 1993).

Como forma de manter o cadastro de compras atualizado, com as condições de fornecimento sem alterações, se faz necessário, a avaliação de fornecimento. A avaliação está fundamentada na qualidade dos itens fornecidos em relação às especificações, no atendimento aos prazos de entrega acordados, nos preços e nos serviços prestados.

Gurgel (1996) salienta que o objetivo da avaliação de fornecedores é comprovar a capacidade de atendimento dos requisitos especificados do produto a ser comprado, ou seja, possuir um sistema de garantia de qualidade adequado.

As prioridades competitivas da manufatura são elementos básicos de competitividade no que se refere às operações de manufatura, podendo ser resumidas em custo, qualidade, velocidade, confiabilidade de entrega e flexibilidade. Em se tratando de confiabilidade, a aptidão deve ser considerada para determinar e manter o prazo, as quantidades de entrega do produto e por fim a qualidade do produto para o cliente (SLACK, 1993).

A confiabilidade de entrega está sendo considerada como um critério competitivo fundamental no mercado atual e futuro. Por conta da atual tendência de redução de estoques, as empresas necessitam de entregas mais frequentes e confiáveis por parte de seus

fornecedores. Por isso, a excelência na confiabilidade de entrega é importante para prover um bom nível de serviço ao cliente (SALES, 2000).

Em referência à entrega do produto Moreira (1996) cita que, os aspectos de velocidade e a confiabilidade de entrega são relevantes na medida de tempo. A velocidade de entrega do produto ao cliente é medida pelo *lead time*, e dos atrasos, já a confiabilidade pode ser expressa pelo número ou o percentual de entregas realizadas na data prometida. Outra dimensão diz respeito à variabilidade no tempo de entrega, ou incerteza. De fato, a incerteza afeta a programação do trabalho e a utilização da capacidade. Quanto menos variabilidade em tempos de entrega, melhor a possibilita melhor relação com o cliente (MOREIRA, 1996).

Para avaliar o desempenho dos fornecedores de materiais, foi utilizada como referência o Índice de Avaliação de Fornecedores de Materiais (I_{AFM}), proposto pelo Norie (2010), no qual avalia o atendimento na compra, o preço, forma de pagamento, qualidade intrínseca do material, qualidade na entrega e por fim, avalia a assistência técnica. Este índice possibilita estabelecer a sistemática de avaliação dos fornecedores, visando determinar o nível de conformidade com as condições estabelecidas para fornecimento à empresa.

A fórmula considera cinco critérios, porém a empresa pode adequar a coleta dessas informações de acordo com a sua disponibilidade e estrutura organizacional:

$$I_{AFM} = \frac{AFM_1 + AFM_2 + AFM_3 + AFM_4 + AFM_5}{\sum N^{\circ} AFM_{avaliados}}$$

O índice é definido pelos seguintes critérios:

Onde:

1. AFM_1 : desempenho do fornecedor em relação ao preço e a forma de pagamento;
2. AFM_2 : desempenho do fornecedor em relação ao atendimento na compra;
3. AFM_3 : desempenho do fornecedor em relação à qualidade intrínseca do material;
4. AFM_4 : desempenho do fornecedor em relação à qualidade na entrega;
5. AFM_5 : desempenho do fornecedor em relação à assistência técnica.

Quanto mais próximo de 10.0 for o I_{AFM} , maior o nível de satisfação da empresa (comprador) em relação ao fornecedor. A avaliação deve ser realizada para cada fornecedor de material, e a

periodicidade da coleta pode ser por período (mensal, trimestral, semestral ou anual), de acordo com o prazo de fornecimento, e por empresa fornecedora.

Independente de qual sejam os métodos de avaliação adotados, o importante é que tanto o comprador quanto o fornecedor percebam o processo de avaliação como uma ferramenta adequada para garantir a participação no mercado e também obter um crescimento através da busca de melhorias contínuas.

b) Índice de Movimentação e Armazenamento de Materiais (I_{MAM})

Existem indicadores utilizados para medir a eficácia do planejamento de canteiros de obra, apresentando grande impacto no *layout* e logística dos mesmos. O índice de boas práticas de canteiros (IBP) apresentado inicialmente por Saurin (1997), medem a eficácia do planejamento de canteiros de obra e a implementação de instalações provisórias, sendo o referido indicador dividido em três grandes itens: **a)** instalações provisórias; **b)** segurança da obra; **c)** sistema de movimentação e armazenamento de materiais.

A movimentação e armazenamento de materiais é a parcela do processo logístico que manuseia, movimenta, transporta, armazena, preserva e controla o fluxo eficiente e eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde o seu ponto de recebimento, atravessando o processo produtivo, até o ponto de expedição (CHRISTOPHER, 1997).

O *layout* é o arranjo de homens, máquinas e materiais, é a integração do fluxo típico de materiais, da operação dos equipamentos de movimentação, combinados com as características que conferem maior produtividade ao elemento humano; isto para que a armazenagem de determinado produto se processe dentro do padrão máximo de economia (VIANA, 1998).

Conforme Saurin (1997) existe uma necessidade de realizar um adequado planejamento deste sistema já que os processos de movimentação e armazenagem têm interface com qualquer processo produtivo.

A eficiência do sistema de movimentação e armazenamento de materiais afeta diretamente a produtividade e, por conseqüência, o nível de desperdício de materiais e mão-de-obra. Pode-

se dizer, então, que o desempenho deste grupo em específico refletirá diretamente sobre os custos da obra.

Costa *et al.* (2005) salientam a necessidade de realizar modificações em relação a suas listas de verificação, devido às peculiaridades específicas de cada empresa. Independente do conteúdo do *check list*, a coleta de dados é feita da mesma forma para todas as empresas.

A seguir apresenta-se a fórmula (COSTA et al., 2005) para o cálculo do indicador de movimento e armazenamento de materiais (I_{MAM}):

$$I_{MAM} = \frac{PO}{PP} \times 10$$

Onde:

As variáveis PO e PP seguem os seguintes critérios, respectivamente: Pontos Obtidos, ou seja, são todos os itens que foram assinalados com a opção “sim” na lista de verificação para um dos quatro grupos analisados (1 (um) ponto para cada “sim”; 0 (zero) ponto para cada “não”) e, Pontos Possíveis, ou seja, total de itens que foram assinalados com as opções “sim” e “não” para cada grupo. Para fins de cálculo do indicador, excluem-se os itens assinalados com “não se aplica”.

Como resultado da fórmula, obtém-se uma nota de movimentação e armazenamento de materiais. Esta nota varia de 0 a 10 pontos e, quanto mais próximo de 10 for o resultado do indicador, maior o número de conformidade com as práticas de movimentação e armazenamento de materiais.

c) Taxa de produtos defeituosos após processamento

Para a eliminação dos defeitos que geram refugos ou retrabalhos devem-se realizar inspeções com objetivo de prevenir a reincidência dos defeitos e não somente identificá-los. A fim de agir de forma eficaz sobre as perdas de produtos defeituosos não basta somente proceder a identificação dos produtos, o fundamental é reconhecer as causas e agir corretivamente sobre elas como forma de prevenção (ANTUNES JUNIOR; KLIPPEL, 2002).

Para o STP, a eliminação desse tipo de perda é feita pelas inspeções 100%, que são mais efetivas do que as inspeções por amostragem. Nesse caso, o controle na fonte e auto-inspeção

é muito eficaz (SHINGO, 1996). Já, para Ribeiro e Caten (2003) as inspeções 100% tomam muito tempo e recursos e não promovem melhoria de processo, além de subordinar o desempenho dos operadores e do processo às inspeções.

Segundo Ghinato (2000), a fabricação de produtos defeituosos é a geração de produtos que apresentem algumas de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam a requisitos de uso.

Ohno (1997) apresenta a fabricação de produtos defeituosos como uma das grandes perdas (princípio da produção enxuta vinculado com o conceito de perdas), ou seja, um trabalho desnecessário, ou ações que geram custos não adicionando valor ao produto.

O nível de defeitos tem como objetivo avaliar o desempenho do processo de fabricação, sendo definido pela relação entre a quantidade de produtos defeituosos detectados no final do processo e a quantidade total produzida, conforme a equação:

$$\text{Taxa de produtos defeituosos} = \frac{\text{Quantidade de defeitos}}{\text{quantidade produzida por dia}} \times 100$$

Produzir produtos defeituosos constitui desperdiçar materiais, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de equipamentos, além da movimentação e armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos e retrabalho. A determinação do percentual de produtos defeituosos depende, para serem eliminadas, de praticamente todos os envolvidos pela gestão de produção. Com isso, comprova-se a relação da melhoria da qualidade dos produtos com os aspectos relacionados à produtividade.

3.6.4.3 Máquinas

A seguir apresenta-se o indicador para avaliar o comportamento do processo das máquinas em relação à estabilidade:

a) Índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE)

A estabilidade nos equipamentos é consequência da TPM (Manutenção Produtiva Total), onde a meta deve ser zero em interrupções. Assim, as tarefas da manutenção são: melhoria de equipamento; retificação; treinamento; prevenção de manutenção; e manutenção preventiva.

A utilização da eficiência global dos equipamentos (OEE - *Overall Equipment Effectiveness*), conforme proposto pela metodologia TPM, permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. As perdas abordadas pelo TPM afetam diretamente a eficiência dos equipamentos ou dos sistemas de produção por meio de três fatores principais que são a Disponibilidade do Equipamento, a Performance Operacional e a Qualidade dos produtos. A multiplicação desses três fatores na forma percentual determina o índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

A identificação das perdas é a atividade mais importante no processo de cálculo do OEE, pois está associado diretamente ao entendimento que a empresa possui sobre as mesmas. A seguir a identificação das perdas: parada devido à quebra/falha; por mudança de linha (*setup*) e regulagens; por ociosidade (operação em vazio) e pequenas paradas; por queda de velocidade; por defeitos gerados no processo de produção (qualidade e re-trabalhos); e por queda de rendimento.

A figura 8 mostra o indicador OEE, assim como as perdas relacionadas a cada índice.

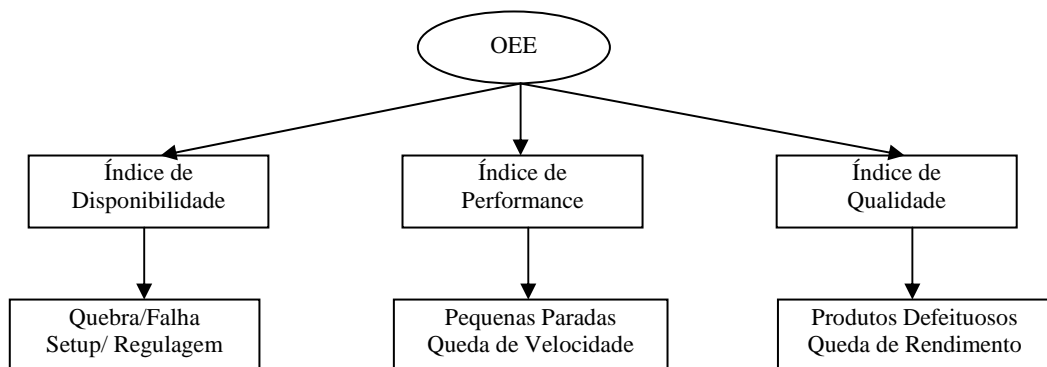


Figura 8 - A relação entre as perdas e o índice OEE (NAKAJIMA, 1989 – Adaptado)

O índice de disponibilidade é a razão entre o tempo real de produção e o tempo disponível para a produção, representa a relação existente entre o tempo total disponível do equipamento (chamado de tempo de carga), com o tempo em que o equipamento ficou realmente em operação. No cálculo de eficiência, as paradas programadas não são consideradas. Logo, as paradas não programadas são devido às perdas, por quebra/falha e por *setup*/regulagens.

$$Disponibilidade = \frac{TempodeCarga - TempodeParadasN\~{o}Programada}{TempodeCarga}$$

Onde:

O índice de performance ou desempenho é composto pelas perdas: i) por queda de velocidade demonstrando o quanto o tempo de ciclo real está próximo ao tempo de engenharia ou tempo teórico, no qual avalia o ritmo de produção do equipamento; ii) por pequenas paradas, sendo a razão entre o desempenho real pelo desempenho desejado com ciclo ideal.

$$Performance = \frac{CicloTeórico \times Quantidadeproduzida}{TempodeOperação}$$

$$PerdadeVelocidade = \frac{CicloTeórico}{CicloReal}$$

$$\frac{CicloTeórico \times QuantidadeProduzida}{TempodeOperação} = \frac{CicloTeórico}{CicloReal} \times PequenasParadas$$

$$PequenasParadas = \frac{CicloReal \times QuantidadeProduzida}{TempodeOperação}$$

Onde:

O índice de qualidade, segundo Nakajima (1989), compõe o cálculo de eficiência, é relativo à geração de produtos defeituosos, que resultam em refugos e re-trabalhos. Obtido pela razão entre a quantidade de produtos certos pela quantidade de produtos total.

$$Qualidade = \frac{ProduçãoTotal - RefugoseRetrabalhos}{ProduçãoTotal}$$

O percentual de OEE revela a taxa de utilização da capacidade do equipamento. Portanto, um alto percentual de OEE demonstra em uma alta taxa de utilização da capacidade do equipamento. OEE não necessariamente precisa ser usado em conjunto com a TPM, pode ser usado para dar suporte a TPM.

Empresas que utilizam o OEE para medição da eficiência dos equipamentos, em geral se deparam inicialmente com valores entre 30% e 60%. Um OEE de 85% pode ser considerado

um excelente resultado, desde que se tenha levado em conta os três índices (disponibilidade, performance e qualidade), além dos dados para o cálculo serem confiáveis, dada a grande dificuldade que as empresas têm em registrar corretamente suas ocorrências diárias (NAKAJIMA, 1989).

Segundo Nakajima (1989), a meta do TPM é a eliminação total de todos os danos, incluindo paradas, *setups* de equipamento e equipamento ineficientes. Logo, as máquinas precisam estar disponíveis no momento em que são requisitadas. A importância de se aperfeiçoar os equipamentos e atuar nas maiores perdas (obtidas através do OEE) se concretiza quando há aumento de produção: a melhoria da eficácia descarta a necessidade de novos investimentos.

A utilização do indicador OEE vai além da determinação de um número que retrate a eficiência de um equipamento. O OEE permite, através do seu desdobramento, identificar onde se encontram os potenciais de melhoria de eficiência na fábrica. Esses potenciais de melhoria estão associados às perdas existentes no equipamento que, se analisadas de maneira adequada, indicarão a direção de atuação que as equipes de trabalho deverão seguir para obter continuamente o aumento da eficiência dos equipamentos. O impacto em utilizar o OEE, está no bom emprego em equipamentos, evitando a compra de mais máquinas, e um aumento significativo do nível de qualidade e da lucratividade da empresa.

3.6.4.4 Método

A seguir apresenta-se o indicador para avaliar o comportamento do processo do método em relação à estabilidade:

a) Índice de padronização de procedimentos

Pelos conceitos da Mentalidade Enxuta todo trabalho deve ser altamente especificado com relação ao que deve ser feito, em que seqüência, momento e com que resultado esperado (SPEAR e BOWEN, 199). Isso permite reduzir variabilidades no processo devido às falhas humanas possivelmente evitáveis.

Smaley (2008) complementa que para atingir a estabilidade básica é preciso possuir métodos de trabalho padronizados. O termo método é empregado, neste trabalho, como um conjunto de informações que especificam as condições para executar a tarefa.

Treville e Antonakis (2005) e IMAI (1996) afirmam que a padronização do método de trabalho no STP favorece a facilitação do trabalho (disponibilidade de condições para execução do trabalho, equivalente ao que IMAI (1996) denomina de 4M) e esta, por sua vez, repercute positivamente na motivação do trabalhador.

Seus benefícios incluem a documentação do processo atual, reduções de variabilidade, facilidade de treinamento de novos operários, redução de acidentes e riscos e uma base comum para atividades de melhoria (LIB, 2003).

Com o trabalho padronizado estabelecido, o padrão é disponibilizado nas estações de trabalho e passa a ser objeto da melhoria contínua. Este conceito está bastante relacionado com o processo contínuo de reduzir desperdício e agregar mais valor ao produto (LIB, 2003).

Assim, foi proposto um indicador no qual mede a taxa de aderência aos procedimentos dos processos (T_{APP}), com o objetivo de adotar procedimentos que elevem a produtividade e assegurar a execução dos trabalhos. Este indicador é usado para medir a relação entre os procedimentos padronizados e o total de procedimentos.

$$Taxadeaderênciaaosprocedimentos = \frac{Itensdosprocedimentospadronizados}{Totaldosprocedimentos}$$

Este índice estabelece quanto dos procedimentos padronizados foram realizados em de acordo com o procedimento exigido pela empresa. A meta do indicador é chegar o mais próximo de 10.

Por fim, o LIB (2003) mostra as razões que levam as empresas a implantar processos padronizados como: operacionalizar o verdadeiro fluxo contínuo; identificar e eliminar desperdícios; estabilizar as operações, garantindo qualidade, produtividade e segurança no trabalho.

Monden (1984) aponta que, a padronização do trabalho no STP tem três objetivos: **a)** garantir que os trabalhadores atinjam alta produtividade sem esforço excessivo, através da redução de movimentos desnecessários; **b)** atingir o balanceamento por intermédio do cumprimento do conjunto de operações dentro do tempo *takt*; **c)** permitir que a produção ocorra com a mínima quantidade de trabalho em progresso. Spear e Bowen (1999) ressaltam como uma importante contribuição da padronização é a aprendizagem da equipe.

Com a padronização evita-se que o operador execute a sua maneira um determinado processo, reduzindo a variabilidade nos tempos de ciclo e melhorando a produtividade e qualidade (GHINATO, 2000).

O referencial teórico apresentado nos capítulos 2 e 3 são a base para a construção do instrumento de diagnóstico a ser utilizado no estudo de caso. O desenvolvimento do mesmo e sua estrutura são descritos no capítulo 4; 5 e 6.

4 MÉTODO DE PESQUISA

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, que pode ser caracterizado como uma investigação empírica que estuda um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, sendo especialmente recomendado quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Além disso, o estudo de caso é adequado a situações em que não é possível controlar o comportamento dos eventos, bem como a situações em que se deseja responder questões do tipo ‘como’ e ‘porque’ (YIN, 2005).

Voss *et al.* (2002) ressaltam que o estudo de caso tem sido um dos métodos de pesquisa mais aplicados em pesquisas nas áreas gerenciais, principalmente quando se busca desenvolver uma nova teoria. O autor ainda enfatiza que estudos de casos conduzidos nas organizações têm exposto problemas reais, gerando *insights*³ criativos nas pessoas de todos os níveis da organização.

Nesta tese, a investigação tratou da avaliação da estabilidade de processos que compõem um fluxo de valor. Assim, o estudo de caso foi uma opção adequada para essa finalidade, permitindo conhecer a complexidade do ambiente real, reconhecendo os fatores contextuais que implicam em maior ou menor estabilidade, nas suas diversas dimensões.

³ *Insight*: a capacidade de discernir a verdadeira natureza de uma situação. *American Heritage Dictionary*, (1970).

4.2 DELINEAMENTO DE PESQUISA

A pesquisa foi conduzida nas seguintes etapas: a) revisão bibliográfica; b) estudo de caso exploratório c) estudo de caso e; d) proposição das diretrizes de avaliação da estabilidade da produção.

A revisão bibliográfica serviu de embasamento para a identificação preliminar dos meios de avaliação da estabilidade dos processos sob a perspectiva da mentalidade enxuta (ME). Desta forma, contemplou: (cap.2) - mentalidade enxuta; sistema Toyota de Produção (STP); (cap.3) - estabilidade: conceitos e ferramentas para medir a estabilidade.

O estudo exploratório foi desenvolvido em uma empresa do setor de pré-fabricados, localizada no Oeste Catarinense. Foram sete visitas na empresa ao longo de três meses (05/12/08 até 27/02/09), com o objetivo de familiarização da pesquisadora com a atividade produtiva do processo de pré-fabricado, contribuindo para o planejamento do estudo de caso.

A investigação foi limitada a uma família de produtos que, por sua vez, pode ser definida como um conjunto de produtos que possuem um fluxo similar de processos (RENTES, 2000). A família denominada laje alveolar foi indicada pelo gerente comercial devido ao grande volume de vendas, já que podem ser aplicadas em qualquer tipo de sistema construtivo (convencional, pré-fabricado, metálico, alvenaria estrutural), oferece maior flexibilidade arquitetônica, aliada à eficiência estrutural.

O estudo de caso foi realizado na mesma empresa do estudo exploratório, durante o período de outubro/2009 até dezembro/2009. Durante o estudo de caso, foram coletadas as evidências e fontes de evidência para avaliar a estabilidade em cada elemento da produção (4M).

4.3 ESTUDO EXPLORATÓRIO

4.3.1 Descrição da empresa

A empresa na qual foram realizados o estudo exploratório e o estudo de caso produz peças de pré-fabricado de concreto, destinadas à construção civil, como escadas, pilares, vigas, lajes, painéis de fechamento, além de produtos e serviços complementares para a execução de edifícios industriais, comerciais e com detalhes arquitetônicos específicos. Caracteriza-se como uma empresa de pequeno porte, conforme classificação do Serviço Brasileiro de Apoio

à Micro e Pequena Empresa (SEBRAE) em função do número de empregados. A empresa foi fundada há mais de 30 anos, situada na cidade de Chapecó (SC). Conta com certificado pela norma ISO 9001/2000 e possui programa 5S implantado.

Os dois principais critérios de escolha da empresa investigada no estudo de caso foram: a) o interesse no tema da pesquisa; e b) a existência de iniciativas prévias de melhorias de processos e produtos, visto que isso poderia favorecer a receptividade ao tema de pesquisa.

A principal motivação para escolha da família de lajes alveolares foi a necessidade de melhorar o desempenho da produção, uma vez que a produtividade nos últimos doze meses foi sempre abaixo da meta mensal (aproximadamente 6300,00 m²). Em função disso, a empresa vinha enfrentando problemas de atrasos de entrega das peças. A estabilidade do processo era importante para a empresa, pois apesar de existir um grande volume de vendas, havia freqüentes atrasos na entrega dos produtos.

4.3.2 Estudo exploratório

O estudo exploratório envolveu três etapas: (a) identificar os componentes de cada elemento de produção (mão-de-obra; materiais; máquinas; método), que seria objeto de avaliação da estabilidade; (b) identificar as etapas do fluxo de valor estudado; e (c) realizar um seminário, com representantes da empresa, para discussão dos resultados do estudo exploratório.

Para a coleta de dados referente às etapas (a) e (b), foram utilizados os seguintes instrumentos:

a) entrevistas com os responsáveis dos seguintes departamentos: recursos humanos (RH); produção e comercial. Os roteiros utilizados estão disponíveis nos apêndices A, B e C;

b) registros fotográficos para ilustrar as etapas, materiais e os equipamentos utilizados no processo;

c) análise de documentos com dados da produção e matéria-prima (informações de produção diária, preço e forma de pagamento, atendimento na compra, qualidade do material, entrega e assistência técnica), dados das inspeções dos equipamentos e dados do RH (faltas/atrasos, admissões/demissões, número de operadores);

Ao final do estudo foi realizado um seminário com o diretor, gerente comercial, de produção, administrativo, e engenharia, onde foram apresentadas as principais observações realizadas no transcorrer das visitas à empresa. A apresentação consumiu aproximadamente duas horas e os membros da empresa enfatizaram a necessidade de iniciar o uso de algumas práticas *lean* com o objetivo de melhorar a estabilidade.

Salienta-se que não houve envolvimento dos trabalhadores da empresa para a execução das tarefas de coleta e análise de dados. Estes se limitaram ao fornecimento de dados solicitados pela pesquisadora. O estudo exploratório não teve a intenção de implementar qualquer mudança na empresa.

A fase exploratória requereu dois momentos distintos de análise, nos quais foram examinadas, categorizadas e classificadas as informações procurando atingir os objetivos propostos:

O primeiro momento ocorreu após a coleta dos dados, com um entendimento dos fluxos de materiais, desde os pedidos aos fornecedores até o produto acabado, permitindo transferir uma parcela dos dados para elaborar o MFV atual da família de produto analisada. Isso permitiu visualizar e compreender de forma sistêmica o processo de produção da laje. No segundo momento foram selecionados os indicadores para avaliar a estabilidade produtiva.

4.4 ESTUDO DE CASO

A partir do referencial teórico e do estudo exploratório foi possível estruturar as cinco etapas do estudo de caso, sendo elas:

- a) elaborar o MFV do estado atual;
- b) avaliar a estabilidade e capacidade no fluxo de valor;
- c) propor meios de melhorar a estabilidade ao longo do fluxo de valor, enfocando a contribuição que as práticas de PE podem dar para essa melhoria;
- d) desenhar o MFV do estado futuro, que vai representar graficamente as ações de melhoria da estabilidade propostas;
- e) desenvolver um plano de ação para implantação do MFV do estado futuro.

4.4.1 MFV do estado atual

O MFV do estado atual apresenta informações a respeito do fluxo de materiais e de informações em relação aos clientes, à produção e ao fornecimento de matérias-primas. Para elaborar o MFV, foi necessário identificar quais etapas formavam o fluxo de valor, quais eram os tempos de ciclo em cada etapa, quantos funcionários atuavam em cada etapa, quais os tempos e motivos de parada da produção, o número de pessoas envolvidas no processo, e, por fim, os procedimentos de programação e controle da produção. Especificamente em relação à matéria-prima, as seguintes informações foram coletadas: identificação dos materiais para a produção da laje (areia, brita, cimento e cordoalhas); fornecedores; a forma de comunicação usual entre fornecedores e empresa; a frequência de compras com os fornecedores; a quantidade média de materiais estocada, a forma de embalagem; as formas de armazenamento; e a forma de entrega dos materiais.

Neste estudo, o lote considerado para montagem do MFV foi o correspondente à produção de uma pista, ou aproximadamente 160,00 m² de concreto. A escolha da pista como unidade de análise deve-se ao fato de que o custo do projeto é estabelecido a partir da quantidade de pistas executadas, ou seja, quantas pistas o projeto demanda. Para a compreensão da posição e distribuição das pistas, a Figura 9 ilustra o arranjo em que se encontravam as mesmas, no período de coleta. Como exemplo, no 1º dia (segunda-feira), está indicado a condição das quatro pistas no período da manhã. A pista 1 estava preparada para iniciar o processo de moldagem, as pistas 2 e 4 estavam moldadas e prontas para iniciar o processo de corte. A pista 3, estava pronta para iniciar o processo de limpeza.

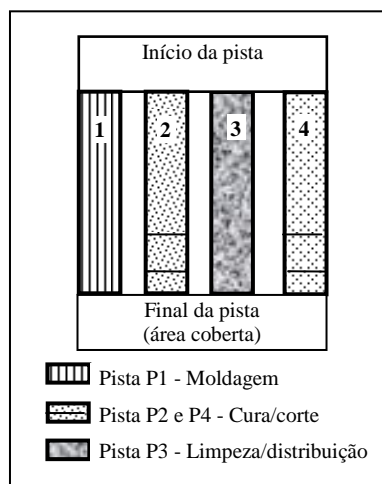


Figura 9 – Arranjo físico das pistas

Diferentemente do que ocorre em outras indústrias, na fábrica de pré-moldados, os clientes fazem um pedido único, que é a compra das lajes do projeto. A partir de então, a relação entre o cliente e empresa baseia-se em um contrato, que estabelece a forma de pagamento e o prazo de entrega do projeto. Esse contrato gera um cronograma, programando o período de produção do projeto (lajes) a fim de cumprir o prazo.

4.4.2 Avaliar a estabilidade e capacidade no fluxo de valor

4.4.2.1 Mão-de-obra

A primeira etapa da investigação foi analisar quais os indicadores e dados que a empresa tinha disponíveis para avaliar a estabilidade da mão-de-obra. Com base nisso, percebeu-se que havia dados disponíveis para o cálculo do índice de absenteísmo, índice de rotatividade de mão-de-obra e o índice da multifuncionalidade.

Como a empresa não realiza cálculo destes indicadores, foram coletados dados complementares, durante o estudo de caso, para o cálculo dos mesmos. O levantamento de dados para o cálculo do Índice de Absenteísmo (IA) mensal foi realizado junto ao departamento de RH, sendo investigados os operários do setor da laje alveolar, durante o período de 06 meses, de junho a novembro de 2009.

Os dados foram obtidos junto ao departamento de RH, pelo relatório do sistema de extrato de horas da empresa, no qual consta o total de faltas e atrasos (em minutos) por operário (setor da laje alveolar), para posterior preenchimento da planilha de faltas e atrasos.

As informações pertinentes à rotatividade foram levantadas no período retrospectivo de junho a novembro de 2009. Para a construção do Índice de Rotatividade (IR) mensal, foram utilizados dados do departamento do RH, com dados da variação, entrada/saída, no quadro de pessoal.

O levantamento dos dados para o cálculo do Índice de Multifuncionalidade (IM) foi realizado em entrevista com o encarregado da produção, o qual indicou quantos e quais os processos que cada trabalhador domina.

4.4.2.2 Material

Em uma primeira etapa de investigação, buscou-se identificar indicadores e dados disponíveis para avaliar a estabilidade dos materiais. Com base nisso, percebeu-se que seria possível

calcular os seguintes indicadores: avaliação dos fornecedores de materiais; movimentação e armazenamento dos materiais; e taxas de produtos defeituosos após os processamentos dos materiais.

A empresa em estudo não realiza cálculo de indicadores de materiais. Desta forma, a coleta de dados ocorreu durante o estudo de caso, conforme explicado a seguir.

a) Índice de avaliação de fornecedores de materiais (I_{AFM})

Para a escolha dos fornecedores avaliados, definiu-se primeiramente o tipo de fornecedor. Para tanto, escolheu-se medir os componentes do concreto armado: areia, brita, cimento e cordoalhas. Para areia existem dois fornecedores, e para os demais materiais apenas um fornecedor.

Os valores para avaliação dos fornecedores foram coletados através da planilha dos fornecedores de areia, brita, cimento e cordoalhas (apêndice D). O preenchimento da planilha era de responsabilidade do departamento de compras, por estar diretamente ligado com o recebimento dos materiais.

Para avaliar a confiabilidade (prazo, qualidade e quantidade) de entrega foi utilizada como referência o Índice de Avaliação de Fornecedores de Materiais (I_{AFM}), proposto pelo NORIE (1995). Este índice tem sido amplamente utilizado em outros trabalhos de pesquisa e que visam melhorar o desempenho da empresa, fornecendo informações que possam gerar um melhor planejamento e controle dos processos gerenciais e estratégicos.

b) Índice de movimentação e armazenamento de materiais (I_{MAM})

A coleta de dados foi realizada através de uma lista de verificação de boas práticas em transporte e armazenamento de materiais (Apêndice E), sendo assinaladas as seguintes opções para cada um dos itens “sim”, “não” ou “não se aplica”, conforme se apresentem no canteiro.

Foi necessário adequar o *check list* (NORIE, 2010) de forma a agregar itens específicos para o setor de fabricação de pré-moldados, considerando a planta industrial fixa. Na lista de verificação, foram excluídos os itens que não são aplicados ao setor, como tijolos/blocos, tubos de PVC e argamassa industrializada.

Por recomendação de Costa et al. (2005), o indicador foi coletado mensalmente, nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2009. A lista de verificação objetivou uma análise qualitativa, sendo verificada a existência ou não de itens referentes aos materiais (areia, brita, cimento e cordoalha), e que são consideradas boas práticas.

c) Taxa de produtos defeituosos após processamento

Para medição das perdas por falta de qualidade no processo de produção, recorreu-se à observação sistemática na linha de produção durante os meses de estudo de caso, objetivando quantificar a produção com defeitos. As observações coletadas, relativas ao número de defeitos por pista produzida, foram anotadas junto com a planilha do diário de produção.

4.4.2.3 Máquinas

A máquina selecionada para a investigação durante o estudo de caso foi a máquina moldadora. No estudo exploratório, foram identificadas características que levaram a sua escolha: tempo de ciclo longo; não há máquina para substituí-la; todas as etapas passam por ela; essa é a única máquina que executa operações que agregam valor. O indicador usado para avaliar a estabilidade da máquina moldadora foi o OEE.

A empresa em estudo não realizava o cálculo do OEE. Para o cálculo do indicador, foram coletados os valores diários de OEE e de seus três índices constituintes, registrados juntamente com os dias em que teve produção. Os dados coletados foram anotados no diário de registros de paradas para posterior análise, durante o período de três meses.

4.4.2.4 Método

A empresa não possui tempos de ciclo documentados e tempo *takt*. No entanto, há padrões estabelecidos com base na norma ISO 9001, os quais foram utilizados como parâmetro para desenvolver uma lista de verificação com o procedimento das etapas do processo de produção da laje. O padrão estabelecido pela ISO 9001 é muito genérico, incompatível com o modelo de padrão proposto pela produção enxuta, limitando realizar uma análise mais detalhada.

Sendo assim, para este elemento de produção, foi desenvolvida a lista de verificação (Apêndice F) a partir das seguintes fontes de evidências: análise do manual de procedimentos ISO 9001; entrevista com encarregado e visitas *in loco* ocorridas no estudo exploratório.

Logo, o estudo exploratório serviu para identificar as etapas e os dados disponíveis para o desenvolvimento da lista.

Foi desenvolvido um indicador denominado Taxa de aderência dos procedimentos dos processos (T_{APP}). No *check list*, os itens foram divididos em subitens, para realizar a avaliação do indicador proposto, para 9 (nove) itens distribuídos em todo o procedimento de fabricação da laje alveolar. A coleta de dados, para o procedimento, foi realizada no mês de outubro, durante três dias, nos quais foram produzidas 5 (cinco) pistas de laje. Os dados foram coletados por observação sistemática, na linha de produção.

4.4.2.5 Indicadores utilizados e valores recomendados

Apresenta-se a seguir o quadro 4 dos indicadores coletados e os valores recomendados pela literatura:

INDICADORES COLETADOS					
Elemento de produção	Indicador	O que mede	Processo/Resultado	Período	Valor recomendável
Mão-de-obra	Absenteísmo	Atrasos, faltas e saídas antecipadas no trabalho	Processo	Mensal	Entre 1,5% e 2,7% (Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil-SISIND)
	Rotatividade	O movimento de entradas e saídas de pessoal	Processo	Mensal	Entre 5% e 8,3% (Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil-SISIND)
	Multifuncionalidade	Como as pessoas estão sendo utilizadas em um determinado setor (espaço da fábrica)	Processo	Mensal	100% (STP)
Material	Avaliação de fornecedores de materiais	Desempenho dos fornecedores de materiais	Resultado	Mensal	10 (Sistema de Indicadores para <i>Benchmarking</i> na Construção Civil-SISIND)

Continua

	Movimentação e armazenamento de materiais	Analisa qualitativamente o armazenamento dos materiais	Processo	Mensal	10 (Sistema de Indicadores para <i>Benchmarking</i> na Construção Civil-SISIND)
	Produtos defeituosos	Quantificar os produtos defeituosos após processamento	Resultado	Diário	1,2% (empresa em estudo)
	Produção Real <i>versus</i> Planejada	Quantidade de produção efetiva	Resultado	Diário	100% planejado
Máquinas	OEE	Perdas no processo de produção (causas de paradas, perdas no desempenho da produção e perdas devido à qualidade dos produtos).	Resultado	Diário	85% (NAKAJIMA, 1989)
Método	Procedimento de processo para laje	Procedimentos realizados que compõem o processo de produção	Processo	Diário	100%

Quadro 4 - Quadro resumo dos indicadores coletados

4.4.2.6 Análise estatística dos resultados dos indicadores

A abordagem estatística utilizada, neste trabalho, para avaliar o desempenho dos indicadores no processo do pré-fabricado em estudo, é a estatística robusta. Ao contrário da estatística clássica, a robusta sofre pouca influência de valores atípicos (*outliers*), o que dispensa a utilização de procedimentos para a identificação e remoção desses valores. A estimativa é obtida através da mediana dos valores de cada indicador selecionado (mediana μ), que não é influenciada por “*outliers*”. Também foi definida a estimativa robusta de desvio padrão (σ), por meio da relação com a amplitude interquartílica (AI), dada pela expressão de $3/4 \cdot AI$.

A amplitude interquartílica é a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil ($AI = Q_3 - Q_1$), no qual é a medida resistente que indica o quanto os dados estão distanciados da mediana. O quartil é a medida que divide o conjunto em quatro partes iguais, assim há três *quartis*: Q_1 , Q_2 e Q_3 . O primeiro quartil (Q_1) definido como separatriz que divide a distribuição em duas partes, onde 25% dos valores sejam menores que ele e 75% maiores. O segundo quartil (Q_2), coincide com a mediana. É o valor que divide a distribuição em exatamente metade dos elementos. E o terceiro quartil (Q_3) representa o valor que deixa 75% dos valores à sua esquerda e os 25% restantes à sua direita.

Os indicadores foram avaliados pela estimativa robusta de média e desvio padrão da capacidade de um processo, para quantificar a variabilidade de processo e comparar com as especificações estabelecidas pela meta desejada.

Inicialmente, para todos os valores objetos da análise (indicadores selecionados) foram calculados os valores da mediana e do desvio padrão. Em seguida foram definidos os valores dos limites teóricos (inferior e superior) de cada indicador. Estes valores, superior e inferior, foram comparados com o limite natural de variação superior e inferior, ou seja, o limite da mediana mais ou menos três vezes o desvio padrão ($\mu \pm 3\sigma$).

A partir de então é realizado o teste de estabilidade para verificar se há evidências de causas especiais. O teste compara os valores mínimo e máximo, das amostras, com o limite da mediana mais ou menos três vezes o desvio padrão ($\mu \pm 3\sigma$). Caso haja evidências de causas especiais atuando no processo, o teste indica que o processo é "Instável", ou em caso contrário, onde não se encontre evidências de causas especiais atuando, então é dito que o processo é "Estável".

4.4.3 Proposta para melhorar a estabilidade ao longo do fluxo de valor

A empresa em estudo até então não apresentava os princípios da produção enxuta. Por conta disso, após coletar as evidências e examinar os indicadores, percebeu-se necessidade de realizar análise e diagnóstico de problemas no fluxo produtivo de materiais e informações. Desta forma, foi proposto meio de orientar o processo de produção, objetivando se tornar estável e mais produtivo, ao longo do fluxo de valor.

Visando tornar mais operacionais as propostas de Smalley (2008), o qual propõe que a estabilidade básica inclui a disponibilidade dos 4Ms, foram associadas algumas práticas da mentalidade enxuta a estabilidade ao longo do fluxo de valor. Por meio da revisão bibliográfica, foram identificadas as seguintes ações de melhorias: multifuncionalidade da mão-de-obra; manutenção produtiva total; posicionamento estratégico de estoques; padronização do trabalho, atividades de 5S e gerenciamento visual.

4.4.4 O MFV do estado futuro

O MFV do estado atual serviu como base para a proposta do desenho do MFV do estado futuro, no qual visou encontrar a melhor maneira de implantar as ações de melhoria da estabilidade.

As informações para o estado futuro foram coletadas juntamente com os fluxos reais de materiais e informação, durante as visitas na empresa, nos meses de outubro e novembro de 2009. As evidências coletadas foram: os desperdícios encontrados (é necessário estabilidade para identificar as perdas); volume de produção instável (volume de lajes produzidas diariamente variava muito ao longo do mês, de acordo com o planejado); processo de produção instável (a produção precisa ser previsível para que se possa planejar); número de operadores na produção é estável; sequência de trabalho padronizado (atividades realizadas de acordo com o procedimento padrão). Tais evidências definiram o estado futuro, baseadas nas observações realizadas no decorrer do mapeamento do estado atual.

Com as informações coletadas, propôs-se a situação futura, destacando as fontes de desperdício e como estas podem ser eliminadas por meio de um fluxo contínuo e estabilizando a produção. A análise foi realizada confrontando o que apontava a revisão da literatura (principalmente em termos de problemas de instabilidade na produção e aplicação do MFV no setor da construção civil) com o que foi visualizado durante o estudo exploratório.

4.4.5 Plano de ação para implantar o MFV do estado futuro

Nesta etapa elaborou-se o plano de trabalho para implantação do MFV do estado futuro. As etapas do plano de ação devem ser listadas com os objetivos e metas que, segundo Rother e Shook (2003), devem conter: o planejamento das atividades detalhadas por etapa, com informações sobre o que fazer e quando; metas quantificadas; e pontos de controle claros, com prazos reais e com avaliadores definidos.

Para a definição e atribuição das etapas, o plano seguiu a ferramenta conhecida como 5W1H⁴, permitindo indicar os pontos principais a serem executados de forma objetiva e cuidadosa. O

⁴ Os 5W correspondem às seguintes palavras do inglês: What (o quê); Who (quem); Where (onde) When (quando) e finalmente Why (por quê). O 1H corresponde a How (como), ou seja, método a ser utilizado para conduzir a operação (CAMPOS, 2004).

plano de ação envolve os passos que devem ser seguidos para o alcance das metas como ilustra a quadro 5:

MFV do estado futuro					
Perspectiva	Objetivo	Fórmula	Metas		
Estabilizar a produção	Aumentar a produtividade	Quantidade produzida (m ² / mês)	315,00 m ² /dia		
Plano de Ação					
O que fazer?	Por quê?	Quem fará?	Como?	Onde?	Quando?

Quadro 5 – Elaboração do plano 5W1H

As propostas foram validadas pelo engenheiro de produção e gerente e encarregado do setor, durante seminário realizado na empresa. O objetivo do seminário foi identificar a disponibilidade de aplicação, dificuldades e viabilidade de implantação do plano, além de buscar outras sugestões que provierem da reunião. A participação da direção, depois da aprovação pelo engenheiro de produção, se torna fundamental ao deixar clara a prioridade da implantação do estado futuro desenhado, as expectativas de prazos e recursos para a implementação.

O plano foi composto basicamente de ações que visam estabilizar os processos e assegurar a produção conforme o planejado. O 5W1H foi empregado como uma sistemática para compreender o fluxo de valor, colaborando no cumprimento das ações, além de estabelecer prazos, responsáveis, o que fazer para cada ação e como fazer.

As etapas acima foram avaliadas e analisadas sob a perspectiva da mentalidade enxuta, mais especificamente para o setor da construção civil. A análise tem o objetivo de vislumbrar a estabilidade do fluxo de valor, e devem ser compatíveis com aqueles que deram origem ao sistema de produção (STP).

Os resultados das análises individuais do estudo de caso foram utilizados para elaborar o escopo das diretrizes, envolvendo assim, a avaliação das seis etapas investigadas durante o estudo de caso.

5 ESTUDO EXPLORATÓRIO

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo estão delineados os elementos básicos na composição do sistema de manufatura e fundamentais para a busca da estabilidade: materiais; mão-de-obra, máquinas, e métodos de trabalho (4M). Conhecer a funcionalidade dos 4M da empresa, ora objeto desse estudo, é fundamental para que seja possível desenvolver diretrizes para avaliar a estabilidade do fluxo de valor de pré-fabricados de concreto, sob a perspectiva dos princípios e ferramentas da mentalidade enxuta.

5.2 A EMPRESA - CARACTERÍSTICAS GERAIS

A empresa oferece assessoria desde o projeto até a execução da obra, para empreendimentos de pequeno, médio e grande porte, classificando suas obras por segmento atendido e têm como clientes empresas do comércio, educação, esportes, frigoríficos, distribuidores, supermercados, indústrias de alimentos, metal-mecânica e moveleira. A região geográfica de atuação envolve as cidades próximas, incluindo aquelas nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Dentre os produtos fabricados, destacam-se as seguintes famílias: pilares, vigas, fundações, lajes, galerias, pórticos, arquibancadas, escadas, painel termo acústico e laje alveolar.

5.2.1 Processo de fabricação de lajes alveolares

As lajes alveolares são um dos mais populares elementos pré-fabricados no mundo, especialmente na América do Norte e na Europa Ocidental, sendo peças de grande versatilidade que podem ser aplicadas em qualquer tipo de sistema construtivo (EL DEBS,

2000). Existem dois tipos de lajes alveolares: extrudada e moldada. Enquanto as lajes alveolares moldadas são produzidas em fôrmas fixas, as lajes alveolares extrudadas são produzidas com fôrma deslizante em longas pistas de concretagem e posteriormente, cortadas nos comprimentos desejados (MELO, 2004).

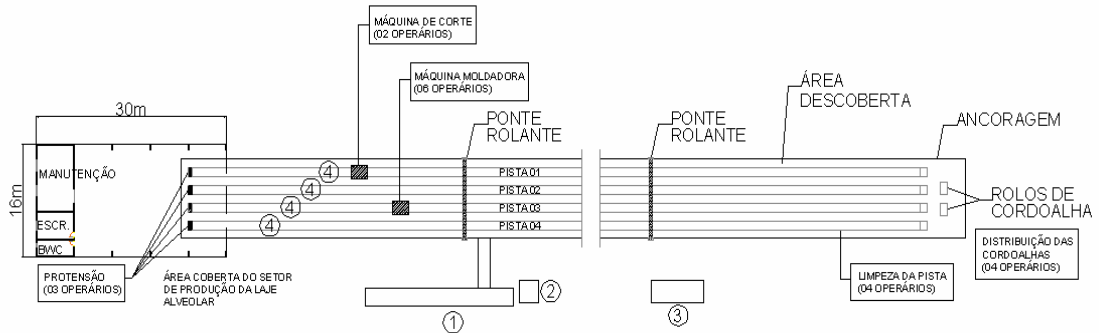
As lajes alveolares (Figura 10) são protendidas, podendo ser aplicadas nos sistemas construtivos convencional, pré-fabricado, alvenaria estrutural ou estrutura metálica, permitindo flexibilidade arquitetônica e a passagem de dutos de instalações elétricas e hidráulicas. Os alvéolos propiciam excelente desempenho no isolamento térmico e acústico. As lajes protendidas não utilizam madeira para formas, o que implica em poucos resíduos no processo de produção na planta industrial.



Figura 10 - Lajes alveolares protendidas, estocadas sobre calço de madeira

Na fabricação de pré-fabricados, o processo independe das condições adversas do clima e normalmente a produção não pára mesmo com dias de chuva e frio. Porém, no setor da laje alveolar da empresa em estudo, as pistas ficam em local descoberto, conforme o *layout* ilustrado na figura 11, impedindo, entre outras atividades, a execução do processo de moldagem e de corte em dias de chuva, em razão da alta voltagem das máquinas, havendo o risco de acidentes para os trabalhadores.

LAY-OUT SETOR LAJE ALVEOLAR



- 1 - USINA DE CONCRETO (DEPÓSITO DE AREIA, BRITA E SILO DE CIMENTO)
- 2 - TORRE DA CAIXA D'ÁGUA
- 3 - ÁREA DE ARMAZENAMENTO
- 4 - PISTAS 1,25m x 130m

Figura 11 – Layout do setor de laje alveolar

O processo de execução da laje alveolar caracteriza-se por corresponder à fabricação em pista de concretagem, onde a execução ocorre ao longo de uma linha. Este processo é geralmente aplicado a elementos protendidos, tais como a laje alveolar. Na empresa em estudo, as lajes alveolares são produzidas no comprimento de aproximadamente 130 m de pista, alturas de 0,15; 0,20 ou 0,25 m e largura de 1,25 m, resultando, respectivamente, em lajes de 0,20; 0,25 e 0,30 m de espessura, já considerando o revestimento de concreto executado na obra. De acordo com a figura 5.3, a empresa possui 4 pistas (Figura 12), de igual comprimento.

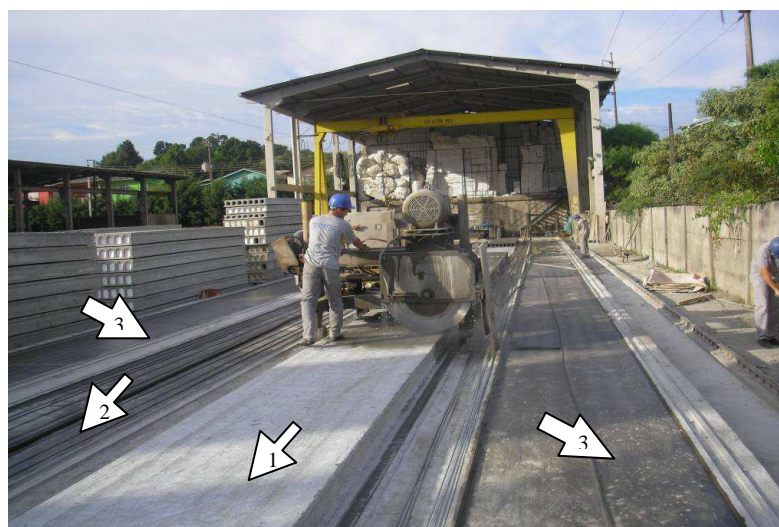


Figura 12 - Pistas de fabricação (1-laje em processo de corte; 2- com o aço de protensão; 3- pista limpa, pronta para distribuir o aço)

O aço utilizado nas lajes é denominado aço para protensão ou cordoalha. As cordoalhas são posicionadas sobre a pista, e ancoradas nas duas extremidades sendo realizado o estiramento das mesmas. Para serem alongadas utiliza-se o macaco de protensão, até alcançar a força de tração desejada em projeto. A verificação da força é controlada por meio do manômetro do macaco de protensão. A pressão e o alongamento desejados são padronizados de acordo com o diâmetro da cordoalha.

O processo de produção das lajes alveolares envolve oito etapas (Figura 13): a) limpeza da pista; b) distribuição das cordoalhas; c) protensão das cordoalhas; d) moldagem da laje em concreto; e) cura; f) desprotensão das cordoalhas; g) corte das peças e; h) inspeção final e retirada (desforma) da laje da pista. A etapa de preparação da pista consiste na limpeza, para eliminar os excessos de material da pista moldada anteriormente, bem como aplicação do desmoldante.

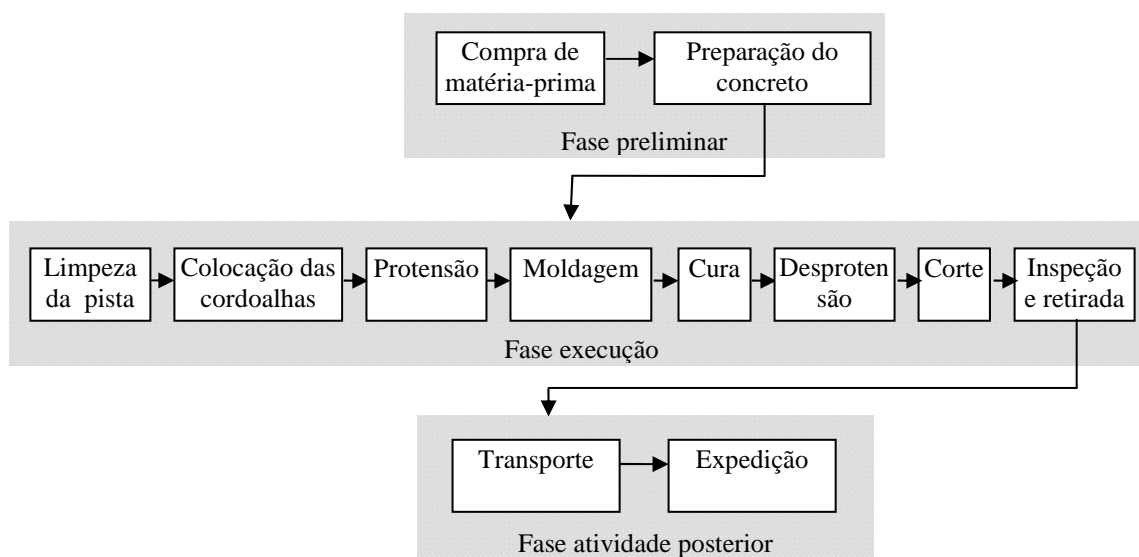


Figura 13 – Fluxo simplificado do processo de produção da laje

Para cada pista, a primeira etapa é sempre a limpeza e a última é a inspeção e retirada da laje. Todos os processos são feitos com ferramentas manuais para auxiliar os trabalhos, com exceção da preparação do concreto (produzido em usina), e manusear equipamentos como a moldadora, a máquina de corte, a bomba manual, lixadeira e ponte rolante.

O processo produtivo inicia-se no setor de preparo do concreto, que recebe o material do fornecedor e prepara o concreto em usina para ser enviado à moldagem. O setor de limpeza/desmoldante dá início ao processo produtivo: lava-se e aplica-se o desmoldante para

uma desforma mais segura das lajes. Após esse processo, ocorre a distribuição das cordoalhas na pista, para posterior protensão das mesmas, antes do início da moldagem.

Finalizada as etapas de preparação da pista e estiramento da armadura, é realizada a concretagem da laje. A máquina moldadora é carregada de concreto produzido em centrais com dosadora eletrônica de agregados na própria planta industrial, produzindo concreto com resistência mínima de 50 MPa. Assim, as matérias-primas utilizadas para a fabricação da laje alveolar são: cimento, areia, areia artificial, brita e a cordoalha para a protensão. O concreto utilizado para a produção das lajes é executado com cimentos de alta resistência inicial, devido à inexistência de armadura para resistir à força cortante e para solicitações na direção transversal. A moldagem é o setor que mais agrega operações distintas, mais mão-de-obra experiente, exigindo uma sincronização entre os operários.

O processo de cura inicia-se imediatamente após o concreto ser lançado e adensado na pista, cobre-se com uma lona preta, simulando um processo de cura a vapor. A pista fica coberta com lona até o dia seguinte, quando então um corpo de prova do concreto, usado na pista, é rompido para avaliar se há resistência suficiente para suportar a protensão, proveniente do corte das cordoalhas, e o corte do painel de laje, de acordo com a especificação do projeto. Atingida a resistência, inicia-se o processo de desprotensão das cordoalhas.

Após a desprotensão da laje, com auxílio da máquina de corte, a laje é cortada de acordo com as dimensões do projeto. Os painéis alveolares são cortados por discos diamantados (Figura 14) em qualquer dimensão ou ângulo de corte, em máquinas especiais para este fim.

Finalizado o processo de corte das lajes alveolares, estas são retiradas das pistas e transportadas até o local de estocagem pela ponte rolante presente na fábrica. Na seqüência, as lajes alveolares são carregadas até os caminhões e transportadas ao canteiro de obras. Conforme o cronograma da produção e da montagem da laje na obra, o produto já cortado é retirado da pista e encaminhado imediatamente para o cliente final (obra). Normalmente, as lajes são retiradas do caminhão de transporte e já posicionadas no local definitivo de montagem da laje, não sendo armazenadas no canteiro.



Figura 14 - Vista da máquina de corte da laje alveolar

São necessárias 24 horas para a realização do ciclo completo, ou seja, desde a preparação da pista até a liberação da laje para o transporte. A linha de produção é composta por máquinas, operadores, e auxiliares.

A usina de concreto localiza-se bem próxima da pista, ao lado do armazenamento das matérias-primas e entre duas pontes rolantes, possibilitado utilizar as mesmas sem interrupção do processo de moldagem. Somente as cordoalhas ficam armazenadas na parte coberta da pista, e sobre estrado de madeira. Observou-se que há um planejamento do *layout*, pois o armazenamento das matérias-primas está próximo da usina e da pista. Esta disposição facilita a visualização, do operador da usina, tanto da ponte rolante para transportar o concreto, quanto da máquina moldadora e o andamento do processo. O operador produz o concreto conforme a velocidade da moldadora, na tentativa de que esta não pare por falta de material, gerando instabilidade no processo. A quantidade de caçambas de concreto ou funil, com capacidade de $4,33\text{m}^3$ de concreto, é em média de 15 caçambas, por pista. O tempo entre o carregamento e descarga do concreto, na máquina moldadora, é de 9 minutos.

O Planejamento e Controle de Produção (PCP) está representado no organograma (apêndice G), pelo setor de engenharia e produção. O planejamento da produção costuma ser realizado com horizonte de uma semana, contando com a participação do encarregado do setor. A programação da semana é fixada em um quadro na parede do escritório do encarregado do setor (auxiliares e operadores tinham livre acesso a essa sala) e na parede do escritório do controle de produção (acesso restrito para o encarregado). O encarregado passava as

atividades aos funcionários e controlava o seu cumprimento. Para o controle da produção era utilizada, pelo encarregado, uma planilha onde registrava diariamente as informações do processo, como a quantidade de m^3 de concreto e m^2 de laje moldada, para cada pista. No início da semana, o encarregado encontrava-se com o gerente de produção para avaliar o que realmente foi concluído e programar a semana seguinte.

Os funcionários se dividem em três turnos de início de trabalho, de segunda à sexta; sendo que aos sábados eram realizadas horas extras, quando necessário. O primeiro turno ocorria das 6h30min às 11h30min e das 13h00min às 16h50min, com dois funcionários, um operador da usina e um operador de máquina. Estes funcionários tinham a função de instalar a máquina de moldagem na pista e iniciar a produção de concreto.

O segundo turno ocorria das 7h00min às 11h30min e das 13h00min às 17h20min, com sete funcionários, entre eles, o encarregado. Para estes funcionários, a função era iniciar o processo de moldagem da laje. O terceiro e último turno ocorriam das 9h00min às 13h00min e das 14h30min às 19h20min, com os demais funcionários. Estes funcionários iniciavam as demais atividades, tais como, limpeza das pistas, distribuição das cordoalhas ou corte das lajes. Assim, todos os turnos tinham 530 minutos com 20 minutos de intervalo (510 min úteis, ou 8,3 h/dia), distribuídos durante o período do dia. A empresa considera, para fins de planejamento de vendas, uma média de trabalho de 20 dias úteis por mês.

5.2.2 Materiais

De acordo com o gerente de produção, não há registro de não ter havido fabricação de lajes por falta de material, porém não existem registros formais acerca das causas de paradas e atrasos na produção.

Uma das estratégias da empresa para obter estabilidade dos materiais é manter uma relação de parceria com os fornecedores, os quais freqüentemente são únicos para determinados insumos. A empresa faz avaliação e acompanhamento dos fornecedores, de acordo com procedimentos estabelecidos no manual do sistema de gestão ISO9001: 2000.

Existe um responsável pelo recebimento e inspeção dos materiais, que também é responsável pelos ensaios, como: resistência do concreto (fck); finura; análise granulométrica, teor de torrões em argila, impurezas orgânicas; materiais pulverulentos para areia e brita. Esse

funcionário inspeciona a qualidade dos materiais no laboratório e identifica problemas relacionados a qualidade dos mesmos.

O PCP estima a capacidade de produção mensal com base em dados históricos. Com a programação da produção diária, o responsável pelo estoque (o laboratorista), recebe as informações do PCP com a programação das quantidades de materiais a serem entregues, diariamente. Quando não ocorre a produção diária programada, o responsável pelo estoque informa ao PCP, com aviso prévio, para realizar nova programação de pedido, a fim de não deixar materiais em excesso no estoque junto às pistas.

A empresa conta com quatro fornecedores de matérias-primas para a produção da laje alveolar, quais sejam: 01 fornecedor de pedra e areia artificial, 01 de areia natural, 01 de cimento e 01 de cordoalha. Os fornecedores de pedra e areia natural estão localizados nas redondezas da cidade, localizados próximos da empresa, e abastecem a empresa diariamente. O abastecimento do cimento, realizado diretamente pela indústria, é realizado a cada dois dias. Já a cordoalha possui um maior estoque de matéria-prima, sendo comprada com antecedência de três meses.

Os estoques de areia artificial, brita e areia natural estão disponíveis em baias (Figura 15), junto à linha de produção. Para o cimento, o armazenamento é em silo, o qual deve estar estanque para evitar a condensação da umidade dentro do mesmo.



Figura 15 - Armazenagem dos agregados - areia e brita.

As lajes ficam armazenadas ao lado da pista, em local de fácil acesso, tanto para utilizar a ponte rolante no transporte das mesmas, como na entrada dos caminhões. O tempo de armazenamento das lajes é variável, conforme a disponibilidade e necessidade das obras.

Uma das possíveis variáveis para verificar a estabilidade do material é o estoque do produto acabado. Para o estoque de matéria-prima e material em processo não serão vistos independentes, pois a estabilidade de um tipo de estoque influenciará os outros tipos. O controle de estoque tem o objetivo de planejar, controlar e replanejar o material armazenado na empresa.

5.2.3 Mão-de-obra

As especialidades dos funcionários responsáveis pelo setor se dividiam entre três classificações:

- 1) Encarregado do setor: responsável direto pela equipe e para assegurar que as etapas fossem executadas corretamente e dentro do tempo;
- 2) Auxiliares: auxiliam os operadores em tarefas com funções menos especializadas, como limpeza, entrada e saída de materiais da máquina, entre outras;
- 3) Operadores: introduzem materiais nas máquinas para serem transformados, necessitando de qualificação.

A mão-de-obra empregada na fabricação de lajes alveolares apresenta um baixo nível de escolaridade. Os 13 funcionários do setor de laje alveolar, têm o ensino fundamental como o grau de escolaridade, que trabalham em apenas um turno de 08 horas por dia, distribuídos da seguinte maneira (Quadro 6):

Nº. Funcionários	Funções
01	Operador da usina de concreto
02	Operadores da máquina moldadora
02	Operadores da talha de concreto
01	Operador da ponte rolante
01	Operador da máquina de corte
01	Auxiliar da máquina moldadora
02	Auxiliares na limpeza da máquina moldadora
01	Auxiliar da máquina de corte
01	Auxiliar para reparo das peças e fechamento dos alvéolos
01	Encarregado da produção

Quadro 6 - Linha de produção da laje alveolar

Além desses, também há um supervisor de produção e um laboratorista, que também é responsável por ensaios de outras famílias de concreto pré-fabricado, assim como liberação das pistas para a realização do corte das lajes, quando a resistência desejada do concreto foi obtida.

Todos os funcionários, quando admitidos pela empresa, recebem treinamento no programa 5S, e também acerca do processo de produção no qual serão alocados. O treinamento é ministrado nas instalações da empresa, freqüentemente pelo encarregado da produção. Já os fabricantes das máquinas oferecem treinamento externo para os operadores dos equipamentos, e, para o encarregado da produção, são responsáveis por repassar informalmente as orientações para os auxiliares. O novo operador é colocado para trabalhar com um funcionário com mais experiência no processo produtivo, para ensinar o trabalho. Desta forma, após um determinado tempo de aprendizado, os auxiliares tornam-se capazes de operar os equipamentos em caso de ausência dos responsáveis.

5.2.4 Máquinas

Os equipamentos utilizados no processo de fabricação das lajes alveolares são: máquina moldadora de laje; ponte rolante para distribuição do concreto e a retirada das lajes; macaco de protensão; moto-bomba a água; bomba de protensão e máquina de corte. Além desses equipamentos, há uma usina de concreto e o silo de armazenagem do cimento, conforme figura 16.



Figura 16 - Usina dosadora de concreto

No segundo dia de investigação (segunda-feira), o encarregado da produção relatou que não haveria produção pela manhã, mas somente no período da tarde, pois um cabo do carrinho que transporta as talhas de concreto havia quebrado ainda na sexta-feira. A equipe de manutenção corretiva foi acionada para o reparo. No entanto, no período da tarde o problema não havia sido solucionado. Por conta disso, não houve concretagem em nenhuma das pistas neste dia. O encarregado distribuiu algumas tarefas para os funcionários, como a preparação das pistas, identificação e pequenos reparos das lajes armazenadas.

Antes de iniciar o serviço de manutenção, o encarregado relatou que ocorrem muitas quebras neste equipamento. As pequenas paradas, como aquelas que acontecem no ajuste da moldadora no início da concretagem em todas as pistas, não são registradas.

A manutenção programada ocorre tanto diariamente, para algumas tarefas simples, quanto com periodicidades maiores, para tarefas mais complexas. Cada equipamento possui uma planilha de manutenção, sendo listadas a data, identificação do problema e tipo de manutenção desempenhada.

Antes do início da moldagem, o operador da máquina moldadora faz uma manutenção preventiva envolvendo tarefas como ajuste da altura da laje e verificação do óleo desmoldante nos tubos e vibradores. Após a utilização do equipamento, no término da concretagem, os auxiliares devem realizar a limpeza e lavagem com água a jato no equipamento.

Verificou-se que os operadores dos equipamentos têm autonomia para paralisar a produção em qualquer momento, em caso de anormalidade. Os operadores treinados pelo representante dos equipamentos recebem capacitação para realizar pequenas manutenções corretivas diárias. Essa rotina implica em muitas paradas, na tentativa do operador solucionar o problema, ocasionando paradas excessivamente longas e o atraso da produção do dia.

Uma das possíveis variáveis para avaliar a estabilidade das máquinas é por meio do indicador OEE (eficiência global do equipamento). A empresa não possui os dados necessários para tal cálculo, com exceção dos registros das horas gastas em manutenção preventiva.

5.2.5 Método

Como a empresa tem implantado o Sistema de Gestão ISO 9001, foi elaborado em 2007 o manual de padrões com o objetivo de descrever o processo de fabricação da laje. Caso seja necessário fazer alguma mudança no manual, deve-se realizar um registro de alterações.

No manual consta que a responsabilidade pela fabricação é do encarregado da laje alveolar. Já a liberação da pista, para o corte da cordoalha e retirada das peças é de responsabilidade do laboratorista, por meio do rompimento dos corpos de prova (são seis corpos de prova por pista).

Os procedimentos para a fabricação da laje alveolar consistem em:

- a) limpeza da pista: varrer, lavar, tirar o excesso de água;
- b) desmoldante: aplicar com balde e espalhar com rodo, para a camada ficar uniforme;
- c) colocação de cordoalhas e ancoragem: verificar a necessidade de troca de pente da moldadora, puxar a cordoalha de acordo com o projeto e deixar 35 cm para protensão, cortar a outra ponta com 6 cm após a ancoragem, fixar as duas cordoalhas na ancoragem, esticar as cordoalhas pela pista até a outra ancoragem, verificar se as cunhas e porta cunhas não estão danificada ou gastas, colocar na ancoragem de desprotensão as 4 maletas de ancoragem, inspeção pelo encarregado para liberar a colocação de cordoalhas e a ancoragem;
- d) protensão: medir e marcar no lado da protensão, 92 cm +ou - 1 cm de cordoalha, do pente para trás; posicionar o macaco de protensão e iniciar a protensão pelos cabos das extremidades da pista, verificar se a pista está livre de pessoas e com placas de alerta, a primeira cordoalha protendida com meia carga, segunda com carga total de acordo com o projeto, as demais cordoalhas são protendidas sequencialmente, ao final a cordoalha com meia carga deve ser protendida totalmente, durante a protensão o auxiliar verifica o manômetro em 95Kgf/cm² e manter a área livre de pessoas segundo as normas de segurança, o encarregado inspeciona e libera a protensão;
- e) moldagem: emissão pelo encarregado do pedido de concreto solicitando a quantidade e o fck (resistência), posicionar por meio do operador da ponte rolante as partes da máquina no lado da protensão, fazer as conexões das mangueiras e dos cabos de energia dos motores, dar

comando para a moldadeira se posicionar no início da pista; abastecer a caçamba superior da moldadora com concreto e iniciar a moldagem; durante o processo pré-limpar a lateral da pista para retirar o excesso de concreto e corrigir defeitos de moldagem, cobrir a pista ao longo da concretagem para preservar a qualidade e cura da peça, cuidar o abastecimento da caçamba, observar o processo de moldagem e o desempenho da máquina e a qualidade da laje, recortar os detalhes e marcar os tamanhos das lajes conforme projeto durante a moldagem, durante a moldagem e até final da pista e encarregado ou gerente de produção verifica e libera a produção de laje;

f) lavagem/organização da máquina: ao término da concretagem limpar e lavar com água a moldadora e caçamba de concreto, aplicar o desmoldante: nos tubos, caçamba superior e traseira e vibradores, inspeção para liberar a lavagem e organização das máquinas;

g) desprotensão das cordoalhas: liberação pelo laboratorista para realizar o corte da pista com registro de data e horário por meio do Plano de Inspeção Final da laje alveolar, posicionar os cilindros de desprotensão na ancoragem da pista, com a bomba manual acionar os cilindros para liberar as maletas, aliviar a pressão dos cilindros desprotendendo as cordoalhas, com a lixadeira cortar as cordoalhas nos dois lados da pista;

h) corte das peças (laje): somente após a desprotensão das cordoalhas, cortarem as peças nas marcas feitas durante a moldagem com a máquina de corte;

i) inspeção final e retirada da laje da pista: o operador da ponte rolante retira as peças cortadas da pista, verificar a existência de defeitos nas peças e informar ao encarregado, quando descolada da pista passar um cabo por baixo da peça para segurança, inspecionar e identificar defeitos conforme plano de inspeção, registrar a inspeção e assinatura pelo encarregado da produção;

j) armazenamento e proteção das peças: armazenar as peças sobre os calços de madeira sob duas extremidades da laje, posicionar dois sarrafos de madeira entre as peças, as pilhas devem ser alinhadas e separadas por projeto;

l) identificação: identificar as peças com tinta, conforme orientação do encarregado;

m) carregamento: emissão e envio do controle de carregamento pelo setor de logística para o encarregado, carregar cuidadosamente as lajes, seguir o mesmo padrão de armazenamento e proteção das peças, amarração da carga, assinatura do controle pelo motorista e encarregado;

n) registros: o encarregado registra no formulário de plano de inspeção final as liberações de limpeza, aplicação do desmoldante, colocação da cordoalha, protensão, moldagem e lavagem da máquina relatando e assinado as observações e interferências, assim como, o visto da pessoa que relatou as atividades.

Uma das possíveis variáveis para avaliar a estabilidade do método é o número de não conformidades com os padrões de execução, bem como a identificação da natureza das não conformidades.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO DE CASO

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo são apresentados os resultados do estudo em relação às etapas de pesquisa apresentadas no Capítulo 4, quais sejam: (a) MFV do estado atual; (b) avaliação da estabilidade nas etapas do fluxo de valor; (c) propostas de melhorias para a estabilidade ao longo do fluxo de valor; (d) desenho do MFV do estado futuro, que vai representar graficamente as ações de melhoria da estabilidade propostas; (e) desenvolvimento de um plano de ação para implantação do MFV do estado futuro.

6.2 MAPA DO FLUXO DE VALOR (MFV) ATUAL

Para o desenho do MFV do estado atual (Figura 17), os dados de cada processo inseridos nas caixas correspondem a valores médios observados durante a semana de coleta de dados do estudo exploratório. O apêndice H apresenta os ícones e símbolos usados para mapear o estado atual e futuro do MFV.

Na empresa em estudo, são produzidos mensalmente, em média de 3800,00 m² de lajes alveolares extrudadas, porém esse volume não é suficiente para as metas estipuladas para atender a demanda. O consumo de concreto para as duas pistas é, em média, 40,00 m³ por dia. A meta de produção é de 2 pistas de 130 m ao dia (315,00 m²) ou, aproximadamente 5000,00 m²/mês.

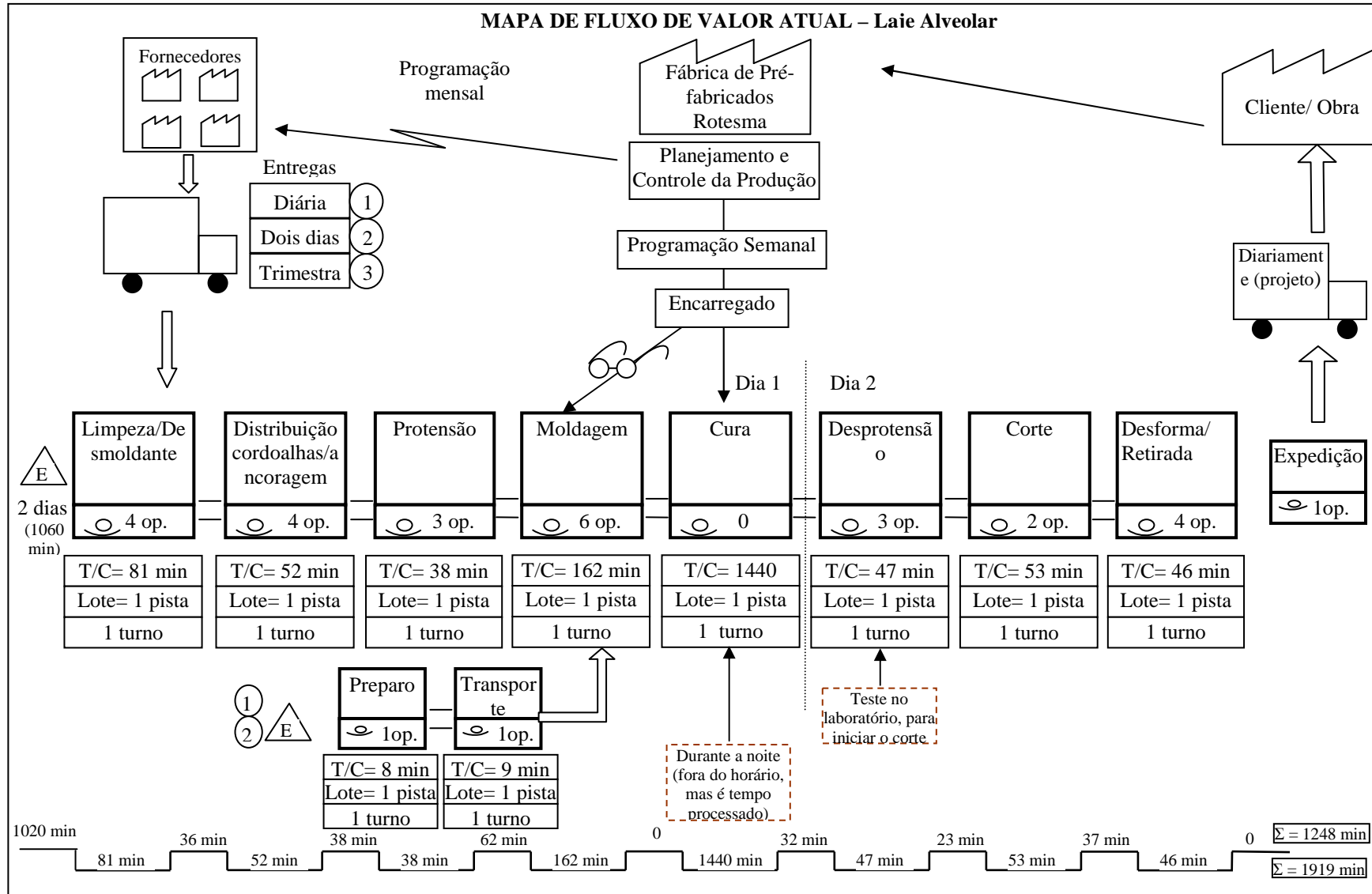


Figura 17 – Mapa de Fluxo de Valor Atual

O engenheiro responsável pelo controle de produção repassava, diariamente, a programação do processo de moldagem da laje ao encarregado do setor que, por sua vez, transmitia essa informação aos auxiliares e operadores que executavam o processo. Para o operador de usina, era emitido, diariamente, um formulário solicitando a quantidade de concreto necessária e o fck do mesmo. Na programação diária do processo de moldagem, eram realizados ajustes com base em informações de outros setores, sendo necessário que os encarregados fossem até o local do processo de produção, contassem o estoque e ajustassem a programação com base nessa informação. No MFV ilustrado na figura 6.1, esse ajuste informal da programação é representado pelo ícone de óculos, seguindo recomendações de Rother e Shook (2003).

A linha de tempo, desenhada abaixo das caixas de dados, registra o *lead time* de produção e o Tempo de Agregação de Valor (TAV), também denominado de Tempo de Processamento. As atividades que agregam valor são aquelas que dão forma ao produto, transformando matérias-primas, ou atendem requisitos do cliente final. O cliente final é considerado a obra que recebe os pré-moldados. As atividades que não agregam valor são desperdícios.

De acordo com, o *lead time* de produção foi de 53 horas (3167 min) e o tempo de agregação de valor de 32 horas (1919 min). Esse resultado indica que aproximadamente 60% do tempo gasto para produzir uma pista agrega valor ao cliente final, sendo que os outros 40% podem ser considerados como desperdícios. Esse percentual de agregação de valor é bastante alto quando comparado a outros processos industriais. Por exemplo, Carraro (2005) e Vieira (2006), ao realizarem o MFV atual na empresa Parker Hannifin Ind.com. Ltda. e em uma empresa especializada no desenvolvimento e fabricação de controles eletrônicos para eletrodomésticos, encontraram percentuais de 0,09% e 3% de valor agregado, respectivamente. Cabe ressaltar que nos dois exemplos, havia um programa em fase de implementação. No presente estudo, os elevados tempos de processamento da moldagem e da cura explicam o alto percentual de agregação de valor.

A partir do MFV, percebe-se que a quantidade de matéria-prima estocada é relativamente pequena, pois, com exceção das cordoalhas, todos os fornecedores estão próximos à empresa, o que reduz o custo com transportes. As entregas são diárias ou, no máximo, a cada dois dias. No entanto, os estoques dos materiais são armazenados para dois dias de produção. Quanto ao estoque de peças, foi verificado durante o estudo, que existia um estoque na obra das lajes, mesmo não sendo comum a existência deste tipo de estoque. Isso ocorreu devido ao atraso em cronograma de montagem de outras lajes.

6.3 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE NAS ETAPAS DO FLUXO DE VALOR

O quadro 7 apresenta os elementos de produção que foram identificados em cada etapa do fluxo de valor, servindo de base para a avaliação da estabilidade.

Elementos Etapas	Mão-de-obra	Materiais	Máquinas	Método
Limpeza	4 operários	Desmoldante	Esguicho d'água, rodo	Conforme Padrão elaborado pela empresa
Cordoalha/ Ancoragem	4 operários	Aço		Conforme Padrão elaborado pela empresa
Protensão	3 operários	Cabos	Macaco de protensão e ponte rolante	Conforme Padrão elaborado pela empresa
Moldagem	6 operários	Concreto (cimento, areia e brita)	Moldadora e ponte rolante	Conforme Padrão elaborado pela empresa
Desprotensão	3 operários		Bomba manual, cilindros de desprotensão e lixadeira para corte	Conforme Padrão elaborado pela empresa
Corte	2 operários		Máquina de corte	Conforme Padrão elaborado pela empresa
Inspeção e retirada da laje da pista	4 operário	Tinta p/ marcação	Ponte rolante	Conforme Padrão elaborado pela empresa
Estoques	1 operário	Areia, cimento, brita, e aço		Conforme Padrão elaborado pela empresa

Quadro 7 – Elementos de produção a partir dos quais foi realizada a avaliação da estabilidade

6.3.1 Avaliação da estabilidade da mão-de-obra

Neste estudo, estipulou-se como período base, seis meses do ano de 2009. Os valores necessários para o cálculo foram informados pelo departamento de RH, por meio do relatório do sistema de extrato de horas da empresa, coletando as faltas e atrasos dos operários, para o setor de lajes alveolares.

Na empresa, o recrutamento é feito com base em indicações de empregados e procura espontânea pelos candidatos. Não há um plano de cargos e salários definido. A empresa não disponibiliza treinamentos especializados para o pessoal diretamente envolvido com a produção. Embora a empresa possua um programa 5S documentado, durante as visitas não foram detectadas evidências de que o mesmo vinha sendo colocado em prática, pois não havia quadros com exposição dos resultados, assim como alguns operários relataram que não lembravam quando ocorreu a última auditoria do programa.

Os índices de absenteísmo podem ser visualizados na figura 18:

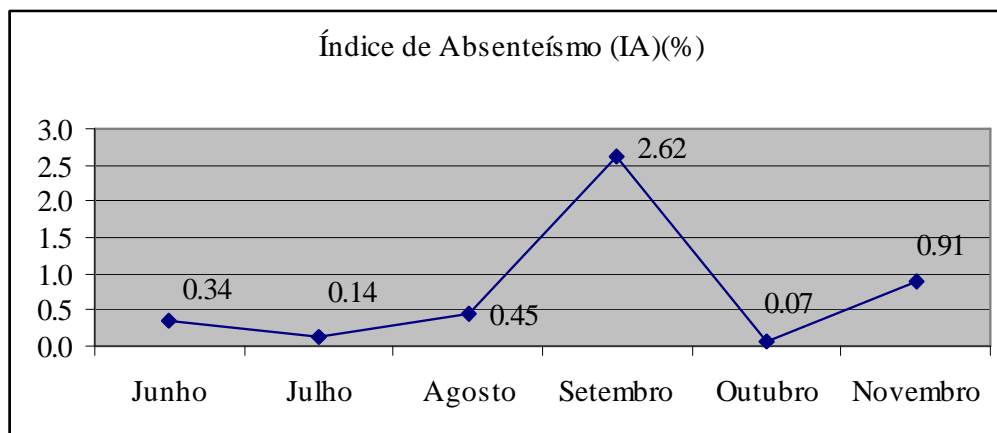
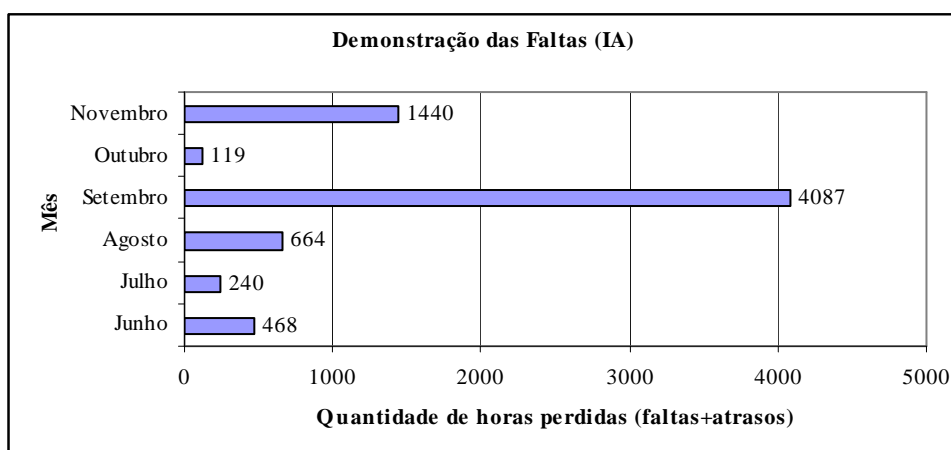


Figura 18 - Valores do índice de absenteísmo (dados de 2009)

Observa-se que o maior índice de absenteísmo ocorreu no mês de setembro, devido a falta de um operário, durante 08 (oito) dias, ficando o I_A em 2,623 %. De acordo com NORIE (2010), o valor médio e o valor de *benchmark* para o I_A , em empresas de construção civil são de 2,7 % e 1,5%, respectivamente. A média do índice de absenteísmo, para os seis meses, foi de 0,75%, o desvio padrão de 0,96% e o coeficiente de variação de 127%.

A figura 19 demonstra que houve uma variação de ausências maior nos meses de setembro e novembro. No mês de setembro a justificativa foi à falta de um operário, e em decorrência disso, seria aceitável que houvesse justificativas que explicasse as diferenças de faltas encontradas. No entanto, as faltas verificadas não obedecem a um padrão, são aleatórias e independem de acontecimentos ou fatos.



Figuras 19 – Demonstração das horas perdidas - faltas e atrasos (junho a novembro de 2009)

As informações encontradas indicam uma prevalência nas admissões, em quatro dos seis meses do período de análise. Nos meses de agosto e novembro não foram identificadas admissões ou demissões.

O número de demissões oscilou entre 1 e 2 ao longo dos quatro meses em que houve rotatividade. Com esses dados, foi calculado o índice de rotatividade (Figura 20), para cada mês:

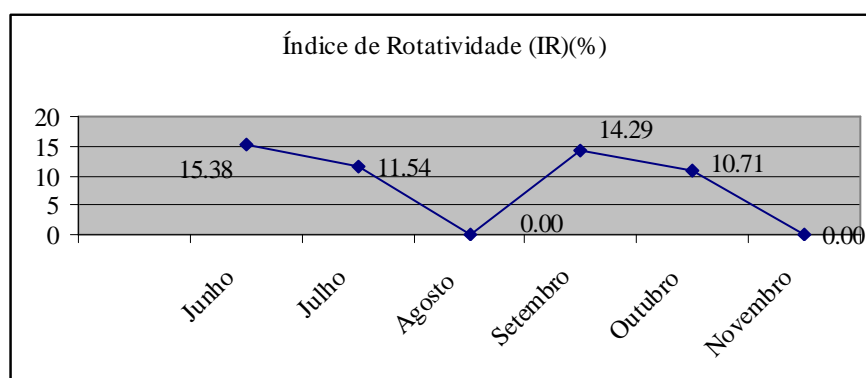


Figura 20 - Valores do índice de rotatividade (dados de 2009)

Os valores de referência do índice de rotatividade, disponibilizados pelo NORIE (2010) para empresas de construção civil, são 8,3 % e 5,0%, para o valor médio e o valor de *benchmark*, respectivamente. Assim, o desempenho da empresa, com exceção de dois meses, está pior do que a média de empresas de construção civil. Os altos índices de rotatividade podem ser atribuídos a problemas na seleção e/ou recrutamento dos operários ou política salarial.

De fato, a empresa não oferece benefícios, como exemplo, capacitação e aperfeiçoamento, nem uma política para tal, o que influencia, tanto na rotatividade quanto no absenteísmo, segundo entrevista com o chefe do departamento de RH. Segundo Chiavenato (1991), a falta de uma política de benefícios está diretamente ligada às causas da rotatividade.

A falta de oportunidade para o progresso profissional também gera a rotatividade, conforme Chiavenato (1991). Na empresa, foi verificado que as oportunidades de progresso não seguem um plano formal, embora exista, informalmente, um plano estabelecido.

A introdução da multifuncionalidade tem o objetivo de fazer com que todos os operários saibam todas as etapas do processo de produção da laje, visando suprir as faltas dos colegas,

reduzir a monotonia e a fadiga, assim como a satisfação e o comprometimento com o trabalho.

O encarregado da produção informou os processos que cada funcionário domina, número de operários no setor e, por fim, o número de operações que foram executadas no processo. Estes dados foram usados para calcular o índice de multifuncionalidade (Figura 21).

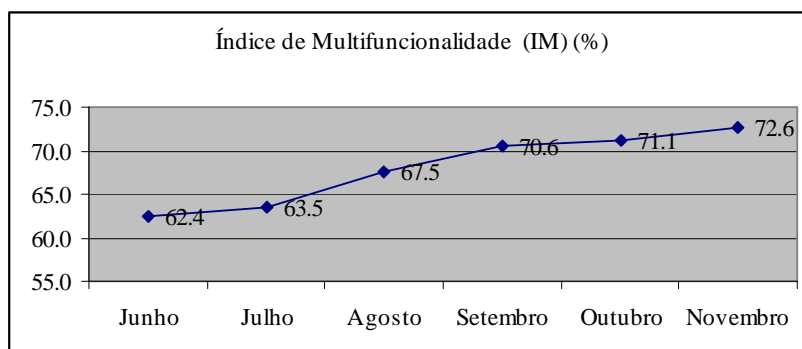


Figura 21 – Valores do índice de multifuncionalidade (dados de 2009)

Percebe-se pela figura 21 que o I_M vai aumentando gradativamente ao longo dos meses do período de avaliação, apresentando uma evolução de 10,20% para a multifuncionalidade do setor de laje alveolar. Verifica-se que o aumento médio consecutivo de cada mês é de 1,7%, sendo mais incisivo nos meses de julho, agosto e novembro de 2009.

A multifuncionalidade dos operadores é reforçada por meio do rodízio dos operadores entre os postos de trabalho, embora não existam padrões que determinem a periodicidade do rodízio. A responsabilidade por planejar o rodízio dos operários é do encarregado do setor, com apoio dos departamentos de produção e RH.

A empresa não registra as frequências ou percentual dos operários que fazem a rotação nas atividades. O encarregado do setor é responsável por identificar o operário de acordo com o desempenho nas tarefas, delegar as mudanças de atividade, informando ao departamento de RH quando estes mudam de atividade. Assim, o RH utiliza critérios como bom, regular, ruim, conforme a recomendação do encarregado, para promover o funcionário para outros cargos e estimular a não saída da empresa.

Não há treinamento específico quando os auxiliares são contratados, mas é realizada uma integração entre eles. Na época da implantação do programa 5S, houve um cuidado em

oferecer treinamento para os novos contratados; porém, atualmente esse procedimento foi deixado de lado. De acordo com a responsável pelo RH, a empresa buscou proporcionar no mínimo um treinamento por ano (tempo programado na época da implantação do 5S). No entanto, devido à rotatividade dos operários, tornou-se difícil investir em treinamento. Geralmente, os treinamentos para o setor em estudo são ofertados pelo Sindicato da Indústria de Construção Civil.

6.3.1.1 Análise estatística para a estabilidade e capacidade da mão-de-obra

Com os dados dos três indicadores da mão-de-obra e seguindo o procedimento de análise mencionado no item 4.4.2.6, foram calculadas as seguintes estatísticas (Tabela 1): a mediana, o 1º quartil e o 3º quartil, a IQR (Amplitude Interquartílica), a estimativa da média, a estimativa do desvio, os limites naturais de variação (inferior e superior) e os limites de aceitação (inferior e superior).

Tabela 1 – Medidas estatísticas para análise da estabilidade e capacidade dos indicadores da mão-de-obra

Medida Estatística Descritiva	Indicadores		
	Absenteísmo	Rotatividade	Multifuncionalidade
limite teórico superior	100.0%	100.0%	100.0%
Mínimo	0.07%	0.0%	62.4%
Primeiro quartil	0.19%	2.7%	64.5%
Mediana	0.39%	11.1%	69.0%
Terceiro quartil	0.79%	13.6%	71.0%
Máximo	2.62%	15.4%	72.6%
Amplitude interquartílica	0.60%	10.9%	6.5%
Estimativa robusta de média	0.39%	11.1%	69.0%
Estimativa robusta de desvio padrão	0.45%	8.19%	4.88%
Limite natural de variação inferior	0.00%	0.0%	54.4%
Limite natural de variação superior	1.75%	35.7%	83.7%
Teste de estabilidade	INSTÁVEL	ESTÁVEL	ESTÁVEL
Limite inferior aceitável			75.0%
Limite superior aceitável	2.70%	8.3%	
Teste de capacidade	CAPAZ	NÃO CAPAZ	NÃO CAPAZ

Pode-se verificar por estes resultados, que o teste de estabilidade sugerido, examinando os limites de variação inferior e superior, apresentou-se estável para os indicadores de rotatividade e multifuncionalidade. Para o absentéismo, o indicador mostrou-se instável.

No entanto, identificou-se que a quantificação da variabilidade utilizando-se como comparativo o limite indicado por NORIE (2010), apresentou o absenteísmo como capaz e a rotatividade e multifuncionalidade como incapazes de atender os limites ou especificações sugeridas. Assim, o índice de rotatividade e de multifuncionalidade mostram-se estáveis, porém incapazes.

6.3.2 Avaliação da estabilidade dos materiais

O índice de avaliação dos fornecedores (I_{AFM}) torna-se um indicador importante, dentro do objetivo proposto de avaliar a estabilidade nos materiais, porque tem impacto direto no desempenho perante o cliente final. Por exemplo, fornecedores que costumam atrasar a entrega de materiais podem fazer com que a empresa também atrase a entrega para o cliente final.

O responsável pelo recebimento e inspeção dos materiais, através da planilha de avaliação de fornecedores de materiais (Apêndice D), identificou o nível de satisfação da empresa com relação aos fornecedores (Quadro 8).

Índice de Avaliação de Fornecedores de Materiais (I_{AFM})					
Índices	Areia (1)	Brita	Areia (2)	Cimento	Cordoalha
AFM_1	17.5	17.5	15	15	12.5
AFM_2	10	10	7,5	10	15
AFM_3	10	10	5	10	10
AFM_4	35	35	35	37.5	35
AFM_5	15	15	15	20	15
I_{AFM}	8.75	8.75	6.25	9.25	8.0

Quadro 8 – Índice de avaliação de fornecedores de materiais (I_{AFM}) - Outubro/2009

As variáveis (AFM_1 , AFM_2 , AFM_3 , AFM_4 e AFM_5) que compõem o I_{AFM} , estão relacionadas com os critérios de desempenho do fornecedor em relação: ao preço e a forma de pagamento; atendimento na compra; qualidade do material; qualidade na entrega e assistência técnica. Quanto mais próximo de 10 for o resultado do I_{AFM} , melhor é o índice. Os I_{AFM} (Quadro 6.2) revelam que um dos fornecedores de areia (Fornecedor 2) obteve o menor índice de satisfação.

Os fornecedores de areia, assim como o de brita, não possuem certificação de qualidade do produto; por isso é realizada a análise granulométrica de agregados no laboratório de ensaios

da empresa. O responsável pela inspeção do material citou que o principal problema encontrado quanto à qualidade do material foi relacionado a variações granulométricas e algumas contaminações com rochas. Já, os fornecedores de cimento e cordoalhas possuem sistema de certificação de qualidade do produto. Toda entrega é acompanhada de um certificado de qualidade com os resultados dos testes a que eles foram submetidos, comparando-os com os valores das normas técnicas.

O objetivo proposto para avaliação do desempenho dos fornecedores foi identificar aqueles que melhor atendem às necessidades da empresa, de modo que a qualidade de seus serviços possa ser reconhecida através do preço e a forma de pagamento, atendimento na compra, qualidade do material, qualidade na entrega e assistência técnica. A aproximação entre fornecedores e empresa produz, em muitos casos, uma dependência mútua importante em torno do interesse das organizações. Também é importante disponibilizar estes dados para o próprio fornecedor, que pode usá-los para promover a melhoria contínua.

A nota referente ao I_{MAM} (Figura 22) para o setor de produção de laje ficou com valor de 7,22. Quanto mais próximo de 10 for o resultado do I_{MAM} , maior o número de boas práticas de movimentação e armazenamento. No entanto, percebe-se que o item vias de circulação (2,5) contribuiu para que o valor do índice não ficasse mais alto. Este item interfere na qualidade dos materiais, uma vez que não existe cobertura para o transporte de materiais da betoneira até a caçamba da máquina moldadora, e não há o contrapiso nas áreas de circulação de materiais ou pessoas.

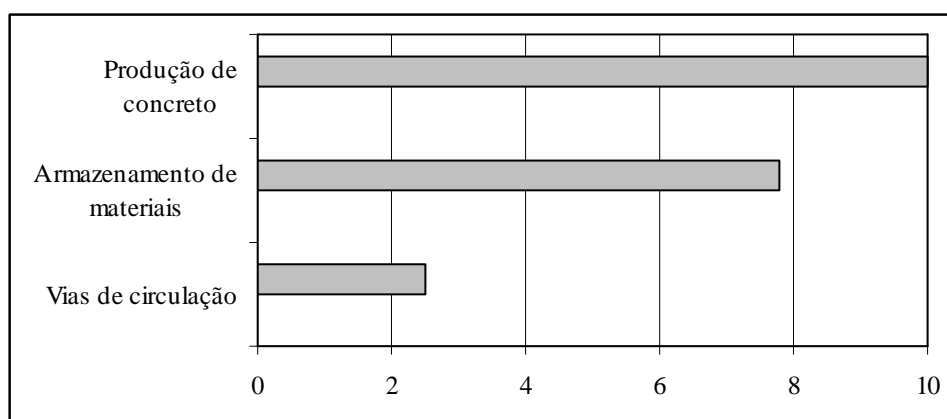


Figura 22 - Valores dos subitens do I_{MAM}

O armazenamento de agregados também deixou a desejar, uma vez que dos 5 requisitos avaliados, apenas 3 estavam conformes com as boas práticas, visto que as baias não possuíam fundos cimentados e não possuíam cobertura, estando desprotegidas da chuva e permitindo a contaminação dos agregados e podendo alterar a granulometria. Considerando que a empresa tem instalações fixas, diferente dos canteiros de obras convencionais, percebe-se que existem condições favoráveis para que todos os requisitos de armazenamento e movimentação sejam atendidos.

Comparando o I_{MAM} da empresa em estudo com os valores de referência do NORIE (2010) (7,01 para a média e 10,0 para o *benchmark*), constata-se que as notas ficaram próximas da média da empresa (7,22).

Segundo os dados levantados, a empresa produziu em média 1,5 pistas por dia, em 26 amostras, onde cada pista corresponde a uma média de 160,00 m² de laje alveolar. A porcentagem de produtos defeituosos variou em torno de 0% a 4% da área de produção total diária. A média da taxa ficou em 2,12%, com um coeficiente de variação em torno de 1,26%.

As causas dos defeitos têm relação direta com o comprimento da laje. De fato, o operador da máquina moldadora tem a informação de quantos metros tem cada peça de laje (isso, por sua vez, possibilita saber o número de cortes necessários), dentro do limite de 130,00 m de pista. Assim, nos últimos metros de moldagem, o operador da moldadora informa ao operador da usina de concreto a quantidade de concreto necessária para os últimos metros, visando não acumular material na máquina moldadora e, muito menos, acumular refugo de laje moldada. Contudo, no último corte de laje são feitos alguns centímetros a mais, com a intenção de fazer um melhor acabamento da peça.

Também foi possível identificar que os defeitos nas peças, como rachaduras e curvatura ao longo do comprimento, por vezes, somente são percebidos após a peça ter sido cortada e retirada da pista. Alguns desses defeitos também podem ocorrer no transporte e manuseio da peça. Nesses casos, o encarregado tenta fazer reparos tendo em vista aproveitar a peça em outros projetos.

De acordo com a classificação das sete perdas do STP, as perdas descritas neste item podem ser interpretadas tanto como perdas por superprodução, como por fabricação de produtos defeituosos. A superprodução, do tipo quantitativo ocorreu devido à produção, mesmo que

mínima, de uma área de pistas que não seria necessária. As perdas por fabricação de produtos defeituosos ocorreram, pois a quantidade excedente de produção geralmente não pode ser reaproveitada, caracterizando refugo.

A avaliação da estabilidade do fluxo de produtos acabados foi realizada a partir de comparações entre quantidades produzidas e quantidades planejadas, informações obtidas a partir do quadro de acompanhamento da produção (QAP).

O quadro 9 apresenta o QAP implantado no estudo de caso, ilustrando os resultados unicamente na primeira semana da coleta de dados. O QAP era preenchido pelo encarregado do setor a partir de planilhas fornecidas pelo setor de PCP.

Com base no quadro 9 percebe-se que a meta não foi atingida em dois dias dos cinco dias de análise, sendo que o desempenho ficou próximo de 50% do estimado. Na sexta-feira, a meta era produzir uma pista, cuja altura da laje era maior daquela que estava sendo produzida. A laje era de um outro projeto, no qual faltaram algumas peças durante a montagem em obra. Qualquer irregularidade oriunda dos 4M, que causam direta ou indiretamente a parada da produção, pode ser apontada no quadro. Quanto às causas observadas, elas foram conseqüências de fatores externos, como as condições climáticas e mudanças de planejamento.

Setor:Laje alveolar								
Tempo planejado por pista: 130 min								
Produção diária: 2 pistas (aproximadamente 315,00 m ²)								
Dia	Plan (m ²)	Real (m ²)	Plan	Real	Causas das paradas	Tempo de moldagem (min)	Tempo de parada (min)	Obs.
			Acumulado					
Seg	315	315	315	315	Regulagem (máquina); Quebra (máquina); Falta de concreto na máquina (materiais).	365 (1ª pista)	40	Meta atingida
						310 (2ª pista)	127	
Ter	315	0	630	315	Condições climáticas (trovoadas e chuvas).	-	-	Meta não atingida
Qua	315	315	945	630	Regulagem (máquina); Quebra (máquina); Falta de concreto na máquina (material).	133 (1ª pista)	50	Meta atingida
						280 (2ª pista)	67	

Continuação

Qui	315	0	1260	630	Ponte rolante utilizada para transporte e carregamento de lajes e chuvas.	-	-	Meta não atingida
Sex	157	157	1575	787	Ponte rolante utilizada no transporte/carregamento de lajes prontas; Regulagem (máquina); Falta de concreto na máquina (material).	225 (1ª pista)	61	Meta atingida
						-	-	

Quadro 9 - Simulação do quadro de acompanhamento da produção

Os resultados dessa única semana de uso do quadro de acompanhamento da produção são consistentes com dados coletados acerca da produção mensal. De fato, ao observar a quantidade (m^2) de laje produzida por mês no ano de 2009 (Figura 23), em nenhum dos meses a meta foi atingida.

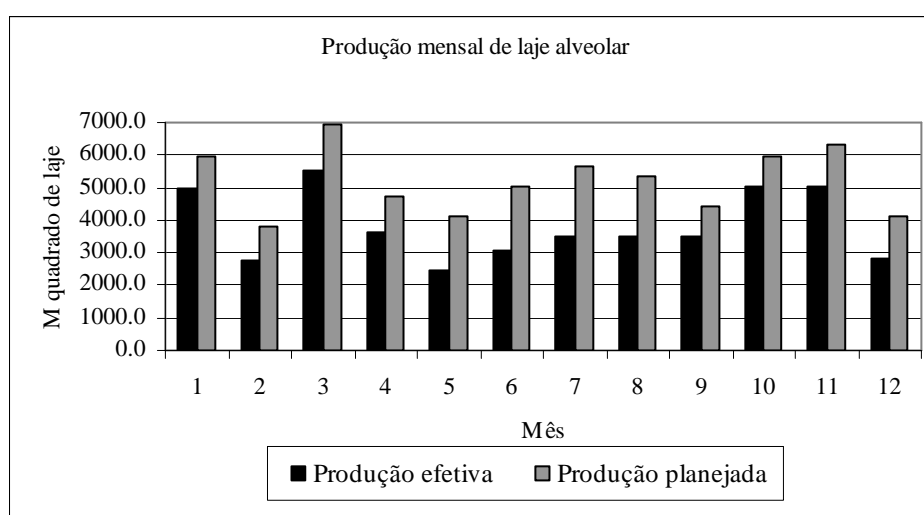


Figura 23 – Produção mensal real versus produção mensal planejada (dados de 2009)

A produção diária é função do número de pistas, logo a variável de interesse para fins de controle estatístico foi $m^2/pista/dia$. A empresa usa como meta duas pistas de laje produzidas diariamente, com aproximadamente $315,00 m^2$ de laje. Normalmente as diferenças entre a produção real e a programada decorrem de falhas de planejamento. Assim, ao serem detectados estes desvios, o PCP faz um novo planejamento da produção, normalmente fazendo o uso de horas extras, ou são alocados funcionários àquela atividade do dia e buscam-se as causas dos desvios de produção.

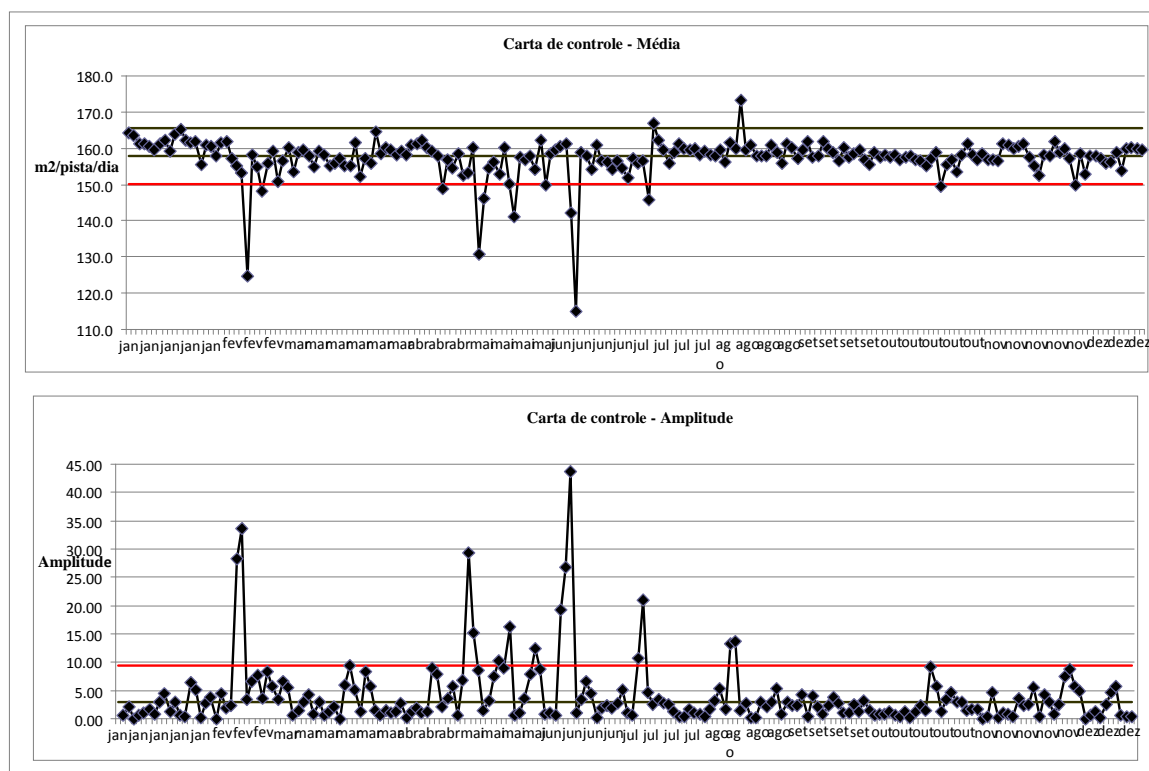


Figura 24 – Carta de controle para $m^2/pista/dia$ - (dados de 2009)

As cartas de controle para a média e amplitude, referentes à variável $m^2/pista/dia$, estão apresentadas na figura 24, para os doze meses de produção do ano de 2009. Os dados foram fornecidos pelo departamento de controle de produção. Como pode ser visto, a produção média foi de $158,00 m^2/pista/dia$, e a variação natural do processo (± 3 sigmas) está entre $150,00$ e $166,00 m^2/pista/dia$. Durante o ano de 2009, houve 198 dias de produção, onde em 13 dias de produção o desempenho mensal foi inferior a $150 m^2/pista/dia$. Esses valores provavelmente estão associados a causas especiais, que poderiam ser identificadas e eliminadas.

A meta da empresa, claramente, está associada à duas pistas por dia. Em média, considerando que se trabalhe em duas pistas, o processo atende essa meta ($2 \times 158 m^2/pista/dia = 316 m^2/dia$). Devido à variabilidade natural do processo, considerando o cenário de duas pistas, as áreas produzidas diariamente oscilam entre 300 e $332 m^2/dia$.

6.3.2.1 Análise estatística para a estabilidade e capacidade dos materiais

Dos quatro indicadores selecionados, três foram analisados por meio da estimativa robusta de média e desvio padrão: indicador de avaliação de fornecedores de materiais (I_{AFM}); indicador

de movimentação e armazenamento de materiais (I_{MAM}) e; taxa de produtos defeituosos após processamento. Os índices de avaliação de fornecedores (I_{AFM}) e de movimentação e armazenamento de materiais (I_{MAM}) tiveram observações individuais (amostras únicas), e foram utilizados os mesmos procedimentos de análise, com valores individuais. No entanto, as inferências a respeito de estabilidade e capacidade serão tanto melhores quanto maior o tamanho da amostra; para estes dois indicadores não há evidência de falta de estabilidade, permitindo avaliar somente a capacidade. De fato, no que concerne a capacidade, comparou-se o valor único com as metas estabelecidas, ou seja, os limites aceitáveis de especificações. Se ele estiver atendendo a meta, não há evidência de falta de capacidade.

A tabela 2 mostra os resultados obtidos para os indicadores de materiais com amostras individuais (I_{AFM} , I_{MAM}).

Tabela 2 – Medidas estatísticas para análise da estabilidade e capacidade para os indicadores I_{AFM} e I_{MAM}

Medida Estatística Descritiva	Indicadores					Movimentação e armazenamento de materiais (I_{MAM})
	Fornecedores de materiais (I_{AFM})					
	Areia (1)	Brita	Areia (2)	Cimento	Cordoalha	
Limite Teórico Inferior	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limite Teórico Superior	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Mínimo						
Primeiro quartil						
Mediana						
Terceiro quartil						
Máximo	8.75	8.75	6.25	9.25	8.00	7.22
Limite inferior aceitável						
Limite superior aceitável	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Teste de capacidade	CAPAZ	CAPAZ	CAPAZ	CAPAZ	CAPAZ	CAPAZ

Por meio dos resultados pode-se identificar que os dois indicadores se mostram capazes de produzir resultados consistentes com as metas desejáveis. Quanto aos fornecedores, os cinco podem atingir as especificações que a empresa almeja. Similarmente, o indicador de movimentação e armazenamento dos materiais é capaz de atender a todos os itens do check list de armazenamento de materiais, de acordo com as boas práticas sugeridas pelo NORIE (2010).

Com o mesmo procedimento de análise, foi avaliada a taxa de produtos defeituosos (Tabela 3) em 26 processos de moldagem, revelando que houve desperdícios de material em todas as pistas moldadas.

Embora a taxa de produtos defeituosos seja estável, o processo não é capaz. A empresa estabelece um limite aceitável de produtos defeituosos de 1,2% por pista, valor que representa aproximadamente 2,00m² de laje/pista, ou 1,5m de laje alveolar moldada.

Tabela 3 – Medidas estatísticas para análise da estabilidade e capacidade para o indicador de produtos defeituosos

Medida Estatística Descritiva	Indicador Produtos Defeituosos (%)
Limite Teórico Inferior	0
Limite Teórico Superior	100%
Mínimo	0.0%
Primeiro quartil	1.27%
Mediana	2.09%
Terceiro quartil	2.89%
Máximo	4.31%
Amplitude interquartílica	1.62%
Estimativa robusta de média	2.09%
Estimativa robusta de desvio padrão	1.22%
Limite natural de variação inferior	0
Limite natural de variação superior	5.74%
Teste de estabilidade	ESTAVEL
Limite inferior aceitável	0%
Limite superior aceitável	1.20%
Teste de capacidade	NÃO CAPAZ

As causas desta falta de capacidade podem estar associadas à situações como as seguintes: erro no cálculo do volume de concreto necessário para os últimos metros de pista, danos durante o descolamento das peças (lajes) da pista, ou erro na leitura do projeto para o corte das peças.

Salienta-se que os referidos índices foram selecionados, em virtude da perspectiva da ME. Porém, cabe lembrar que esses não são os únicos. Para os materiais há o Indicador de Rotatividade de Estoque, ou rotação de estoque, no qual mostra o giro dos estoques, o giro dos fornecedores, tornando possível o acompanhamento da tendência de vendas do produto. Seu volume indica o montante de recursos que a empresa compromete com os mesmos, pois, existem muitos gastos envolvendo a sua produção, estocagem e venda.

A análise da rotatividade visa determinar o giro dos recursos aplicados pela empresa e a análise deverá ser feita juntamente com os prazos médios de recebimento e de pagamento.

Em virtude das condições adversas de coleta de dados, não foi possível neste estudo analisar o índice de rotatividade dos estoques de materiais como indicador de estabilidade de material.

6.3.3 Avaliação da estabilidade das máquinas

O índice de disponibilidade da máquina moldadora obteve valor médio de 86,57%, sendo que o desvio padrão foi de 7,24%, com um coeficiente de variação de 8,35%, conforme figura 25.

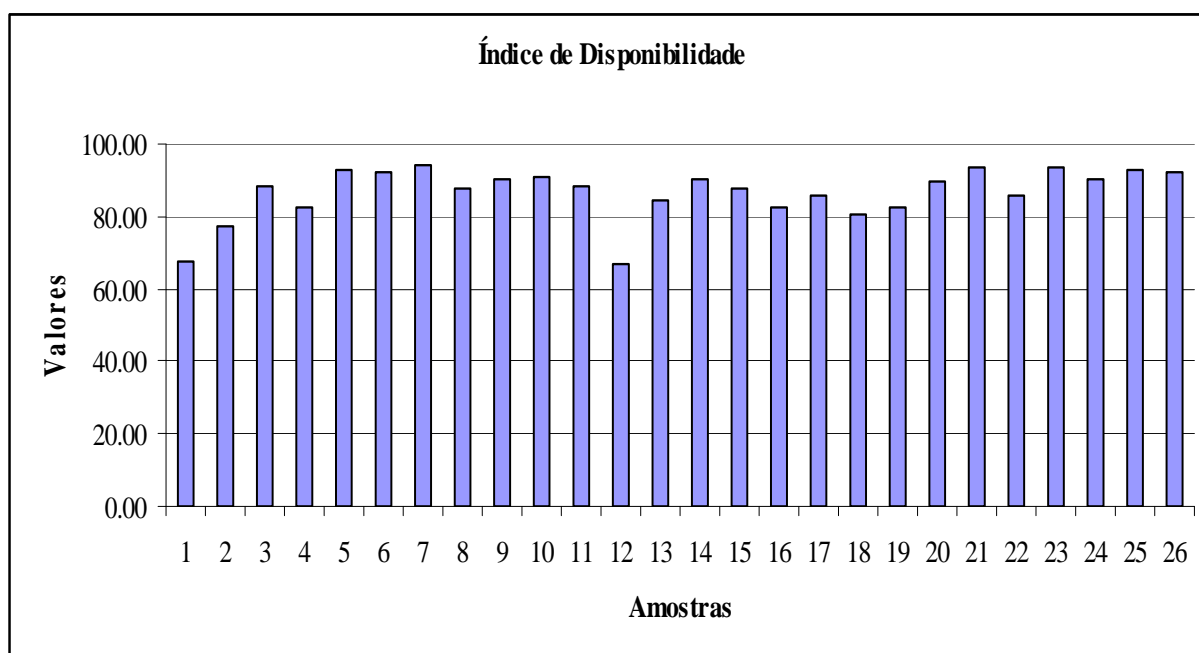


Figura 25 – Índice de Disponibilidade

As informações coletadas, nas 26 amostras dos processos de moldagem evidenciaram que as principais causas de parada do equipamento, registradas no diário de bordo da máquina, estão relacionadas à falta de concreto, regulagem de máquina no início da produção, quebras, mudanças de planejamento e troca de ferramentas.

A figura 26 apresenta a distribuição das causas de paradas do equipamento ao longo de três meses de 2009. Neste período houve 26 dias de produção, que corresponderam aos dias em que as amostras foram coletadas.

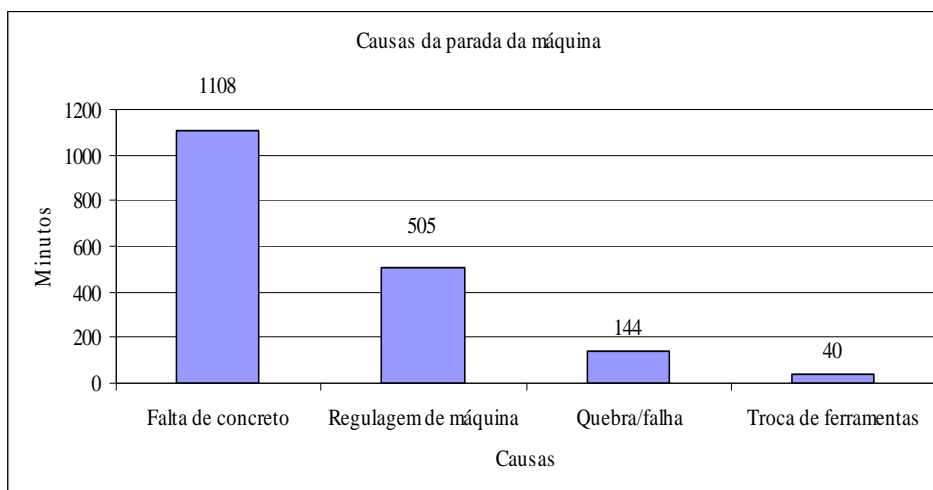


Figura 26 – Causas da parada da máquina

A falta de concreto na máquina moldadora estava vinculada com problemas no transporte deste material, pois as duas pontes rolantes não eram dedicadas ao processo de moldagem. De fato, as duas pontes existentes costumavam operar simultaneamente, tanto na retirada das peças da pista, como no transporte do concreto entre a usina e a máquina moldadora. Em algumas situações, quando a peça tem dimensões maiores do que 10 metros, há a necessidade de utilizar as duas pontes rolantes, para a retirada da mesma. Com isso, a máquina moldadora interrompe o processo por falta de meios de transporte de concreto até a máquina, uma vez que as duas pontes estão sendo utilizadas na retirada das peças.

Uma segunda informação retirada do quadro 6.4 (quadro de acompanhamento de produção) foi o indicador *downtime*, conforme citado no item 3.4.2, utilizado para mensurar o tempo das paradas da produção que, por sua vez, podem ser causadas por instabilidades em qualquer um dos quatro elementos de produção. Para fazer a análise do *downtime*, foi verificado o tempo da parada da máquina para reparo ou manutenção.

Conforme relatou o operador da máquina, a velocidade da máquina moldadora é de 1m/s. Assim, o tempo de moldagem da pista, sem interrupções, ficaria em média igual a 130 minutos (2h10min), por pista. Chegou-se a conclusão que o tempo de moldagem foi de 1313 minutos (21h53minutos), e o tempo perdido de produção (*downtime*) devido a paradas não planejadas foi de 345 minutos, para a produção de 5 pistas (aproximadamente 800,00m² de laje), em um intervalo de 1 semana. Considerando que a produção seguisse a velocidade média da máquina moldadora, o tempo de produção para estas cinco pistas seria de

aproximadamente 800 minutos (13h20minutos). Foram gastos mais de 60% do tempo necessário para produzir metade do planejado (Quadro 6.4).

A média do indicador de performance da máquina moldadora assume o valor de 51,5%, com desvio padrão de 24,20% e o coeficiente de variação em torno de 47,0%. Destes dados, tem-se que a média apresenta um valor baixo e que o desvio padrão, bem como o coeficiente de variação, indica alta variabilidade. Os dados do índice de performance (Tabela 6.5) estão representados graficamente na figura 27.

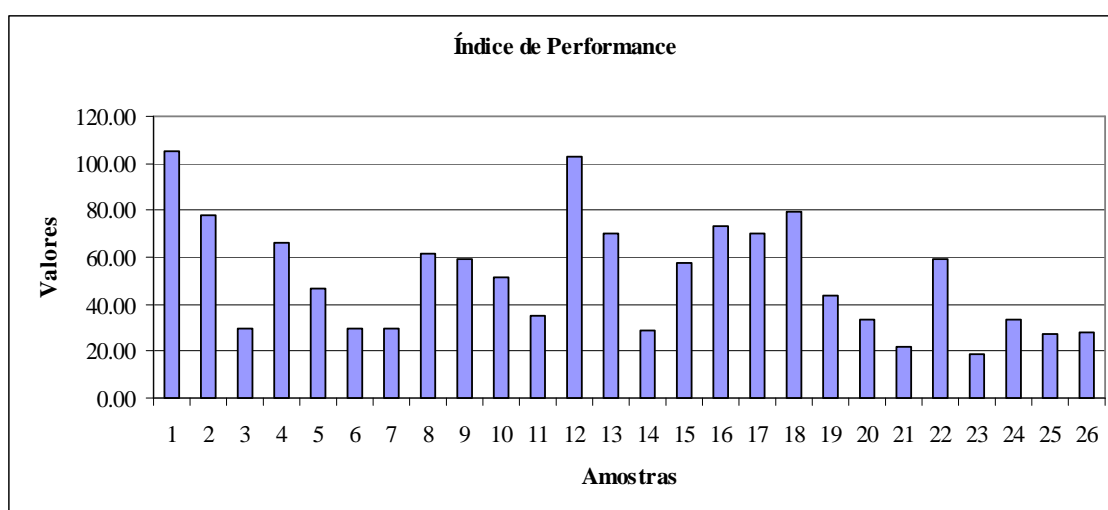


Figura 27 – Índice de Performance

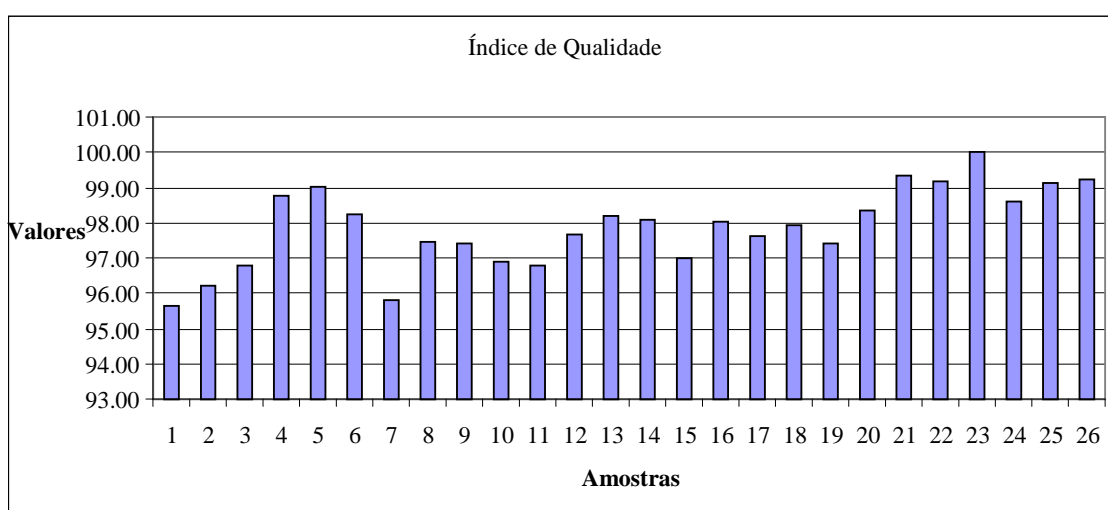
Nas 11 amostras em que o índice de performance ficou abaixo de 40%, em 100% delas ocorreu a produção de uma pista ao dia, o que é 50% abaixo da meta da empresa. As medições do tempo de ciclo (Apêndice I) indicaram que ele pouco varia em relação ao tempo de ciclo teórico, apontando que o índice de performance foi afetado, principalmente, pelas pequenas paradas. Diferentemente das paradas consideradas no índice de disponibilidade, as pequenas paradas caracterizam-se por interrupções de tempo relativamente pequenas, que costumam não consumir mais de cinco minutos e não registradas. As causas das pequenas paradas foram quantificadas em quatro processos de moldagem. A tabela 4 apresenta a frequência das pequenas paradas.

Tabela 4 – Freqüência das pequenas paradas

Moldagem	Σ Pequenas paradas (minutos) (< 5 minutos)	Freqüência das paradas por pista
Pista 1	16	5
Pista 2	17	11
Pista 3	10	5
Pista 4	16	6

As observações da pesquisadora indicaram que possíveis exemplos de pequenas paradas são as regulagens da máquina no início do processo para uniformizar a altura da laje, assim como no controle de adensamento do concreto. Tendo em vista o grande impacto desse indicador no OEE, torna-se necessária uma coleta de dados especificamente para avaliar as pequenas paradas.

Todas as amostras ficaram com o valor do índice acima de 95% (Figura 28), identificando as perdas quanto ao número de lajes refugadas e /ou retrabalhadas. Enquanto a média do índice de qualidade ficou perto de 98%, a variabilidade dos dados referentes às quantidades de m² (refugos e retrabalho) foi de 1,1m² (desvio-padrão), com coeficiente de variação de 1,15%. O retrabalho ocorre, após a inspeção final, por meio de pequenos reparos durante a desmoldagem da laje, ainda na pista. Quanto às causas de refugos, dois exemplos podem ser citados: erro na marcação da laje no processo de corte e mudanças no projeto que implicaram na necessidade de peças com outras dimensões.

**Figura 28** – Índice de qualidade

Vale salientar que a amostra 23 apresentou o índice de 100%, revelando a possibilidade de atingir este valor. Contudo, tal desempenho pode ter sido favorecido pelo fato de que, naquele dia, foram moldados apenas 70m de laje, enquanto a média era 260,00m. A baixa produtividade no dia foi resultado da utilização das pontes rolantes no carregamento de peças faltantes em uma determinada obra, em processo de montagem. Sem as pontes rolantes, a produção foi interrompida.

Na figura 29, pode-se visualizar um exemplo de cálculo de eficiência global da máquina moldadora para um dia de produção, assim como os indicadores que compõem o OEE. Os resultados dos indicadores estão apresentados na tabela 6.5.

A	Jornada diária de trabalho	60 min x 8 horas + 50 min= 530 minutos
B	Tempo diário de parada programada (planejamento, manutenção programada, reunião)	15 minutos
C	Tempo diário de carga (A-B)	515 minutos
D	Tempo diário de perdas por paradas	167 minutos
E	Tempo diário de operação (C-D)	348 minutos
F	Total de defeitos (refugo + retrabalho)	14 m ²
G	Produção diária (boas + ruins) (m ²)	320.81 m ²
H	Tempo real da produção (variável)	365 minutos
I	Tempo de ciclo teórico (ou padrão) (H/G)	1.14 min/m ²
J	Índice de Disponibilidade (E/C)*100	(348/515)*100= 67,6%
L	Índice de Performance ((I*G)/E)*100	((1.14*320.81)/348)*100= 104.88%
M	Índice de Qualidade ((G-F)/G)*100	((320.81-14)/320.81)*100= 95.6%
N	Índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE) (J*L*M)/10000	(67.6*104.88*95.6)/10000= 67.78%

Figura 29 – Exemplo de cálculo de eficiência global de uma máquina moldadora

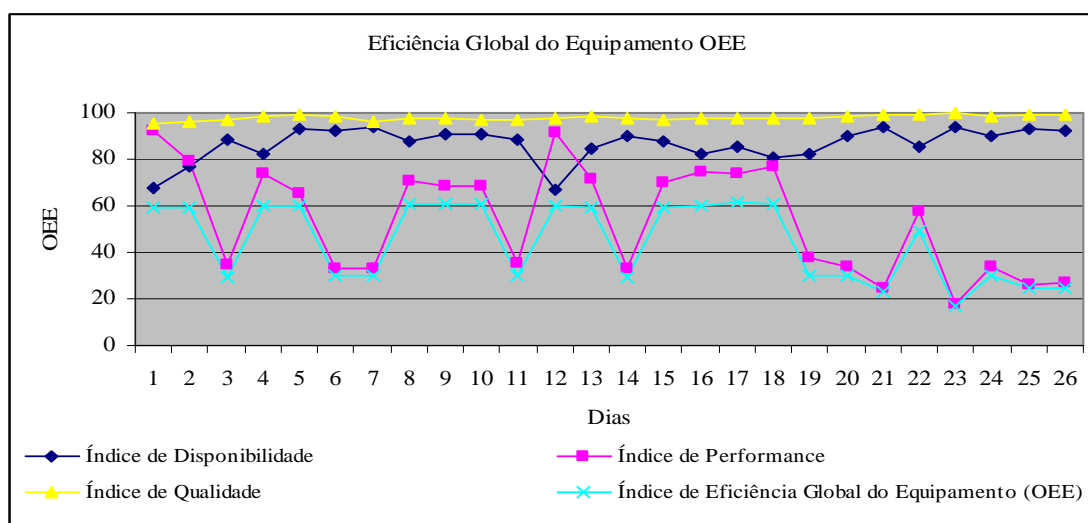
Neste item, são apresentados e discutidos os valores diários de Eficiência Global do Equipamento (OEE). A tabela 5 apresenta os valores coletados da OEE e seus constituintes. No Apêndice H, está apresentada a planilha detalhada do cálculo de cada um dos três fatores da OEE.

A média de OEE para as amostras foi de 42,1%, representando um valor abaixo do recomendável de 85% (NAKAJIMA, 1989). O melhor resultado do OEE entre as amostras foi de 61,44%, cerca de 20% abaixo do valor de referência.

Tabela 5 - Índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE)

Índice de Eficiência Global Equipamento (OEE) Máquina - Moldadora				
Dia	Índice de Disponibilidade	Índice de Performance	Índice de Qualidade	Índice de Efic Global Equip (OEE)
1	67.573	92.187	95.636	59.575
2	77.282	79.513	96.208	59.118
3	88.155	34.581	96.815	29.515
4	82.330	73.979	98.773	60.159
5	92.816	65.594	99.043	60.299
6	92.039	32.992	98.241	29.831
7	94.175	33.223	95.811	29.977
8	87.961	71.038	97.483	60.913
9	90.485	68.569	97.402	60.433
10	91.068	68.505	96.872	60.435
11	88.350	35.413	96.804	30.287
12	66.990	91.348	97.652	59.757
13	84.466	71.389	98.213	59.221
14	90.291	32.824	98.067	29.064
15	87.961	69.808	97.012	59.569
16	82.330	74.446	98.052	60.097
17	85.631	73.481	97.639	61.437
18	80.583	76.646	97.909	60.472
19	82.330	37.715	97.405	30.245
20	89.903	33.991	98.348	30.054
21	93.592	24.871	99.333	23.122
22	85.437	57.709	99.193	48.907
23	93.592	18.000	100.000	16.847
24	90.291	33.935	98.606	30.214
25	92.816	26.410	99.129	24.299
26	92.427	26.647	99.251	24.445

A figura 30 representa como os valores dos índices variam em relação ao OEE.

**Figura 30 – Índice de Eficiência Global do Equipamento**

Com os dados das médias e desvio padrão de cada indicador que compõe o OEE pode-se identificar, por meio do coeficiente de variação, qual possui maior homogeneidade (Figura 31). O resultado menor é o de maior homogeneidade (menor dispersão ou variabilidade).

Indicador	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Disponibilidade	86.57	7.24	8.35
Performance	51.52	24.20	46.97
Qualidade	97.88	1.13	1.15

Figura 31 – Homogeneidade dos indicadores: disponibilidade, performance e qualidade

Logo, para os indicadores acima, a performance apresenta maior grau de dispersão que os indicadores de qualidade e disponibilidade; o indicador de qualidade é mais estável do que o de disponibilidade.

6.3.3.1 Análise estatística para a estabilidade e capacidade da máquina

No estudo da estabilidade e capacidade da máquina moldadora, foi realizada a análise individual dos três índices que compõem o indicador de eficiência global do equipamento, o OEE. Os resultados estatísticos para estas análises estão indicados na tabela 6.

Tabela 6 – Medidas estatísticas para análise da estabilidade e capacidade para o indicador OEE

Medida Estatística Descritiva	Indicador			Eficiência Global OEE
	Disponibilidade	Performance	Qualidade	
Limite Teórico Inferior	0	0	0	0
Limite Teórico Superior	100%	100%	100%	100%
Mínimo	66.90%	18.00%	95.81%	16.80%
Primeiro quartil	82.33%	33.93%	97.01%	29.90%
Mediana	88.10%	65.59%	97.90%	59.10%
Terceiro quartil	91.00%	73.48%	98.60%	60.10%
Máximo	94.17%	92.10%	100.00%	61.40%
Amplitude interquartílica	8.67%	39.55%	1.59%	30.20%
Estimativa robusta de média	88.10%	65.59%	97.90%	59.10%
Estimativa robusta de desvio padrão	6.50%	29.66%	1.19%	22.65%
Limite natural de variação inferior	68.59%	0.00%	94.32%	0.00%
Limite natural de variação superior	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Teste de estabilidade	INSTAVEL	Estável	Estável	Estável
Limite inferior aceitável	95.00%	95.00%	95.00%	85.00%
Limite superior aceitável				
Teste de capacidade	Não capaz	Não capaz	Não capaz	Não capaz

Verificando os resultados calculados na tabela 6, percebe-se que os índices de performance, qualidade estavam estáveis, enquanto que o índice de disponibilidade mostrou-se instável, isto é, apresentando causas especiais, durante o período da análise.

Quanto ao índice de disponibilidade, a análise dos quartis mostra que 50% dos dados de disponibilidade da máquina, situados entre o quartil inferior e o quartil superior, pertencem ao intervalo de 82,33% e 91,00%, o que corresponde a uma amplitude interquartílica igual a 8,93%. Esta variação corresponde a apenas 33% da dispersão total dos dados, indicando que a amplitude total representa uma medida de dispersão influenciada por valores extremos, possivelmente “atípicos”. Estes valores corresponderam em tempo de parada de mais de 160 minutos, devido a quebra de cabos da ponte rolante e de peça da máquina moldadora.

No índice de performance, a análise dos *quartis* identificou que 50% dos dados situados entre o quartil inferior e o quartil superior pertencem ao intervalo de 33,40% e 72,96%, o que corresponde a uma amplitude interquartílica de 39,56%. Esta variação correspondeu a 46% da dispersão total dos dados, mostrando que a amplitude total (86,14%) representa uma medida de dispersão influenciada pelos valores extremos. O valor foi influenciado pela diminuição da velocidade da moldadora, devido a pequenos ajustes, e pelas pequenas paradas realizadas pelo operador para correção do problema.

O índice de qualidade mostrou menor variação, pois na análise dos quartis identificou que 50% dos dados, pertencem ao intervalo de 97,11% e 98,73%, correspondendo a uma amplitude interquartílica de 1,62%.

Por meio dos dados estatísticos (Tabela 6) foi possível observar que, para todos os índices do OEE, o processo é incapaz, pois o valor calculado ficou abaixo dos limites aceitáveis. Isto leva a concluir que o processo realizado durante os três meses observados em 2009 esteve na maior parte do tempo sob controle, porém, incapaz de atender às metas.

6.3.4 Avaliação da estabilidade do método

Cabe ressaltar que a estabilidade do método, sob a perspectiva da ME, está relacionada ao trabalho padronizado. Sendo importante destacar que a análise de aderência aos procedimentos foi bastante limitada, no sentido de que não foi realizada uma análise acerca de como as etapas era realizado, mas apenas de sua seqüência. Tal limitação foi decorrência da

inexistência, na empresa, de um documento que detalhasse o conteúdo, o tempo e o resultado esperado para cada elemento de trabalho.

A análise de aderência aos procedimentos indicou que as 9 etapas que compõem o processo de produção da laje-alveolar eram cumpridas na seqüência prevista nos padrões da empresa. Deste modo, todos os itens do *check list* (Apêndice F) foram atendidos nas quatro pistas, no período de uma semana, configurando uma taxa de 100% de aderência aos procedimentos. Para uma descrição mais fiel das etapas, todos os itens do *check list* foram redigidos com o auxílio de quem executava as tarefas, operários e o encarregado.

No setor de laje, cada operário desempenha vários elementos de trabalho que são necessários para completar uma etapa. Cada operador aprende a partir da convivência com os operadores mais experientes, adaptando para a forma que mais o satisfaz.

De outro lado, foi possível obter dados quantitativos acerca das variações nos tempos de ciclo de cada etapa, indicados na tabela 7.

Tabela 7 – Tempos de ciclo dos elementos de trabalho

Processo	Tempo de ciclo (minutos/pista)							Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Limpeza /Desmoldante	72	83	78	85	94	76	80	81	7.1	8.8
Distribuição das cordoalhas/Ancoragem	40	45	56	67	53	48		52	9.5	18.4
Protensão	41	37	32	42	38			38	3.9	10.4
Moldagem	165	200	188	105	153			162	36.9	22.8
Desprotensão	56	38	50	42	43	52		47	6.9	14.7
Corte	63	46	61	56	42	49	54	53	7.7	14.6
Desforma/Retirada	42	49	48	46	51	40		46	4.2	9.2

As variações possivelmente se devem a fatores como a maior experiência de alguns operadores. De fato, os processos não estão padronizados e a maneira de executá-los só está registrada na memória das pessoas.

6.3.4.1 Análise estatística para a estabilidade e capacidade do método

A taxa de aderência aos procedimentos dos processos teve amostra única, logo não pode ser avaliada quanto à estabilidade do índice. No entanto, no teste de capacidade, o índice apresentou-se com 100% de aderência aos procedimentos, podendo-se concluir que o índice

tem capacidade de atender a todas as especificações contidas no *check list*, sem referências ao trabalho padronizado.

6.3.5 Resumo da análise estatística dos indicadores

O quadro 10 apresenta as informações resumidas da análise estatística, de capacidade, estabilidade, e a etapa do fluxo de valor no qual o indicador foi avaliado. Com base nesse quadro, é possível identificar que os indicadores foram coletados em três situações: (a) para o fluxo de valor como um todo, sem discernir o desempenho em cada etapa (por exemplo, absenteísmo); (b) para as etapas que envolvem esperas de materiais (por exemplo, movimentação e armazenamento de materiais); (c) para etapas que envolvem processamento de materiais, tais como moldagem e desforma/retirada. Em particular, essa classificação permite visualizar que há falta de capacidade na última etapa do fluxo (desforma/retirada). Por sua vez, isso indica que o cliente final está sendo prejudicado, seja em função da incapacidade em produzir as quantidades planejadas, quanto em função da geração de produtos defeituosos, que implica em dispêndio desnecessário de recursos para lidar com refugos e retrabalho.

Elemento de produção	Indicador	Estabilidade	Capacidade	Etapa da coleta do indicador
Mão-de-obra	Absenteísmo	Instável	Capaz	Todas as etapas do fluxo
	Rotatividade	Estável	Não Capaz	Todas as etapas do fluxo
	Multifuncionalidade	Estável	Não Capaz	Todas as etapas do fluxo
Material	Avaliação de fornecedores de materiais		Capaz	Todas as etapas que envolvem esperas de materiais
	Movimentação e armazenamento de materiais		Capaz	Todas as etapas que envolvem esperas de materiais
	Produção real x planejada	Estável	Não Capaz	Desforma/retirada (última etapa do fluxo)
	Produtos defeituosos	Estável	Não Capaz	Desforma/retirada (última etapa do fluxo)
Máquinas	OEE	Estável	Não Capaz	Moldagem
Método	Procedimento de processo para laje		Capaz	Todas as etapas do fluxo

Quadro 10 - Quadro-resumo dos resultados de capacidade e estabilidade dos indicadores

Dentre os nove indicadores propostos, cinco foram ao mesmo tempo estáveis e não capazes de atender as especificações ou metas exigidas. Três outros indicadores (I_{AFM} , I_{MAM} e T_{APP}) apresentaram-se capazes de atender as especificações, impossibilitando verificar quanto a estabilidade. E, apenas um índice (I_A) se mostrou instável, porém capaz de atender as especificação ou meta de 2,7%.

A análise por estimativa robusta teve como objetivo aprimorar e verificar a possibilidade de controlar o processo produtivo por meio da identificação das diferentes fontes de variabilidade do processo. Estas variações foram identificadas em cada um dos indicadores, procurando as evidências de causas especiais. Quanto a capacidade, esta se mostrou importante para verificar a variabilidade natural do processo produtivo destinado a variabilidade devida as causas comuns. Mudanças significativas no processo ou mesmo a adoção de processos alternativos podem então ser necessárias para tornar o processo capaz estatisticamente. Por fim, a análise estatística auxiliou na avaliação da estabilidade na medida em que apontou que, a estabilidade dos indicadores não assegura que esta seja capaz de atender as metas da empresa ou com as especificações dos valores de referência.

Ao fazer uma análise qualitativa dos resultados, pode-se perceber que o processo de produção da laje alveolar se mostrou instável. De fato, a meta de produção, de duas pistas por dia, não foi alcançada nos doze meses de produção do ano de 2009. Há certa desconfiança nos indicadores, quando estes resultam em estáveis e não capazes. A capacidade com base em metas da literatura é questionável sendo recomendável considerar metas colocadas pela empresa. No estudo em questão, não foi possível definir o padrão de medida para os indicadores, pois a empresa desconhece tais índices, no qual permitiria uniformidade, estabelecimento de metas e acompanhamento dos mesmos.

6.4 PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA O FLUXO DE VALOR BUSCANDO A ESTABILIDADE E CAPACIDADE NOS 4M

6.4.1 Melhorias para a estabilidade da mão-de-obra

As melhorias relativas à mão-de-obra foram agrupadas em categorias referentes aos indicadores usados para avaliar sua estabilidade.

Embora a empresa possua um programa de premiação aos funcionários em função do volume de produção, outras ações poderiam ser realizadas para diminuir absenteísmo, tais como:

- Criar premiação para os trabalhadores mais assíduos;
- Requisitar que sejam apresentadas justificativas para as faltas;
- Ter mão-de-obra multifuncional;
- Realizar pesquisa do clima organizacional;

- Calcular os indicadores IA, IR e IM, para cada mês, de maneira contínua;
- Identificar os motivos do desligamento do funcionário;
- Operacionalizar o programa 5S;
- Realização de esforços continuados para o treinamento e formação de operários multifuncionais para o processo da produção e para todas as etapas do processo de lajes alveolar.

As premiações por assiduidade oferecidas pela empresa são encaradas como estímulos e podem vir a gerar motivação nos funcionários. A pesquisa sobre o clima organizacional traz oportunidade dos colaboradores expressarem suas opiniões, e desta forma contribuir para a melhoria no ambiente de trabalho e, conseqüentemente, fortalecer o crescimento da organização. Logo, a satisfação tende a diminuir a ocorrência de faltas no trabalho. O programa 5S auxilia no processo de implementação e suporte para mudança cultural.

Na empresa, foi verificado vínculo do 5S com a implantação do sistema de gestão da qualidade ISO 9001/2000. Uma das barreiras que dificultaram a continuidade do programa foi o descomprometimento dos funcionários, devido à alta rotatividade e falta de treinamento para os novos contratados.

A empresa deve se preocupar em mensurar as perdas financeiras e sociais relacionadas aos indicadores de estabilidade de mão-de-obra. A avaliação dos indicadores é considerada primordial para verificar problemas, sendo que o próprio funcionário não tem clareza dos dias que deixou de comparecer ao serviço e também dos problemas que causa ao sistema produtivo da empresa, como, por exemplo, a baixa produtividade e o acúmulo de trabalho.

Recomenda-se a cada setor da fábrica criar suas próprias referências com relação aos indicadores de mão-de-obra. Por meio destes indicadores, a empresa pode perceber os efeitos de sazonalidade que porventura possam acontecer nos setores de produção. Ao fazer um acompanhamento da tendência, o departamento de RH pode antecipar a existência de problemas.

A presença de operários capazes de desempenhar diferentes tarefas é necessária em função das flutuações na demanda, que alteram o ritmo de produção, exigem redefinição dos tempos de ciclo e a conseqüente redistribuição da carga de trabalho na fábrica. De fato, se a demanda

aumenta, o *takt time* diminui e é provável que cada operário passe a executar menos operações; quando a demanda cai, ocorre o inverso.

No entanto, para a viabilização das ações é necessário estruturar a área de RH, juntamente com os demais departamentos administrativos, para não limitar as ações a certos grupos na organização, mas sim envolver todos os níveis e áreas.

6.4.2 Melhoria para estabilidade do material

Foi constatado que houve interrupção no processo de produção devido à indisponibilidade das pontes rolantes transportarem material. Com isto, o material não fluiu para o processo seguinte no momento necessário. No entanto, ficou constatado o fato dos volumes de produção não coincidirem com o volume planejado, indicando que o cliente não recebeu os materiais nos prazos estabelecidos, configurando-se em material não disponível no processo de produção. De fato, o número de pistas produzidas diariamente variava muito ao longo do mês.

Para atender as metas gerenciais (considerada em 315,00 m²/dia), é necessário: (i) identificar e eliminar as causas especiais que estão presentes no processo; (ii) assegurar o regime de trabalho de duas pistas por dia. Se isso for feito, a média irá atender a expectativa da gerência (315,00 m²/dia).

Dentre as ações que podem contribuir para controlar as perdas por produtos defeituosos, podem ser citadas as seguintes: (a) manutenção autônoma e inspeção da máquina pelos próprios operadores, por meio de rotinas de inspeção, limpeza e lubrificação do equipamento no intuito de encontrar e resolver anomalias; e (b) a padronização do procedimento de moldagem, facilitando o treinamento de funcionários, eliminando a interferência por dúvidas e facilitando o planejamento do trabalho diário. Para o funcionário, estas ações facilitam a execução de tarefas sem a necessidade de ordens freqüentes, garantem a confiabilidade do processo de moldagem atuando antes da quebra do equipamento, além de propiciar mais segurança no ambiente de trabalho.

As propostas de melhorias estão vinculadas aos indicadores de materiais (avaliação dos fornecedores, movimentação e armazenamento e produtos defeituosos) e ao PCP, quais sejam:

- Realizar reuniões conjuntas entre o fornecedor e todos os departamentos internos da empresa envolvidos, visando aumentar a integração entre os departamentos, buscando alternativas para melhoria de desempenho.
- Colocação de contrapiso nas áreas de circulação de materiais e pessoas, para melhorar o aspecto da planta industrial e prevenir acidentes de trabalho.
- Colocação de piso cimentado nas baias para o armazenamento dos agregados (areia e brita), para manter os materiais armazenados em boas condições e reduzir interferências entre os fluxos de materiais e pessoas.
- Utilizar o tempo *takt* para evitar o desperdício da superprodução; assim, só se produz o que é consumido, ou seja, fazer com que o processo produza a quantidade desejada pelos clientes.

A relação com os fornecedores, em um ambiente JIT, exige confiabilidade e estabilidade, na medida em que os estoques, por terem tamanho máximo limitado, tendem a ser consumidos rapidamente. A empresa optou por ter poucos fornecedores, mas com certo grau de confiabilidade, por meio dos procedimentos de inspeção além de controles formais, como os registros de inspeção e recebimento.

6.4.3 Melhorias para estabilidade das máquinas

Como proposta para melhorar a estabilidade das máquinas, a sugestão é utilizar a TPM, visto que esta torna as pessoas mais conhecedoras dos processos e equipamentos, assim como capazes de identificar, minimizar e até eliminar a causa das quebras, falhas e defeitos. Com isto, também contribui para a criação de um senso crítico nas pessoas, fazendo com que elas se sintam responsáveis pelo bom funcionamento do processo que integram.

A utilização do indicador OEE, além de contribuir para avaliar a estabilidade das máquinas, também pode contribuir para melhorar a estabilidade, na medida em que ele permite identificar causas da instabilidade.

Para tornar viável a implantação do sistema TPM no setor de laje, o treinamento é fundamental, pois foca bastante o treinamento para operadores para que estes possam conhecer melhor os equipamentos e desempenhar funções de manutenção diretamente nos equipamentos. Ao mesmo tempo, no TPM, a manutenção autônoma auxilia na detecção de perdas e na manutenção dos equipamentos, aumentando o nível de conhecimento do operador.

No entanto, deve-se iniciar em um primeiro momento na máquina moldadora, para posterior aplicação nas demais máquinas.

A utilização de *andon* como forma de informação visual no processo de moldagem pode ser utilizada para identificar anormalidades, tanto pela máquina moldadora, como no abastecimento de concreto ou pela ausência de um operário, indicando o local e a natureza das situações problema. Assim, no caso em estudo, o *andon* pode auxiliar tanto o operador a manter o ritmo de trabalho como para garantir que a transferência do produto seja no tempo *takt*.

6.4.4 Melhorias para estabilidade do método

As propostas de melhorias relativas à estabilidade dos métodos envolvem:

- Padronizar o trabalho no setor estudado, explicitando a seqüência das atividades, conteúdo do trabalho, tempo *takt* e definição do nível de estoque máximo. Desta maneira, os produtos conseguem ser produzidos com menor variabilidade, devido a modos de proceder idênticos, independentemente de quem é operador.
- Utilizar o gerenciamento visual, na busca por soluções que tornem os processos mais facilmente observáveis, limpos, organizados e com maior facilidade de realizar o controle e a melhoria. A gestão visual deve permitir que todos possam ver e entender os processos, tornando a situação transparente, ajudando a focalizar nos processos e não nas pessoas, além de priorizar o que realmente é necessário.

Antes de dar início à padronização, é necessário conscientizar a administração (gerentes), bem como os demais níveis da hierarquia da empresa, para a importância da utilização dos padrões, criando um clima propício à padronização. A nova rotina demanda tempo e aceitação das pessoas para que se torne parte do cotidiano. Para que isso aconteça, os gerenciadores devem traçar um bom planejamento a partir de metas realizáveis, pois só assim se conseguirá o envolvimento de todos os participantes do processo a ser padronizado. Para que o envolvimento seja viabilizado é necessário preparar os funcionários, educando e treinando os responsáveis pela padronização.

6.4.5 Relação entre as práticas estabilizadoras e as que requerem estabilidade

Neste item, a partir das propostas de melhorias citadas nos itens anteriores, são explicitadas as práticas de PE que contribuem para estabilizar e manter os processos capazes, assim como aquelas práticas cuja implantação requer processos estáveis e capazes.

As práticas como o 5S, *kaizen*, flexibilização da mão-de-obra, fornecimento *just in time*, integração da cadeia de fornecedores, manutenção produtiva total, gerenciamento visual e trabalho padronizado, são práticas que contribuem para a estabilidade e capacidade dos processos.

Em uma empresa que deseja implantar a PE, o programa 5S é fundamental como ponto inicial para implantação de atividades de qualidade e na melhoria da produção. Similarmente, não é possível estabelecer o JIT em um ambiente instável. Um ambiente onde as falhas são freqüentes não permite que o fluxo de materiais ocorra de forma contínua. A mão-de-obra multifuncional contribui para estabilizar o processo, especialmente em caso de variações de demanda e absenteísmo.

A padronização das atividades é fundamental para a estabilidade dos processos, sendo a chave para a criação de um processo repetitivo e base para melhoria contínua. Para aplicar o trabalho padronizado a empresa deve apresentar máquinas confiáveis, sem muitas quebras ou com grande tempo de paralisação, podendo, para isso, fazer uso da TPM e 5S.

A estabilidade é alcançada por meio do processo padronizado, em que cada operário, no processo produtivo, saiba o que fazer, como fazer e quando fazer, de modo a garantir o fluxo de materiais. Assim, a empresa precisa desenvolver processos que garantem coerência para todos os elementos de trabalho como a necessidade da mão de obra, métodos de trabalho, materiais e maquinário. Para evitar desperdícios e que cada pista de laje seja produzida no tempo determinado, sugere-se formalizar um método de trabalho dessas atividades, de forma clara e precisa, e disponível em cada etapa do processo.

No entanto, há outras práticas que requerem que o processo esteja estabilizado, tais como o *just in time* (já citado), trabalhar de acordo com o *takt time* e o *andon*. Em relação ao *takt time*, a estabilidade é um pré-requisito, na medida em que ela propicia credibilidade ao controle de produção no intervalo *takt*. De fato, faz pouco sentido controlar a produção de

acordo com o *takt*, se há uma variabilidade tão grande que implica em nunca, ou quase nunca, produzir conforme o ritmo desejado.

Assim como o *takt*, o bom funcionamento do *andon* requer credibilidade, ou seja, as anormalidades assinaladas pelo *andon* não deveriam repetir-se insistentemente, sem que medidas estabilizadoras sejam adotadas.

6.5 MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO

O Mapa do Estado Futuro foi desenhado, na figura 6.16, com base da análise do Mapa do Estado Atual, a partir da identificação das fontes de instabilidade e respectivas propostas de controle das mesmas, citadas nos itens anteriores deste capítulo.

Para auxiliar no desenho do mapa futuro, foram utilizados os procedimentos sugeridos por Rother e Shook (2003):

1. Qual é o tempo *takt*?

Para o cálculo do tempo *takt*, o tempo de trabalho disponível considerou um turno de 8 horas e 30 minutos por dia (descontado o intervalo de 20 minutos), com cinco dias por semana e 20 dias por mês. A meta, em função da capacidade estimada pela empresa, são duas pistas de laje com aproximadamente 130 m de comprimento por dia. Assim, o *takt time* é de 255 minutos/por pista.

A figura 32 mostra a comparação entre o *takt time* e o tempo de ciclo de cada etapa do processo.

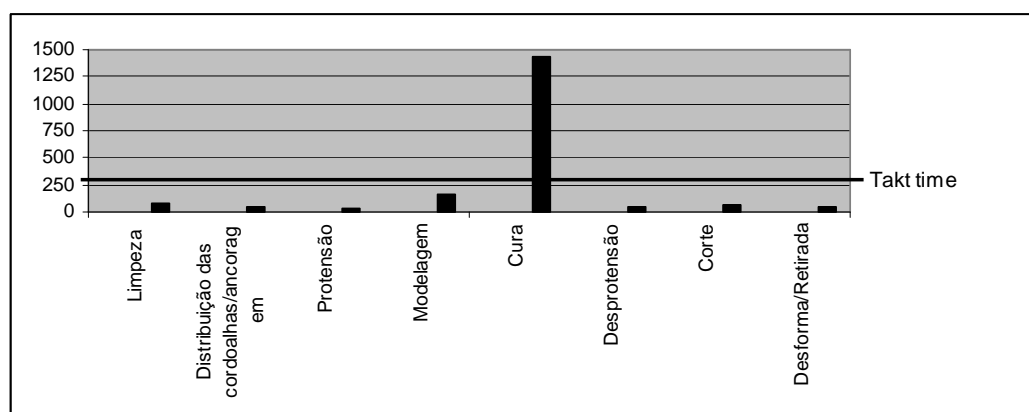


Figura 32 - Comparação entre o *takt time*

Observa-se na figura acima que os ciclos das operações estão abaixo do *takt time*, para todas as etapas com exceção da cura que está acima do tempo *takt*, significando que para acompanhar o ritmo de vendas deve-se reduzir este tempo.

2. Produzir peças para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?

Neste caso, a demanda dos clientes varia aleatoriamente (projetos diferenciados), de acordo com tamanho do corte da laje. Assim, os produtos devem continuar sendo produzidos diretamente para a expedição, no sistema puxado sequenciado.

3. Onde pode introduzir fluxo contínuo?

Os processos que compõem a produção de laje têm tempos de ciclo similares e podem ser colocados em fluxo contínuo, ou seja, passar de um processo para o seguinte sem qualquer parada entre eles. No entanto para aproximar os tempos de ciclo no processo de cura, há possibilidade de implantar a cura a vapor, tipo de cura acelerada que reduz o tempo do processo e, conseqüentemente, o *lead time*.

4. Onde introduzir o sistema puxado?

A empresa já trabalha com um sistema puxado seqüenciado, onde os produtos são feitos sob encomenda a partir da etapa inicial do fluxo de valor. Para o estoque de matéria-prima (areia, brita e cimento), adotar supermercados como estoque controlado, visando minimizar e controlar a quantidade de materiais (areia, brita, cimento e cordoalhas) estocados e conhecer ao certo quando será necessário fazer novos pedidos.

5. Em qual o ponto da cadeia de produção (o processo puxador) se programará a produção?

Como o sistema é puxado seqüenciado, a primeira etapa do fluxo de valor (limpeza e desmoldante) foi escolhida para ser programada.

6. Como nivelar o mix de produção no processo puxador?

A empresa produz de acordo com o projeto, onde é especificada a altura da laje. Portanto, não há um *mix de produção* de laje, e sim, um padrão de área de laje (130 x 1,25 m) com variação de altura.

7. Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente do processo puxador?

Através da ação de liberar a pista, para o início do processo de moldagem, estar-se-á nivelando o volume de produção. Liberar regularmente a pista para a quantidade de trabalho no processo puxador e retirar a mesma quantidade de laje acabada (retirada sincronizada da laje, como a empresa executa atualmente).

8. Quais melhorias de processo serão necessárias?

As propostas de melhorias, sobre o estado atual, devem ser anotadas no próprio mapa do estado futuro e devem ser avaliadas, quanto a sua viabilidade e relação custo benefício, com os diretores e responsáveis pelo setor de produção. As propostas estão relacionadas com a estabilidade e capacidade da produção:

- Criar supermercado para produtos provenientes de fornecedores: disponibiliza o material de maneira mais ágil;
- Criar supermercado na usina de concreto: mantém o ritmo de produção de concreto, constante, sem interromper, ou parar, a máquina moldadora;
- Capacitar e treinar funcionários: adquire melhor condição de ação, de conhecimento do processo e do setor, mantendo a produtividade, ganhando em tempo, evitando perda e retrabalho;
- Disponibilizar equipamentos (ponte rolante): focaliza a produção sem interrupção, cumprindo o cronograma e o planejamento, com a finalidade de reduzir o tempo de moldagem;
- Utilizar cronogramas e planejamento: aperfeiçoa o controle de produção de acordo com a meta;
- Instalar *andon* de alerta: sinaliza a falta de material na máquina moldadora, diminuindo os tempos de parada da máquina;

- Preparar operários multitarefa: desempenha corretamente as atividades, decidem e sugerem modificações que melhoram o fluxo de valor, minimizando tempo de espera e de processos desnecessários;
- Instalar QAP: visualiza atrasos na produção e quais os problemas que os geraram, podendo interferir e controlar a produção.

No Mapa Futuro, a relação entre empresa e fornecedores é mantida, visto que os fornecedores têm uma relação de parceria e cumprem os prazos de entrega, e qualidade do material dentro daquilo que a empresa almeja. Os estoques de materiais registrados no Mapa Atual são substituídos pela adoção da idéia de supermercados no Mapa Futuro, como forma de reduzir a quantidade de materiais estocada, assim como de melhorar o controle, indicando quando está na hora de comprar mais materiais. Porém, foram considerados os mesmos estoques de dois dias para o supermercado de cimento, areia e brita. Em virtude de o aço ser importado não foi reduzido o tempo de estoque de quatro meses.

Na tentativa de não interromper o fluxo de concreto, com o objetivo de sincronizar a produção e não produzir nem mais nem menos que a capacidade da pista, no Mapa Futuro também se utiliza um supermercado de concreto, somente para o tempo de moldagem, que é mantido pelo *andon* de alerta. Esse sinalizador elimina interrupções no fluxo de informação, entre operador da moldadora e operador da usina, aumentando a confiabilidade do processo de moldagem.

O tempo de ciclo dos processos no MFV futuro considera os menores tempos coletados durante o estudo. Já na atividade de cura é adotada a cura a vapor, com um tempo de 7 horas. Dessa forma, o *lead time* de produção passa de 3167 minutos (aproximadamente 53 horas) para 1894 minutos (31 horas). Com a redução no *lead time*, permite reduzir o tempo para iniciar a atividade de corte e, assim, liberar a pista para iniciar um novo processo de produção.

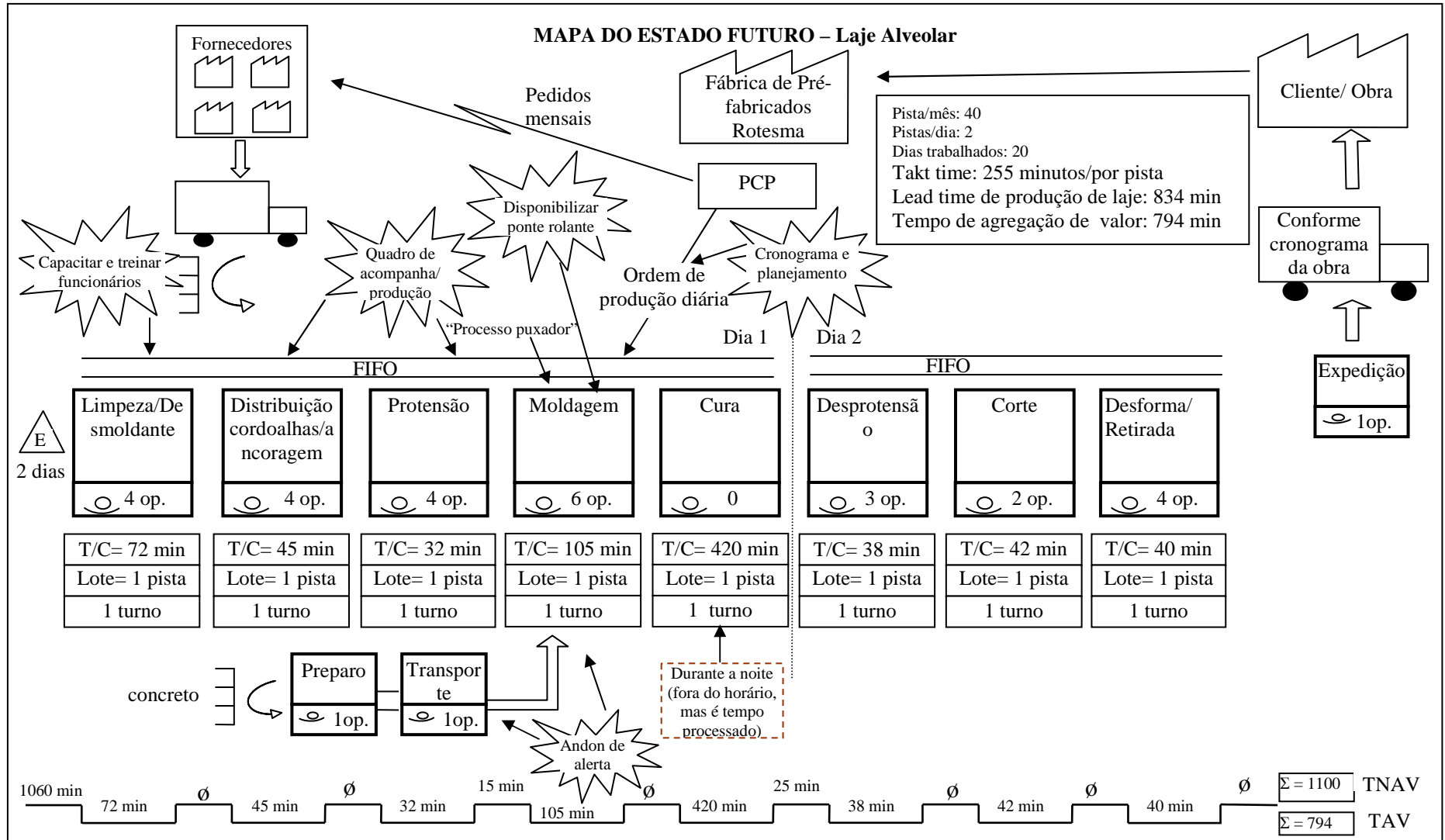


Figura 33 – Mapa do Estado Futuro – Laje alveolar

6.6 ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

Conforme definições acerca do mapa do estado futuro, há necessidade de fazer alterações para chegar a uma situação desejada. Na ferramenta 5W1H, que possui o plano de todas as ações que devem ser realizadas para que a linha de produção chegue à meta estabelecida, definem-se responsabilidades para cada tarefa, métodos, prazos de implantação ou conclusão, objetivos e recursos necessários.

O plano de ação, apresentado no quadro 11, consta de oito medidas de ação, segundo as propostas no mapa do estado futuro, a serem implementadas.

Objetivo: atingir o estado proposto no Mapa Futuro					
O que fazer?	Por quê?	Onde?	Quem?	Como?	Quando?
Criar supermercado p/produtos provenientes de fornecedores	Torna-se mais ágil a entrega do material	Almoxarifado	Compra e produção	Comprando estruturas p/ armazenagem como forma de organizar estoques	Imediato
Criar supermercado na usina de concreto	Reduz tempo d/espera do material durante a moldagem	Usina de concreto	Operador/usina	Preparando o concreto após o sinal do operador da moldadora	Imediato
Capacitar e treinar funcionários	Conhecer o processo /importância de fazer certo, ganhando em tempo, evitando perda/retrabalho	Sala treinamento/empresa/chão-de-fábrica	RH/instrutores/ Gerente de produção	Palestras	Imediato
Disponibilizar equipamentos (ponte rolante)	Reduzir o tempo de moldagem	Setor de produção (chão-de-fábrica)	Gerente de produção	Programar para a retirar peças a tarde (final do processo de moldagem)	Imediato
Utilizar cronogramas e planejamento	Apurar controle d/produção, de acordo com meta	Setor de produção (chão-de-fábrica)	Gerentes/ encarregados do setor	Deixar em mural e comunicar todos sobre o cronograma do dia	Imediato
Instalar <i>andon</i> de alerta	Diminuir tempos de parada/máquina moldadora	Chão-de-fábrica (usina de concreto-durante o processo d/moldagem)	Operador/usina	Acionar antes de o concreto acabar	Imediato
Preparar operários multitarefa	Minimizar tempo de espera/e processos desnecessários	Setor de produção (chão-de-fábrica)	RH/encarregado do setor	Fornecer treinamento e capacitação	Imediato
Instalar QAP	Controlar a produção	Setor de produção (chão-de-fábrica)	Encarregado do setor	Preencher o quadro dia-a-dia	Imediato

Quadro 11 - Plano de ação (5W1H) no setor de laje alveolar

No seminário realizado na empresa, primeiramente foi relatado os principais problemas, local onde o fluxo é interrompido, explorando o que pode ser feito para melhorar o fluxo de valor,

com a possibilidade de reduzir problemas ou tratá-los como parte de um mesmo. Os atrasos de produção e mudança de planejamento foram relatados como principal problema. Como foi verificada no estudo exploratório, a empresa busca soluções, não sendo resistente às mudanças.

Algumas das ações (melhorias) apresentadas durante o seminário, ao engenheiro de produção, gerente e encarregado do setor, foram consideradas viáveis como, por exemplo, a capacitação e treinamento dos funcionários, a utilização do quadro de acompanhamento da produção, trariam resultados significativos de imediato. No entanto, consideram a participação dos operários indispensável ao processo das novas mudanças e para quais os objetivos a que se pretendem. Sugerem tratar as informações de forma simples e de fácil entendimento, para que os envolvidos tenham confiabilidade na implantação do plano. O acompanhamento da produção deve ser visto por todos, por meio de painéis e quadros de avisos, para a divulgação de forma transparente. Essas sugestões, já contemplam o plano de ações.

As palavras usadas no plano são desconhecidas para os envolvidos, recomendando treinamento como forma de capacitação dos operários, para adquirirem conhecimento sobre a empresa e sobre a ME. Quanto à mão-de-obra, o encarregado introduz o operador multifuncional e vem obtendo resultados satisfatórios, sem mesmo conhecer os princípios da ME.

Os responsáveis pela produção também relataram que, para o aproveitamento dessa ferramenta, visando a estabilidade da produção, é de grande importância cobrir toda a extensão das pistas (quatro), de forma que não haja interrupção da produção em dias de chuva, ou seja, não tenha influência no processo de produção. Porém, esta ação já está no plano dos diretores, mas não de imediato.

7 DIRETRIZES PARA A AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DE UM FLUXO DE VALOR SOB A PERSPECTIVA DA ME

7.1 ETAPAS PARA AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE

As diretrizes servem para avaliar tanto a estabilidade de processos quanto a estabilidade de operações. A função processo refere-se ao fluxo dos objetos do trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo dos materiais. A função operação, por sua vez, refere-se ao fluxo dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos) ao longo do tempo e do espaço.

Na avaliação da estabilidade da mão-de-obra, materiais, máquina e método foram empregados o mecanismo da função de produção, proposta por Shingo (1996), postulando que os sistemas de produção são entendidos como redes de processos e operações. Deste modo, mão-de-obra, máquina e método têm ênfase na avaliação da estabilidade das operações, enquanto a avaliação da estabilidade dos materiais tem ênfase na função processo.

No estudo de caso, a avaliação da estabilidade não ocorreu individualmente, para cada etapa do fluxo de valor. Isso impediu que fosse avaliado o impacto que a falta de estabilidade em uma etapa do fluxo provoca nas demais. De fato, enquanto alguns indicadores avaliavam a estabilidade na saída do fluxo de valor visto como um todo (por exemplo, taxa de produtos defeituosos após processamento), outros avaliavam a estabilidade em etapas internas do fluxo de valor (por exemplo, OEE) e outros, ainda, avaliavam a estabilidade nas entradas do fluxo (por exemplo, avaliação de fornecedores de materiais).

A figura 34 apresenta as etapas de avaliação da estabilidade de um fluxo de valor, as quais incluem, além da própria avaliação, passos que indicam como utilizar os resultados da mesma para melhoria do desempenho.

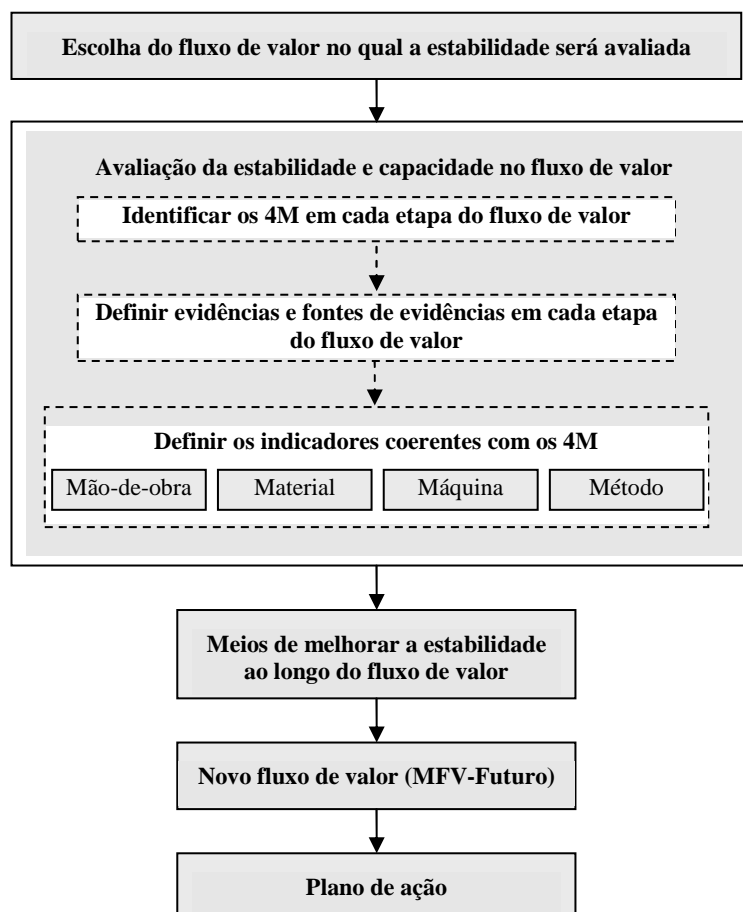


Figura 34 - Etapas para avaliar a estabilidade de um fluxo de valor

Para avaliar a estabilidade se faz necessário identificar as fontes de instabilidade, tanto nas atividades de processamento quanto na esperas de materiais.

7.2 CONSTRUÇÃO DO MFV DO ESTADO ATUAL

De acordo com a figura 7.1, as diretrizes possuem cinco fases de aplicação. A primeira fase de avaliação consiste na escolha do fluxo de valor cuja estabilidade será avaliada. Tal escolha pode ser baseada nos mesmos critérios propostos por Rother e Shook (2003) para definir qual fluxo de valor deve ser objeto de mapeamento. Assim, a partir da identificação de famílias de produtos, deve ser escolhida aquela mais representativa para a empresa em termos de volume de produção e faturamento.

O MFV do estado atual também pode seguir os mesmos procedimentos propostos por Rother e Shook (2003). Sob a perspectiva da avaliação da estabilidade, o MFV contribui, uma vez que permite uma representação gráfica dos elementos cuja estabilidade será avaliada, bem como permite inferir os impactos sistêmicos da falta de estabilidade em etapas específicas do fluxo de valor. Como uma adaptação em relação aos procedimentos originalmente propostos por Rother e Harris (2002), propõe-se que o MFV construído com o propósito de apoiar a avaliação da estabilidade inclua, na representação gráfica, os resultados dos indicadores associados a estabilidade dos 4 M.

7.3 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE E CAPACIDADE NO FLUXO DE VALOR

Como ponto de partida, recomenda-se que, em cada etapa do fluxo de valor, sejam identificados os elementos de produção associados aos 4M. Com os elementos identificados, sugere-se buscar informações sobre as evidências e fontes de evidências para avaliar a estabilidade de cada um dos elementos de produção, resultando na utilização de indicadores.

Para cada elemento, devem ser buscados indicadores qualitativos ou quantitativos que, conceitualmente, possuam vínculos com a estabilidade da etapa do fluxo. Tais indicadores, preferencialmente, devem ser baseados em dados já existentes na empresa, evitando esforço para coleta de novas informações. Por exemplo, no estudo de caso, o índice de absenteísmo foi calculado com base no relatório do sistema de extrato de horas, com informações já existentes na empresa. De outro lado, algumas informações para o cálculo da eficiência de equipamentos, tais como o tempo de paradas não programadas, precisaram ser geradas pela pesquisadora, pois não existiam. É provável que os indicadores também sejam dependentes das tecnologias adotadas em cada empresa. Por exemplo, um dos indicadores avaliados no estudo de caso (boas práticas de movimentação e armazenamento de materiais) é baseado em um *check list* aplicável somente à construção civil.

Vale salientar que os indicadores escolhidos devem atender a critérios genéricos de concepção e implantação de indicadores de desempenho, tais como aqueles propostos por Lantelme (1994): vínculo com o planejamento estratégico da empresa, definição de metas, definição de frequência de coleta; designação do responsável pela coleta dos dados; definição de procedimentos de disseminação dos resultados.

Assim, é preciso verificar os indicadores mencionados na literatura, identificando os que já são utilizados em setores similares ao que está sendo estudado. Para que esta escolha seja

coerente com os propósitos da avaliação, é necessário ter clareza sobre o que avaliar; como avaliar; por quanto tempo avaliar; por que avaliar; e de que maneira serão expostos os resultados.

O estudo de caso indicou que, complementarmente à avaliação da estabilidade, é necessário também avaliar a capacidade de cada etapa do fluxo de valor. De fato, é possível que a etapa seja estável, mas não seja confiável, ou seja, não tenha capacidade de atingir as metas necessárias para atender clientes internos e externos. Embora a literatura sobre implantação da PE (LIKER; MEIER, 2007; LIKER, 2005; LIB, 2003; GHINATO, 2000) enfatize a estabilidade como um pré-requisito para a sua implantação, o estudo de caso deixou claro que a capacidade também é pré-requisito indispensável.

7.3.1 Coleta dos indicadores para avaliar estabilidade e capacidade

O procedimento proposto para avaliar a estabilidade e capacidade requer uma série histórica de dados de cada indicador, a partir da qual podem ser identificadas causas especiais que prejudicam tanto a estabilidade quanto a capacidade. O fato de uma série histórica de dados ser necessária, o que por vezes implica em dados correspondentes a vários meses, é uma limitação importante para avaliação da estabilidade. De fato, isso implica em uma avaliação bastante reativa para alguns indicadores, na medida em que a situação ideal seria uma avaliação em intervalos pequenos (por exemplo, diária ou por turno). Em particular, indicadores como rotatividade da mão-de-obra e avaliação de fornecedores são tipicamente coletados em intervalos mensais.

Os resultados dos indicadores associados à estabilidade deveriam ser analisados de forma participativa entre os responsáveis pela produção e pelo departamento comercial, ou seja, o gerente de produção, encarregados da produção e o gerente comercial, e analisados para que o indicador transmita as implicações e desafios do comportamento do processo produtivo.

7.4 PRÁTICAS PARA MELHORIA DA ESTABILIDADE E CAPACIDADE

Uma vez que a estabilidade e a capacidade tenham sido avaliadas, a etapa seguinte é o planejamento de ações para melhorá-las. Nesse momento, práticas típicas da produção enxuta podem ser consideradas como alternativas.

Em particular, devem ser observadas quais práticas *lean* requerem que o processo já esteja estável antes da implantação e quais práticas contribuem para estabilizar o processo. São

exemplos de práticas que dão estabilidade aos processos, o programa 5S, o *kaizen*, a flexibilização da mão-de-obra, a integração da cadeia de fornecedores, a manutenção produtiva total, o gerenciamento visual e o trabalho padronizado. Como práticas que precisam ter o processo estável, são exemplos os trabalhos de acordo com o *takt time*, o fornecimento *just in time* e o *andon*.

7.5 PROPOSTA DO NOVO FLUXO DE VALOR E PLANO DE AÇÃO

Após identificar as melhorias necessárias, a fim de obter um processo estável e capaz, o MFV do estado futuro deve ser proposto, com base nas oito perguntas sugeridas por Rother e Shook (2003).

Com as informações obtidas no mapa do estado atual e no mapa do estado futuro, são lançadas propostas de ação para implantação do MFV do estado futuro. Nessa etapa, pode ser adotada a ferramenta 5W1H, definindo responsabilidades para cada tarefa, métodos, prazos de implantação ou conclusão, objetivos e recursos necessários.

Assim que o plano de ação for aprovado e o estado futuro for uma realidade, deve-se reiniciar o processo sendo que estado atual, já que passa a incorporar as melhorias já inseridas, o estado futuro atingido deve ser gerado, seguindo um novo plano de ação. Logo, o ciclo de melhoria contínua se estabelece.

Com a aplicação deste plano espera-se melhorar o processo, reduzindo as ocorrências de interrupções e reduzir a variabilidade no processo. De fato, definir metas é essencial para um bom andamento do plano de ação com intuito de cobranças posteriores.

8 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTURO

8.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Esta tese teve como objetivo geral desenvolver diretrizes para avaliar a estabilidade de um fluxo de valor, sob a perspectiva dos princípios e ferramentas da mentalidade enxuta. A questão de pesquisa secundária que nortearam a realização do trabalho foi: **a)** quais são os potenciais indicadores para a avaliação de um fluxo de valor de pré-fabricados para a construção civil?

Embora vários estudos anteriores enfatizem que a estabilidade é um pré-requisito para a implantação de determinadas práticas e princípios *lean*, a literatura não apresenta recomendações acerca de como a estabilidade pode ser avaliada, nem acerca de como identificar o nível satisfatório de estabilidade que permita o avanço da ME. No entanto, o estudo de caso esclareceu que a avaliação da capacidade é um pré-requisito, ou uma variável, indispensável sob a perspectiva da ME. Em particular, foi utilizada e estimativa robusta para avaliar a estabilidade e capacidade dos 4 elementos existentes nos sistemas de manufatura, visto que a literatura sobre ME apontava, com base em experiências práticas de implantação da ME, que nesses 4 elementos se concentravam as fontes de instabilidades.

O uso da ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MFV) foi integrado às diretrizes propostas, visto que a mesma permitia identificar quais eram as etapas do fluxo para, a partir disso, identificar os elementos constituintes dos 4M em cada etapa, estabelecendo os objetos de avaliação da estabilidade. Além disso, o MFV permite a representação gráfica do fluxo de valor e, principalmente, possui uma lógica de melhoria contínua. Essa última característica

permite que, após a avaliação da estabilidade, sejam questionados os meios para melhorar a mesma, por meio da elaboração do mapa do estado futuro.

As diretrizes propostas foram simultaneamente desenvolvidas e testadas em um estudo de caso em uma fábrica de pré-moldados para a construção civil. Na sua etapa exploratória, o estudo de caso permitiu visualizar e compreender de forma sistêmica o fluxo de valor objeto de investigação. Em particular, tal etapa possibilitou a identificação de possíveis indicadores para avaliação da estabilidade dos 4M.

Durante a etapa principal do estudo de caso, na qual foram aplicados os indicadores, percebeu-se que todas as fontes de instabilidades detectadas poderiam ser vinculadas a um ou mais dos 4M. De fato, os 4M parecem ser categorias que refletem os impactos das mais variadas fontes de instabilidade. Por exemplo, no estudo de caso, uma das principais fontes de instabilidade era decorrente do fato das pistas de moldagem estar a céu aberto, interrompendo o processo em dias de chuva. Nesse caso, esse problema afetava a estabilidade das máquinas, visto que havia risco de acidentes caso elas operassem sob chuva, bem como afetava a estabilidade dos materiais, visto que o volume de produção era reduzido. De outro lado, os métodos de trabalho sofriam variação devido à chuva, o mesmo valendo para a mão-de-obra, que continuava disponível mesmo com chuva.

Outra fonte de instabilidade identificada era em função do fato das mesmas pontes rolantes serem utilizadas tanto no processo de produção das lajes, como na remoção da laje para o caminhão. Para esse caso, o problema da utilização da ponte rolante comprometia tanto a estabilidade dos materiais quanto das máquinas, visto que o concreto não era produzido, uma vez que não havia meio de transportá-lo até a máquina de moldagem. Da mesma forma, a estabilidade da mão-de-obra e dos métodos sofria variações.

Cabe enfatizar os elementos das diretrizes de avaliação que atendem ao objetivo secundário enunciado como propor indicadores para avaliação de um fluxo de valor de pré-fabricados para a construção civil. Os indicadores utilizados para a mão-de-obra ocorreram a partir do levantamento do absenteísmo; rotatividade e multifuncionalidade. Estes três indicadores fazem parte do planejamento dos recursos humanos, e está diretamente atrelada à produtividade do trabalhador, repercutindo tanto na produção, como no clima organizacional e no relacionamento interpessoal. Por isso podem ser considerados fatores imprevisíveis, negativos tanto para organização quanto para o empregado.

Para o material os indicadores consistiram na avaliação de fornecedores; movimentação e armazenamento de materiais; produção real x planejada e produtos defeituosos. Os dois primeiros indicadores tem a vantagem de apontar as deficiências que precisam ser melhoradas, tanto do fornecedor como da empresa. É importante salientar que, as políticas de relacionamento, entre empresa e fornecedores, devem estar alinhadas às estratégias organizacionais, necessitando obter um sistema estruturado capaz de mensurar a capacidade do fornecedor. Já, o indicador utilizado para a máquina ocorreu a partir de Eficiência Global do Equipamento (OEE), sendo que a partir deste índice, perceberam-se as razões pelas quais as máquinas não trabalham (paradas involuntárias, não programadas), sendo esta uma informação importante para a estabilidade do processo. A desvantagem deste indicador foi compreender que o equipamento não está trabalhando como deveria, pois a máquina quebrava durante os horários de produção. Outras desvantagens estavam relacionadas às manutenções que precisam ser implantadas, pois requerem mecânicos eficazes e treinados, assim como um plano de manutenção. E por fim, o indicador utilizado no método, foi o procedimento de processo para laje. As vantagens, em utilizar este indicador, foram verificar se os procedimentos realizados na produção da laje estão sendo cumpridos e, se houve redução de variabilidade no procedimento.

O estudo de caso comprovou com a literatura a relação entre as práticas da mentalidade enxuta que contribuem significativamente para estabilizar e manter os processos capazes, assim como, aquelas práticas cuja implantação requer processos estáveis e capazes. Estas melhorias ficaram mais evidentes em relação às seguintes práticas que dão estabilidade aos processos: 5S, *kaizen*, flexibilização da mão-de-obra, fornecimento *just in time*, integração da cadeia de fornecedores, manutenção produtiva total, gerenciamento visual e trabalho padronizado. Ainda no âmbito das práticas, outras melhorias podem ser salientadas para que processo esteja estabilizado, como o *just in time*, trabalhar de acordo com o *takt time* e *andon*. Cabe reconhecer que o cenário do estudo de caso foi limitante com as práticas da ME. Caso a empresa estudada possuísse mais práticas da ME, provavelmente teria sido possível a identificação de bons exemplos de melhorias, o que teria contribuído para o aprimoramento das diretrizes.

Ao fim do estudo exploratório e do estudo de caso foram propostas as diretrizes para avaliação da estabilidade do fluxo de valor de pré-fabricados de concreto, sob a perspectiva dos princípios e ferramentas da ME. Considerou-se que o processo de avaliação possui cinco

etapas: MFV do estado atual; avaliação da estabilidade e capacidade, por meio dos 4M; melhorias que contribuem para a estabilidade; MFV do estado futuro e; por fim o plano de ação.

8.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no estudo realizado são apresentadas as seguintes recomendações para futuros trabalhos:

- Aplicar as diretrizes de estabilidade em outros setores, bem como em fluxos de valor estendidos, que englobem também os processos de fornecedores e clientes;
- Avaliar a estabilidade em processos gerenciais, verificando a aplicabilidade dos 4M neste contexto;
- Desenvolver modelos que permitam avaliar o impacto da falta de estabilidade em etapas individuais do fluxo de valor sobre as demais etapas;
- Desenvolver recomendações para identificar o nível de estabilidade adequado para a implantação de cada prática da produção enxuta;
- Conjuguar todos os indicadores para avaliar a estabilidade globalmente, no fluxo de valor, ao menos para cada um dos 4M.

REFERÊNCIAS

AHLSTRÖM, P. Sequences in the implementation of lean production. **European Management Journal**, v. 16, n. 3, p. 327-334, 1998.

ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JUNIOR, A. V. J. *Takt-time*: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão e Produção**, São Carlo, v.8 n.1, abr. 2001.

ANTUNES JÚNIOR, J. A. V.; KLIPPEL, M. Análise crítica do inter-relacionamento das perdas e dos subsistemas do Sistema Toyota de Produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 22, 2002, Curitiba. **Anais do XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**.

ARNOLD, Tony J. R. **Administração de materiais**. São Paulo: Atlas, 1999.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: Stabilizing work flow. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997. p. 101-110.

BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. Birmingham, 2000. Ph.D. Tesis. School of Civil Engineering. Faculty of Engineering. The University of Birmingham.

BALLÉ, M.; RÉGNIER, A. **Lean as a learning system in a hospital ward**. *Leadership in Health Services*, v. 20, n. 1, pp. 33-41, 2007.

BEER, P. F.; JOHNSTON JR., E. R. **Resistência dos materiais**. 3. ed. Makron Books, 1995.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para empresas de construção**. Tese (Doutorado) - PPGEC/UFRGS, Porto Alegre, 2001.

BOND, E.; CARPINETTI, L. C. R.; REZENDE, S. O.; NAGAI, W. A.; OLIVEIRA, R. B. T.; Data Warehouse Aplicado as Informações de Chão de Fábrica para Otimizar a Gestão da Demanda. **Anais do COBEM-2001 - 16th Brazilian Congress of Mechanical Engineering**, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil, 2001, 8 páginas (CD).

BORCHARDT, M. **Diretrizes para a implementação dos princípios da Mentalidade Enxuta**: o caso das empresas de transporte coletivo rodoviário urbano. Florianópolis, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2005.

BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta**. Campinas, 2009. Tese (Doutorado)-Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP, 2009.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia/** Vicente Falconi Campos. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CARDOZA, E.; CARPINETTI, L. C. R. Indicadores de desempenho para produção enxuta. **Revista produção on line**, v. 5, n. 2. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, junho de 2005.

CARRARO, R. V. **Avaliação de um processo de implantação da mentalidade enxuta e seu desempenho no fluxo de valor: um estudo de caso**. 2005. Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração – ECASE, Universidade de Taubaté, Taubaté.

CARVALHO; M. M; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. São Paulo: Campus, 2006.

CHENG, T. C. E.; PODOLSKY, S. **Just-in-time manufacturing: An introduction**. U.K.: Chapman & Hall, 1993.

CHIAVENATO, I. **Iniciação à Administração da Produção**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

CHIAVENATO, I. **Gestão de pessoas**. O novo papel de recursos humanos nas organizações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas de construção civil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; LIMA, H. M. R.; BARTH, K. B. **Sistema de Indicadores para benchmarking na construção civil: manual de utilização**. NORIE/UFRGS, Porto Alegre, set. 2005.

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos**. Tradução Francisco Roque Monteiro Leite. São Paulo: Pioneira, 1997.

DENNIS, P. **Produção Lean simplificada**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais**. São Paulo, Atlas, 1993.

DYER, J. H.; HATCH, N. W. **A Toyota e as redes de aprendizado**, MIT: Sloan Management Review, Dez. 2004.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações**. São Carlos, SP, EESC-USP, 2000.

FALCÃO, A. S. G. **Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

FERNANDES, F.C.; GODINHO FILHO, M.; DIAS, F. T. Proposta de um método baseado em indicadores de desempenho para avaliação de princípios relativos a manufatura enxuta. **XXV Encontro Nacional de Engenharias de Produção**. Porto Alegre, RS, 29 out a 01 de nov de 2005.

FOGLIATTO, F. S., RIBEIRO, J. L. D. *Confiabilidade e Manutenção Industrial*. São Paulo: Campus-Elsevier, 2009. p. 288.

FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil - Aplicação de macro mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio**. Campinas, São Paulo, 2004. 259 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

FORMOSO, C. T.; SANTOS, A.; POWELL, J. An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites, **Journal of Construction Research**, v.3 n.1, p. 35-54, 2002.

GALLARDO, C. **Princípios e ferramentas do *lean thinking* na estabilização básica: diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricadas**. Campinas, 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Departamento de Arquitetura e Construção. Campinas, 2007.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção**: mais do que simplesmente *just-in-time*. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1996.

GHINATO, P. Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: **Produção e Competitividade**: aplicações e inovações. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.

GODINHO FILHO, M. **Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura: configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. (2004). Tese de Doutorado. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

GURGEL, F. A. **administração dos fluxos de materiais e de produtos**. São Paulo, Editora Atlas, 1996.

HUNTZINGER, J. **As raízes do *Lean***. Disponível em: <http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_21>. Tradução de Odier Tadashi. Acesso em: abr 2008.

IMAI, M. **Gemba-kaizen**: estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica. São Paulo: IMAM, 1996.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T.C.L. **Lean construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre/RS: Sebrae/RS, 2000. 175 p. (Sebrae Construção Civil).

ISHIKAWA, K. **Controle da qualidade total à maneira japonesa**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JACKSON, T.; JONES, K. **Implementing a lean management system**. Portland: Productivity Press, 1996.

KAMADA, S. **Estabilidade na produção da Toyota do Brasil**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/download/artigo_44.pdf>. Acesso em: maio 2008.

KARLSSON, C.; AHLSTRÖM, P. Assessing changes towards lean production. **International Journal of Operations and Production Management**. v.16, 1996.

KISHIDA, M.; SILVA, A.; GUERRA, E. **Benefícios da implementação do Trabalho Padronizado na ThyssenKrupp**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/download/artigo_37.pdf> Acesso em: 07 fev. 2008.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, EUA: *Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE)*, 1992. (Technical Report, n. 72).

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 298 p. Tese (Doctor of Philosophy) - VTT Technical Research Centre of Finland. Helsinki University of Technology: Espoo, 2000.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L. **Operations Management, Strategy and Analysis**. 5. ed. New York: Addison-Wesley, 1999.

LACOMBE, F. J. M.; HEILBORN, L. J. **Administração**. Princípios e tendências. São Paulo: Saraiva, 2003.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2001.

LANTELME, E. M. V, TZORTZOPOULOS, P; FORMOSO, C. T **Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil** (Relatório de pesquisa do Projeto Gestão da Qualidade na Construção Civil). Porto Alegre: NORIE-UFRGS/ FINEP- Programa Habitare, 2001.

LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB). **Léxico Lean**: glossário ilustrado para praticantes do Pensamento *Lean*. São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 2003. 97 p.

LEAN ENTERPRISE MODEL – LEM (1998). Disponível em: <http://web.mit.edu/lean/>. Acessado em 14/04/2009.

LEE, J. B.; ERICKSEN, L. R. The effects of a policy change on three types of absence. **Journal of Nursing Administration**, v. 20, n.7/8,p.37-40, Jul./Aug.1990.

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

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota**: manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MCGEE, D. Lean and Six Sigma: A Holistic Approach to Process Improvement. In.: ASQ-American Society for Quality Congress, **Proceedings...** Denver, USA, nov. 2005.

MELO, C. E.E. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto**, 2004.

MENGARDA, G. T.; SILVA FILHO, J. L. F. da. **Importância da gestão do turnover**. Disponível em: <<http://www.rh.com.br>>. Acesso em 23 de abril de 2010.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2004.

MOREIRA, D. A. **Dimensões de desempenho em manufatura e serviços**. São Paulo: Ed. Pioneira, 1996, 111p.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NAVARRO, G. P. **Proposta de sistema de indicadores de desempenho para a gestão da produção em empreendimentos de edificações residenciais**. Dissertação (Mestrado profissional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

NIEPCE, W.; MOLLEMAN, E. Work design issues in Lean Production from a Sociotechnical Systems Perspective: Neo-Taylorism or the Next Step in Sociotechnical Design. **Human Relations**, vol.51, n.3, 1998, p. 259-287.

NOGUEIRA, D. P. **Absentismo-doença**: aspectos epidemiológicos. Tese (Doutorado) Faculdade de Saúde Pública/USP, São Paulo, 1980.

NOGUEIRA, D. P.; AZEVEDO, C. A. B. Absenteísmo – doença em mulheres. **Rev. Bras. Saúde Ocup.**, v. 38, n. 10, p. 48-51, 1982

NOGUEIRA, M. G. S. **Proposta de método para avaliação de desempenho de práticas da produção enxuta – ADPPE**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NORIE. **Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação**. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/norie/indicadores/frame_lista1.htm>. Acesso em: jan. 2010.

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

PASA, G. S. **Uma abordagem para avaliar a consistência teórica de sistemas produtivos**. 2004. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Construction Sites: Using Lean Principles to Seek Broader Implementations. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Elsinore, Denmark. **Proceedings**. Elsinore: IGLC, 2004.

PINTO, L. F. R. **Sistema de gestão visual aplicada ao TPM: uma abordagem prática**. trabalho de diploma referente ao curso de engenharia de produção – Universidade Federal de Itajubá, 2003.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

POMI, R. M. **A importância da Gestão do turnover**. Disponível em: <http://www.rh.com.br/Portal/Relacao_Trabalhista/Entrevista/3998/a-importancia-da-gestao-do-turnover.html#> Acesso em: 2010.

RAMOS, A. W. **CEP para processo contínuo e em bateladas**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

RENTES, A. F. **TransMeth: proposta de uma metodologia para condução de processos de transformação de empresas**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2000.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. ten. **Projeto de experimentos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, 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, 2002.

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.

SAE INTERNATIONAL. Disponível em: <http://www.sae.org/technical/papers/>. Acessado em 05/10/2009.

SALES, A. S. F. **Logística na cadeia de suprimentos da indústria automobilística: projeto de racionalização do fluxo de informações de materiais**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 152 p. 2000.

SÁNCHEZ, M. A.; PÉREZ, M. P. Lean Indicators and Manufacturing Strategies. **International Journal of Operations e Production Management**. v. 21, n. 11, p. 1433-1451, 2001.

SANTOS, A. **Application of Production Management Flow Principles in Construction Sites**. 1999. Thesis (PhD) – School of Construction and Property Management, The University of Salford, UK, 1999.

SANTOS, R. B. **Avaliação da aplicação da teoria das restrições no processo de planejamento e controle da produção de obras de edificações.** 2001, 182p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Porto Alegre.

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

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

SINK D. S.; TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para performance.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade em manufatura.** São Paulo: Ed. Atlas, 1993, 193p.

SMALLEY, A. *Basic Stability is Basic to Lean Manufacturing Success.* Disponível em: <http://www.lean.org/Library/Creating_Level_Pull_Article_1.pdf> Acesso em: 09 abr. 2008.

SMALLEY, A. **Criando o sistema puxado nivelado.** Lean Institute Brasil, 2004.

SMALLEY, A. **TPM no Coração do Lean.** Disponível em: <http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_23>. Acesso em: jul 2008.

SOMMER, W.A. **Avaliação da qualidade.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2000.

SORIANO-MEIER; H.; FORRESTER, P. L. A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms. **Integrated Manufacturing System.** Vol 13, n. 2, p. 104-110. Bradford, 2002.

SOUZA, G.B. **Manipulação magistral de medicamentos em pediatria.** São Paulo: PharmaBooks, 2003.

SOUZA, L. P. F.; OLIVEIRA, M. S.; CAMPOS, C. M. M. Utilização de software de controle estatístico de processo (CEP) para laboratórios de controle da poluição. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, Edição Especial, p.1597-1606, dez., 2003.

SOUZA, R. et al. Indicadores da qualidade e produtividade. In: **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo: PINI, 1994. mód. 11, p. 219-230.

SPEAR, S; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review,** Boston, v. 77, p. 96-106, Sep/Oct, 1999.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total.** São Paulo: IMAM, 1993.

TAKAMI, M. Y. **Aplicações da teoria de opções à análise da estabilidade financeira**. 125p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006

TAKASHINA, N. T. **Indicadores da qualidade e do desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

TREVILLE, S; ANTONAKIS, J. Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 2, p. 99-123, 2005.

VASILASH, G. S. From NUMMI to MIT to Ford to Hyundai: John Krafcik; The man who helped define "lean" is now helping Hyundai gain ground in the U.S. market by heading up the company's Corporate Planning Div. **Automotive Design & Production**, Jan 2005. Disponível em: <http://findarticles.com/p/articles/mi_m0KJI/is_1_117/ai_n9537922/pg_3> Acesso em: maio 2008.

VIANA, J. J. **Administração de materiais**: uma abordagem logística. São Paulo: Atlas, 1998.

VIEIRA, M. G. **Aplicação do mapeamento de fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

VOSS, C., TSIKRIKTSIS, N. E FROHLICH, M. Case Research in: Operations Management – **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, pp-195-219. 2002.

WAGNER III, J.; HOLLENBECK, J. R. **Comportamento organizacional**. São Paulo: Saraiva, 2003.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: UFMG; Fundação Christiano Ottoni, 1995.

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

WOMACK, J.; JONES D. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Roteiro de entrevista - Gerente recursos humanos**Questionamentos**

- 1** Qual o número de treinamentos a que os funcionários são submetidos antes da contratação?
- 2** Qual o número de treinamentos dado aos funcionários durante o ano?
- 3** A empresa tem algum incentivo financeiro ou premiação pelo grau de flexibilidade dos funcionários?
- 4** Com que frequência (ou percentual) os funcionários fazem rotação nas atividades?
- 5** O funcionário é capaz de realizar diversas atividades ou operar mais de uma máquina?
- 6** A empresa faz uso de algum indicador de mão-de-obra?

APÊNDICE B – Roteiro de entrevista - Gerente da produção**Questionamentos**

- 1** Como é feita a programação diária da produção?
- 2** A empresa possui procedimento, por escrito, que descrevem o conteúdo, movimento, tempo e resultados de todas as atividades a serem executadas? (rotinas-padrão) documento
- 3** A empresa possui documento com as seqüências de operações a serem realizadas permitindo a repetição de cada ciclo? (folhas de operação-padrão)
- 4** Caso afirmativo, esse documento apresenta o tempo *takt* e o tempo de ciclo?
- 5** Esse documento é revisado em algum período de tempo?
- 6** Como são identificados os problemas que dão início ao encadeamento de outros acontecimentos? (causas-raiz)
- 7** Existe documentação sobre produtos conformes ou não-conformes?
- 8** A empresa faz uso de indicadores de processo e resultados relativos à qualidade?

APÊNDICE C – Roteiro de entrevista - Gerente comercial**Questionamentos**

- 1 Qual a família de produtos mais representativa para a empresa, em volume de produção?
- 2 Quantos m² a empresa vende desse produto?
- 3 Qual a estimativa de dias de trabalho por mês?
- 4 Qual o prazo de entrega do produto após a venda?

APÊNDICE D – Avaliação de fornecedores de materiais

Ficha de Caracterização de Fornecedores de Materiais						
01. Nome do Fabricante						
02 Tipo de Fornecedor () Revendedor () Fabricante () Outro						
03 Material Fornecido						
04. Período da Coleta		Data de início:		Data final		
05 Número de avaliações						
06 Coletado por			07 Função			
08 Existe algum tipo de certificação de qualidade do produto:						
() Certificação dentro dos moldes de avaliação de conformidade, estabelecidos pelo INMETRO						
() Produtos conformes, de acordo com o PSQ (PBQP-H)						
() Não possui certificação de qualidade						
() Outra forma de certificação						
Marque com um "X" a coluna correspondente a sua opinião						
Nível de satisfação	FI	I	N	S	FS	NA
Avaliação de Fornecedores de Materiais:						
SETOR DE SUPRIMENTOS:						
AFM1. Preço e Forma de Pagamento						
1.1 Preço						
1.2 Forma de pagamento						
AFM2. Atendimento na Compra						
CANTEIRO DE OBRA						
AFM3. Qualidade Intrínseca do Material						
Cite os principais problemas encontrados na qualidade do material, caso tenha identificado algum						
AFM4. Qualidade na Entrega						
4.1 Conformidade da nota fiscal em relação à ordem de compra						
4.2 Conformidade do material em relação às especificações de compra						
4.3 Pontualidade na entrega						
4.4 Qualidade na operação de descarregamento						
ASSISTÊNCIA TÉCNICA:						
AFM5. Assistência Técnica						
5.1. Durante a obra						
5.2. Após a entrega						
Total						

Expressão Numérica do Nível de Satisfação	FI Fortemente Insatisfeito	0,0
	I Insatisfeito	2,5
	N Nem satisfeito nem insatisfeito	5,0
	S Satisfeito	7,5
	FS Fortemente Satisfeito	10,0

APÊNDICE E - Lista de verificação de boas práticas em transporte e armazenamento de materiais

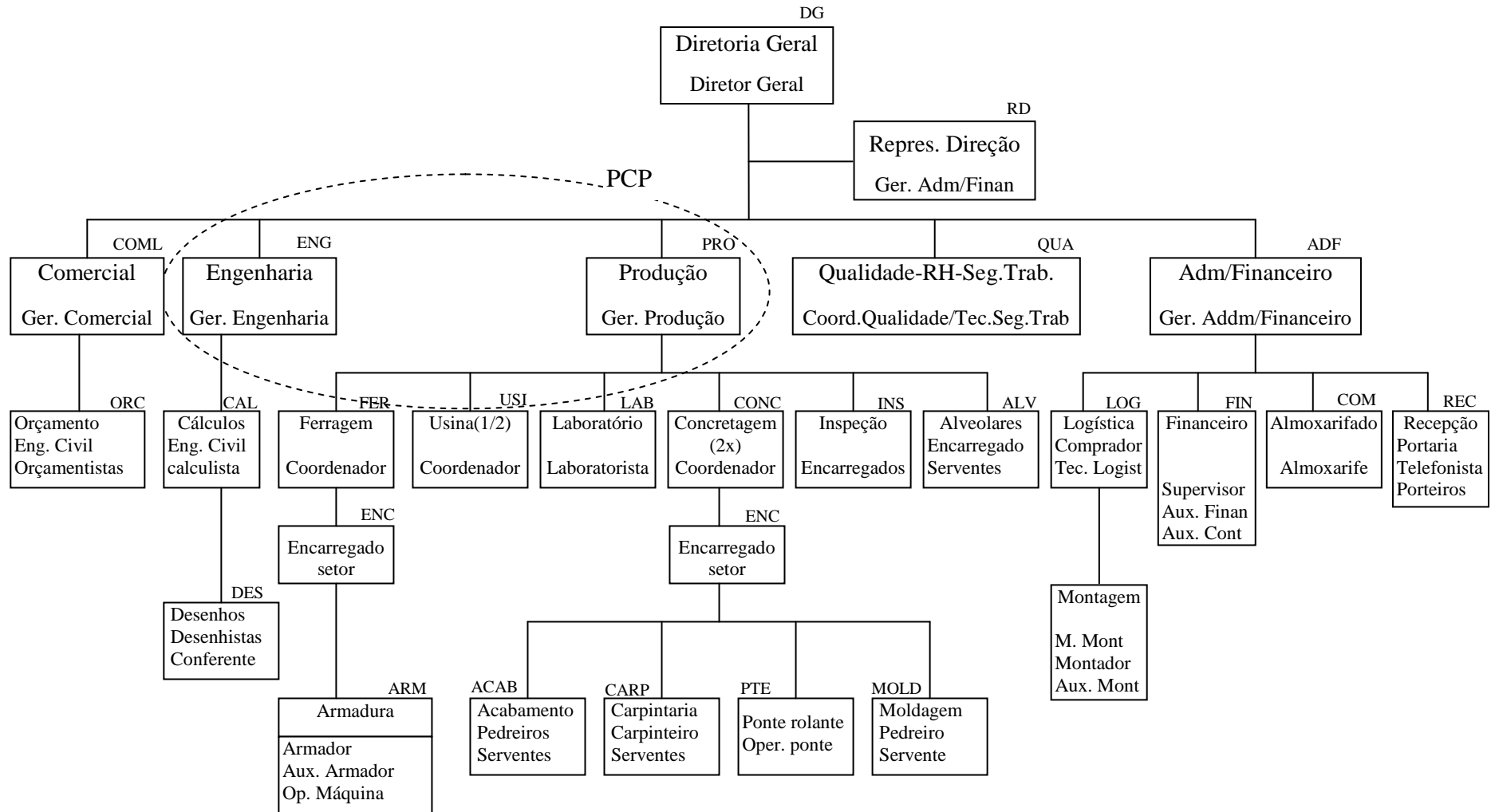
C) SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS	S	N	NA
C1) VIAS DE CIRCULAÇÃO			
C1.1) Há contrapiso nas áreas de circulação de materiais ou pessoas		x	
C1.2) Existe cobertura para transporte de materiais da betoneira até o guincho		x	
C1.3) É permitido o trânsito de carrinhos/gericas perto dos estoques em que tais equipamentos fazem-se necessários		x	
C1.4) Há caminhos previamente definidos para os principais fluxos de materiais, próximo ao guincho, e nas áreas de produção de argamassa e armazenamento	x		
Obs:			
C2) ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS			
CIMENTO			
C2.1) Existe estrado sob o estoque de cimento			x
C2.2) As pilhas de cimento têm no máximo 10 sacos			x
C2.3) O estoque está protegido da umidade em depósito fechado e coberto.(Caso não exista depósito há cobertura com lona ou outro dispositivo)	x		
C2.4) É praticada estocagem do tipo PEPS (o primeiro saco à entrar é o primeiro à sair), utilizando, por exemplo, marcação da data de entrega em cada saco	x		
C2.5) No caso das pilhas estarem adjacentes à paredes (do depósito ou não), há uma distância mínima de 0,30 m para permitir a circulação de ar			x
Obs:			
AGREGADOS E ARGAMASSA			
C2.6) As baias para areia/brita/argamassa têm contenção em três lados	x		
C2.7) As baias têm fundos cimentados para evitar contaminação do estoque		x	
C2.8) A areia é descarregada no local definitivo de armazenagem (não há duplo manuseio)	x		
C2.9) A argamassa é descarregada no local definitivo de armazenagem (não há duplo manuseio)			x
C2.10) As baias de areia e argamassa estão em locais protegidos da chuva ou tem cobertura com lona		x	
C2.11) As baias de areia e argamassa estão próximas da betoneira • Estime as distâncias em metros: <u> 3,0 m </u>	x		
Obs:			
AÇO			
C2.24) O aço é protegido do contato com o solo, sendo colocado sobre pontalotes de madeira e uma camada de brita	x		
C2.25) Caso as barras estejam em local descoberto, há cobertura com lona			x
C2.26) As barras de aço são separadas e identificadas de acordo com a bitola (NR-18)	x		
Obs:			
C3) PRODUÇÃO DE ARGAMASSA/CONCRETO			
C3.1) A betoneira está próxima do guincho • estime a distância em metros : <u> 1.0 m </u>	x		
C3.2) A betoneira descarrega diretamente nos carrinhos/masseiras	x		
C3.3) Há indicações de traço para a produção de argamassa, e as mesmas estão em local visível			x
C3.4) A dosagem do cimento é feita por peso	x		
C3.5) A dosagem da areia é feita com equipamento dosador (padiola, carrinho dosador ou equipamento semelhante que padronize a dosagem)	x		
C3.6) A dosagem da água é feita com equipamento dosador (recipiente graduado, caixa de descarga ou dispositivo semelhante)	x		
Obs:			
NOTA DE MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS			
PONTOS POSSÍVEIS (PP) (18)	PONTOS OBTIDOS (PO) (13)	NOTA: (PO / PP) X 10	
Nota Global do Canteiro: 7,22			

APÊNDICE F - Lista verificação de aderência dos procedimentos dos processos

Projeto/Peça: P42			Responsável pelo preenchimento: Autora																				
Local de coleta dos dados: Setor produtivo-laje alveolar			Período: 05/10 a 09/10/2009																				
			05/10				06/10				07/10				08/10				09/10				
Nº	Item		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	LIMPEZA DA PISTA	1.1 Varrer			1	1							1				1					1	
		1.2 Lavar			2	2							2				2					2	
		1.3 Tirar o excesso de água			3	3							3				3					3	
2	APLICAÇÃO DO DESMOLDANTE	2.1 Aplicar com balde			1	1							1				1					1	
		2.2 Espalhar com rodo			2	2							2				2					2	
3	DISTRIBUIÇÃO DAS CORDOALHAS	3.1 Ancoragem (cortar, posicionar ao lado da pista, fixar)			1	1				1			1				1					1	
		3.2 Protensão(medir, instalar cabos para segurança, posicionar macaco de protensão)			2	2				2			2				2					2	
4	MOLDAGEM DA PISTA	4.1 Preparação do concreto	1		1								1	1							1		
		4.2 Posicionar e acionar a máquina no início da pista	2		2								2	2							2		
		4.3 Abastecer a caçamba com concreto	3		3								3	3							3		
		4.4 Iniciar a moldagem	4		4								4	4							4		
		4.5 Tirar excesso	5		5								5	5							5		
		4.6 Marcação dos recortes	6		6								6	6							6		
5	LAVAGEM/ ORGANIZAÇÃO DA MÁQUINA	5.1 Limpar e lavar com água a moldadora e caçamba	1		1								1	1							1		
		5.2 Aplicar o desmoldante: nos tubos, caçamba superior e traseira, e vibradores	2		2								2	2							2		
6	DESPROTENSÃO DAS CORDOALHAS	6.1 Posicionar os cilindros de desprotensão na ancoragem da pista		1		1	1								1							1	1
		6.2 Acionar os cilindros para liberar as maletas (bomba manual)		2		2	2								2							2	2
		6.3 Aliviar a pressão dos cilindros (desprotensão s cordoalhas)		3		3	3								3							3	3
		6.4 Cortar as cordoalhas nos dois lados da pista		4		4	4								4							4	4
7	CORTE DAS PEÇAS	7.1 Corte nas marcações (projeto)		1		1	1							1	1								1
8	INSPEÇÃO FINAL	8.1 Verificar a existência de defeitos nas peças		1	1	1							1	1							1	1	

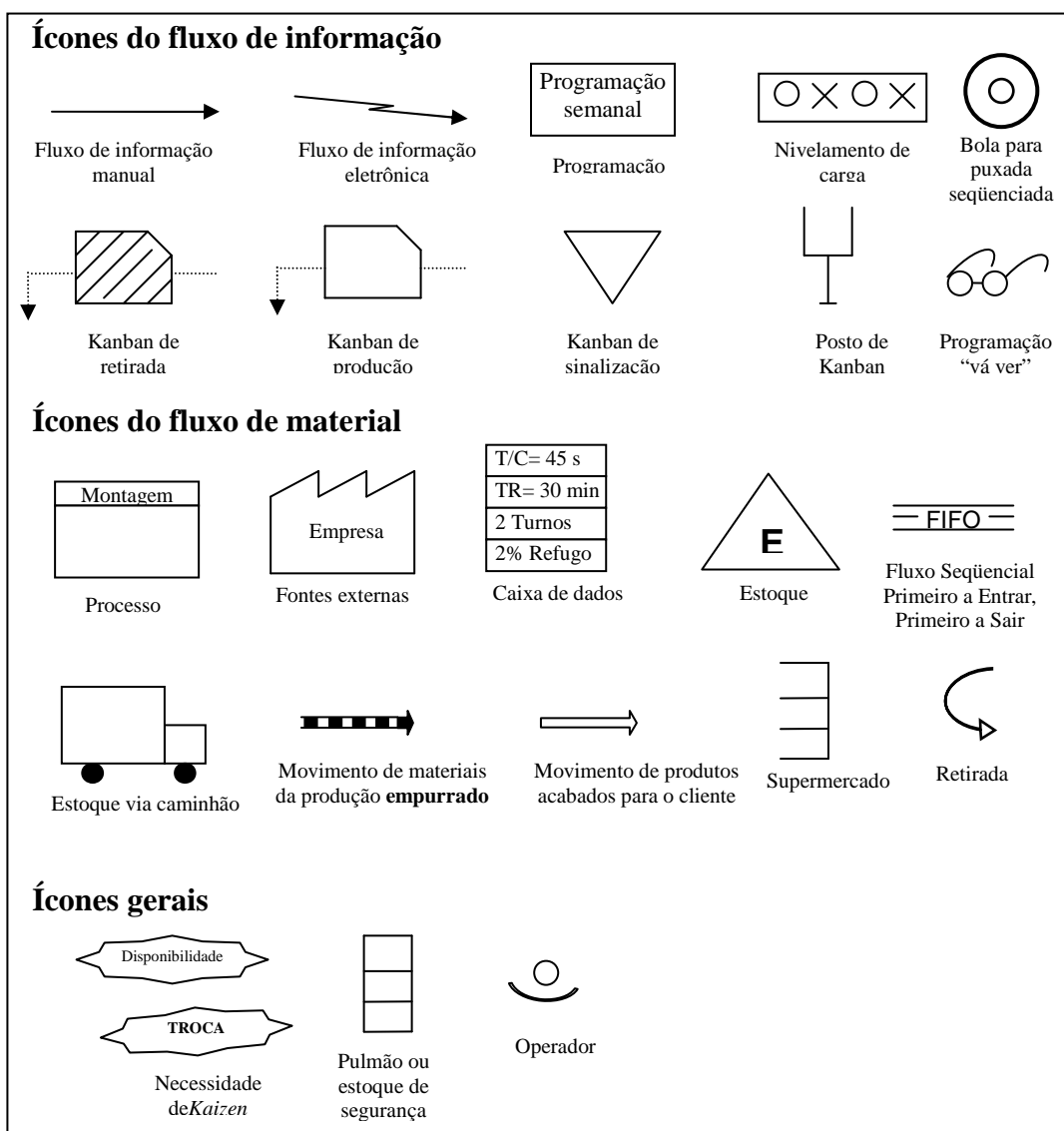
APÊNDICE G – Organograma da empresa do estudo de caso

ORGANOGRAMA GERAL



APÊNDICE H - Ícones e símbolos do MFV-Adaptado de Rother e Shook (2003)

Os ícones e símbolos para mapear o estado atual e futuro estão divididos em três categorias: Fluxo de Material; Fluxo de Informação e ícones gerais.



APÊNDICE I – Dados para a eficiência global do equipamento (OEE) da máquina moldadora da laje alveolar

Dias	Tempo diário de trabalho	Tempo diário de parada programada	Tempo diário de carga	Tempo diário de perdas por parada	Tempo diário de operação	Total de peças produzidas (boas + ruins)	Tempo teórico de ciclo	Total de defeitos (refugo + retrabalho)	Índice de Disponibilidade	Índice de Performance	Índice de Qualidade do Produto	Índice de Efic Global Equip (OEE) (Disponib * Performance * Qualidade)
27/out/09	530	15	515	167	348	320.81	1.14	14	67.573	104.885	95.636	67.781
28/out/09	530	15	515	117	398	316.46	0.98	12	77.282	77.889	96.208	57.912
30/out/09	530	15	515	61	454	157	0.85	5	88.155	29.295	96.815	25.003
5/nov/09	530	15	515	91	424	313.67	0.89	3.85	82.330	66.038	98.773	53.702
6/nov/09	530	15	515	37	478	313.54	0.72	3	92.816	47.071	99.043	43.271
9/nov/09	530	15	515	41	474	156.38	0.90	2.75	92.039	29.536	98.241	26.706
10/nov/09	530	15	515	30	485	161.13	0.90	6.75	94.175	29.897	95.811	26.976
11/nov/09	530	15	515	62	453	321.8	0.87	8.1	87.961	61.810	97.483	53.000
12/nov/09	530	15	515	49	466	319.53	0.86	8.3	90.485	59.013	97.402	52.011
13/nov/09	530	15	515	46	469	321.29	0.75	10.05	91.068	51.173	96.872	45.144
16/nov/09	530	15	515	60	455	161.13	0.99	5.15	88.350	35.165	96.804	30.075
17/nov/09	530	15	515	170	345	315.15	1.13	7.4	66.990	102.899	97.652	67.313
18/nov/09	530	15	515	80	435	310.54	0.98	5.55	84.466	70.115	98.213	58.165
19/nov/09	530	15	515	50	465	152.63	0.88	2.95	90.291	29.032	98.067	25.707
20/nov/09	530	15	515	62	453	316.23	0.82	9.45	87.961	57.395	97.012	48.977
23/nov/09	530	15	515	91	424	315.65	0.98	6.15	82.330	73.113	98.052	59.021
24/nov/09	530	15	515	74	441	324.05	0.96	7.65	85.631	70.295	97.639	58.773
26/nov/09	530	15	515	100	415	318.08	1.04	6.65	80.583	79.518	97.909	62.738
27/nov/09	530	15	515	91	424	159.91	1.16	4.15	82.330	43.632	97.405	34.990
28/nov/09	530	15	515	52	463	157.38	0.98	2.6	89.903	33.477	98.348	29.600
30/nov/09	530	15	515	33	482	119.88	0.88	0.8	93.592	21.784	99.333	20.252
1/dez/09	530	15	515	75	440	253.92	1.02	2.05	85.437	59.091	99.193	50.078
2/dez/09	530	15	515	33	482	86.76	1.04	0	93.592	18.672	100.000	17.476
3/dez/09	530	15	515	50	465	157.8	0.98	2.2	90.291	33.333	98.606	29.677
4/dez/09	530	15	515	37	478	126.24	1.03	1.1	92.816	27.197	99.129	25.023
5/dez/09	530	15	515	39	476	126.84	1.06	0.95	92.427	28.361	99.251	26.017