



Universidade do Estado do Rio Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia

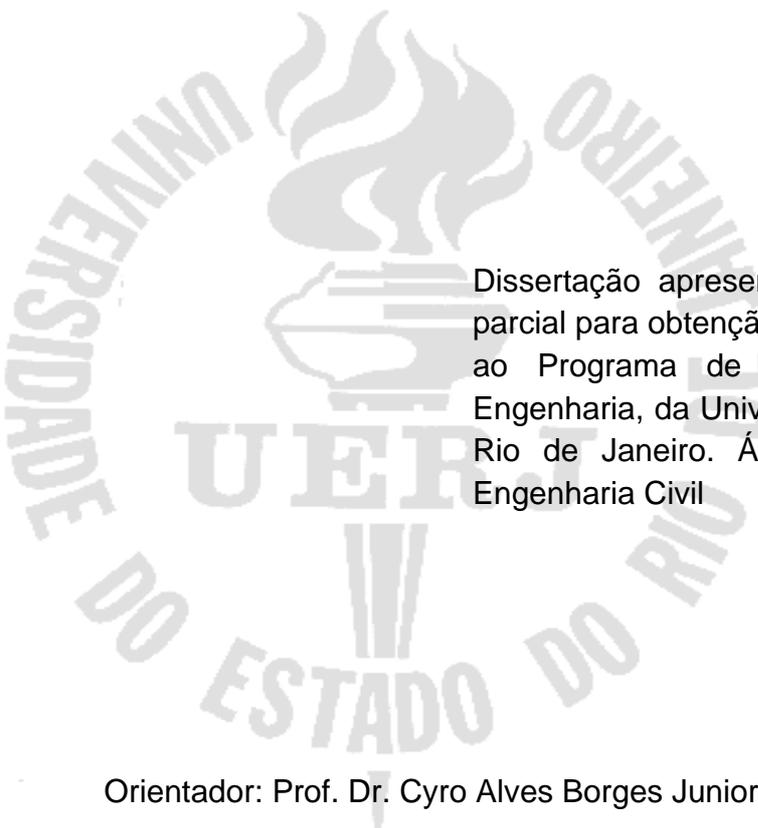
Rodrigo Rodrigues Lyra da Silva

**Construção predial *Lean*: mapeamento da cadeia de valor das estruturas
metálicas**

Rio de Janeiro
2005

Rodrigo Rodrigues Lyra da Silva

Construção predial *Lean*: mapeamento da cadeia de valor das estruturas metálicas



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós Graduação em Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Cyro Alves Borges Junior

Rio de Janeiro
2005

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CTC/B

S586 Silva, Rodrigo Rodrigues Lyra da
Construção predial lean: mapeamento da cadeia de valor das estruturas metálicas. / Rodrigo Rodrigues Lyra da Silva. – 2005.
189 f. : il.

Orientador : Cyro Alves Borges Junior
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Estruturas metálicas –Teses. 2. Estruturas metálicas – Projetos –Teses. I. Borges Junior, Cyro Alves. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia. III. Título.

CDU 624.014

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese.

Assinatura

Data

Rodrigo Rodrigues Lyra da Silva

Construção predial *Lean*: mapeamento da cadeia de valor das estruturas metálicas

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós Graduação em Engenharia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Engenharia Civil

Aprovado em 25 de setembro de 2005

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cyro Alves Borges Junior (Orientador)
Faculdade de Engenharia da UERJ

Prof. Dr. Carlos Alberto Pereira Soares
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. José Glenio Medeiros de Barros
Faculdade de Engenharia da UERJ

Rio de Janeiro

2005

A Deus, por ter iluminado meu caminho ao longo desses anos e aos meus pais – José Maria Lyra da Silva e Solange Maria Rodrigues Lyra da Silva – pelo carinho e incentivo ao meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Cyro Alves Borges Junior por toda a ajuda e amizade desenvolvida ao longo destes dois anos de trabalho e por compartilhar seus conhecimentos para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao Prof. José Glenio Medeiros de Barros e ao Prof. Carlos Alberto Pereira Soares pelas sugestões de melhoria do trabalho.

A Isabela Maria Barroso por todo apoio durante o curso e também pela revisão do trabalho.

Aos colegas de curso, em especial ao Paulo Roberto Corrêa de Araújo pela amizade criada, a qual colaborou na caminhada durante o curso e também pelas horas de trabalho durante o curso.

Aos Professores do programa que direta ou indiretamente ajudaram na minha formação.

Aos funcionários do LABBAS pelo apoio técnico nos momentos necessários.

Ao Prof. Ildony H. Bellei e ao Eng^o José Moreira de Souza Filho por compartilhar informações técnicas as quais agregaram valor ao trabalho.

RESUMO

SILVA, Rodrigo Rodrigues Lyra da. **Construção predial lean**: mapeamento da cadeia de valor das estruturas metálicas. Rio de Janeiro, 2005. 189 f. (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005.

Este trabalho propõe uma organização para o processo de construção de um prédio comercial, encadeando a logística de abastecimento do canteiro com a montagem das estruturas metálicas. Esta foi desenvolvida a partir dos conceitos *lean* originários do Sistema Toyota de Produção e, posteriormente, foram aplicados em outros setores como o da construção civil. Para enfatizar problemas críticos de processo e identificar suas soluções, foi estudado um anteprojeto de obra localizada no Centro da cidade do Rio de Janeiro. A sincronização entre a atividade logística e o processo de montagem das estruturas seguiu a lógica *lean* de redução de tempos de espera, de eliminação de estoques em canteiro e de criação de frentes simultâneas de fechamento dos andares, como condição para a melhoria de produtividade da obra. Foi analisado o mapeamento da cadeia de valor do fluxo de materiais e operações compreendidos entre o depósito de estruturas e a obra, verificando o balanceamento de atividades de produção e os possíveis ganhos de produtividade. Os resultados obtidos evidenciariam potencial de ganho nomeada em que fornece justificativas para a aplicação das ferramentas *lean* no estudo do anteprojeto de construção, integra a obra com o abastecimento logístico das estruturas e principalmente reduz os desperdícios de espera e estoque. Conclui-se, portanto, que o sistema *lean*, aplicado a este estudo, reúne condições para a melhoria de produtividade do processo construtivo e por conseguinte aumenta sua competitividade.

Palavras-chave: Construção civil. Construção predial; Produção *Lean* (Produção enxuta). Construção *Lean* (Construção enxuta). Mapeamento da cadeia de valor. Estruturas metálicas.

ABSTRACT

The aim of this work is to apply the Lean Construction plan, based on Toyota Production System, as the main strategy for the steel structure assembly in a commercial building. The Lean System target is to increase the productivity in the construction process by considering the synchronism between the logistic activities and the steel structural erection. This synchronism can be obtained by following the Lean Logic of reducing the time delay, the elimination of inventory in the building site and the organization of simultaneous teams for the assemblage of the steel parts. The material flow and the sequence of activities are represented in a value stream map, in order to identify the time wasted during the process and trying to optimize sequence of operation. At the end, by analyzing a particular project of a building at the center of Rio de Janeiro, the critical problems involved in a steel construction were identified and some alternative solutions for these problems, based on Lean System, are proposed.

Keywords: Civil construction. Building construction. Lean production. Lean Construction. Chain value mapping (Stream value mapping). Steel structure

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Fases da pesquisa	7
Quadro 3.1 – Sugestões de melhorias na Toyota Motors	26
Quadro 3.2 – Tempo de montagem por veículo	27
Quadro 3.3 – Rotatividade de estoque de fabricantes de automóveis por país	33
Quadro 3.4 – Fabricação tradicional x fabricação <i>lean</i>	40
Quadro 3.5 – Diferenças entre o sistema Ford e o sistema Toyota	42
Quadro 3.6 – Questionamento sistematizado	61
Quadro 4.1 – Comparativo de características dos equipamentos	126
Quadro 4.2 – Proposta de planejamento de montagem da 2ª etapa	131
Quadro 4.3 – Proposta de planejamento do depósito e do ponto intermediário até à obra da 2ª etapa	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – <i>Kanban</i> : Produção Puxada	54
Figura 3.2 – Esquematização do controle de produção com <i>Kanban</i>	55
Figura 3.3 – Fluxo de produção tradicional versus fluxo unitário contínuo	57
Figura 3.4 – Balanceamento de operações tradicionais	58
Figura 3.5 – Cálculo do <i>takt time</i>	59
Figura 3.6 – Componentes da operação padronizada	62
Figura 3.7 – Seqüência de trabalho	63
Figura 3.8 – Mapeamento de Fluxo de Valor	70
Figura 3.9 – Ícones do Mapeamento de Fluxo de Valor	71
Figura 3.10 – Distribuição dos produtos	72
Figura 3.11 – O guarda-chuva do <i>Kaizen</i>	79
Figura 3.12 – Modelo de processo tradicional	82
Figura 3.13 – Modelo de processo da construção <i>lean</i>	84
Figura 3.14 – Relação entre fluxo de materiais e fluxo de trabalho	86
Figura 3.15 – A estrutura da produção	87
Figura 3.16 – Classificação dos movimentos dos operários	94
Figura 3.17 – Distribuição de custos típica antes e depois de um processo de melhoria	95
Figura 3.18 – Representação do conceito de perdas e desperdício	97
Figura 3.19 – Exemplo de situação na qual foi eliminada uma atividade que não agrega valor	99
Figura 3.20 – Duas formas de planejar uma mesma obra hipotética	104
Figura 3.21 – Minimização no número de passos na execução de alvenaria	106
Figura 3.22 – Execução de divisórias de gesso acartonado	108
Figura 3.23 – Exemplo de aplicação do princípio da transparência de processos	110
Figura 3.24 – Relação entre o princípio da transparência e os princípios da construção <i>lean</i>	111

Figura 3.25 – Exemplo de paletização praticada pelo fornecedor	113
Figura 4.1 – Polígono do Centro da cidade do Rio de Janeiro	120
Figura 4.2 – Esquema de localização da obra	122
Figura 4.3 – Perspectiva da estrutura metálica do edifício	123
Figura 4.4 – Esquema do vigamento principal do prédio em planta	123
Figura 4.5 – Seqüência de montagem de parte da 2ª etapa	124
Figura 4.6 – Torre de lança basculante	125
Figura 4.7 – Torres trabalhando juntas	126
Figura 4.8 – Duas torres de lança fixa	127
Figura 4.9 – Três torres de lança basculante	128
Figura 4.10 – Localização e alcance do equipamento na obra estudada	128
Figura 4.11 – Seqüência de montagem da 2ª etapa	129
Figura 4.12 – Depósito para estoque dos 48 lotes do edifício	130
Figura 4.13 – Balanceamento das operações e <i>takt time</i> da 2ª etapa	132
Figura 4.14 – Mapeamento da Cadeia de Valor da montagem da estrutura metálica	135

GLOSSÁRIO

Atividade que Não Agrega Valor - Qualquer atividade que acrescenta custo sem acrescentar valor ao produto ou ao processo.

Cadeia de Valor - Atividades específicas necessárias para projetar, pedir e oferecer um produto específico, da concepção ao lançamento, do pedido à entrega, e da matéria-prima às mãos do cliente.

Células - *Layout* de diferentes tipos de equipamentos que executam operações diferentes em uma seqüência rígida, geralmente em forma de U, a fim de permitir o fluxo contínuo e o emprego flexível do esforço humano por meio do trabalho muito especializado.

Chaku-Chaku - Palavra japonesa que designa o método de realização do fluxo contínuo, no qual o operador procede de máquina em máquina, pegando uma peça da operação anterior e carregando-a na próxima máquina, para em seguida pegar a peça que acaba de retirar da máquina e carregá-la na máquina seguinte, e assim por diante até o término das operações. No idioma original significa, literalmente, “carga-carga”.

Cinco “Porquês” - Prática introduzida por Taiichi Ohno, que consiste em se perguntar “por que” cinco vezes em seqüência, toda vez que se encontra diante de um problema, a fim de identificar sua causa básica, para que possa desenvolver e implementar contra-medidas eficazes.

Cinco S (5S) - Disciplina primária e condicionante para o *Kaizen*, este princípio tem sua sigla derivada das iniciais, no idioma original japonês, dos cinco termos que são os objetivos das ações necessárias para se limpar e organizar o local de trabalho de maneira lógica e eficaz:

- *Seiri* - identificação/segregação e seleção/descarte (senso de utilidade). Trata-se de separar as ferramentas, peças e instruções desnecessárias das que são efetivamente

necessárias, dando um destino para aquelas que deixaram de ser úteis para aquele ambiente.

- *Seiton* - boa disposição/ordenação (senso de ordem). Significa arrumar e identificar peças e ferramentas, tendo como objetivo a facilidade de uso.
- *Seiso* - limpeza/inspeção diária. Trata-se de eliminar a sujeira, inspecionando para descobrir e eliminar as fontes de problemas. A limpeza deve ser encarada como uma oportunidade de inspeção e de reconhecimento do ambiente.
- *Seiketsu* - higiene/revisar sempre (saúde). Fazer o asseio é conservar a higiene, tendo o cuidado para que os estágios de seleção, ordem e limpeza, já alcançados, não retrocedam. Isto é executado por meio de padronização de hábitos, normas e procedimentos.
- *Shitsuke* - disciplina/motivação para manter. Ser disciplinado é cumprir rigorosamente as normas e tudo o que for estabelecido pelo grupo. A disciplina é um sinal de respeito ao próximo.

Cycle Time - vide Tempo de Ciclo.

Estoque - Em geral, trata-se da categoria de mais alto custo; o estoque consiste de todas as matérias-primas, peças compradas, estoque de processo e produtos acabados que ainda não foram entregues a um cliente.

Estoque de Material em Processo (WIP - *Work In Process*) - Estoque esperando entre os passos da operação. Trata-se, também, de uma prática de produção em massa por meio da qual se produzem grandes lotes de uma peça para, em seguida, enviar-se o lote para uma fila de espera, antes da próxima operação no processo de produção. Comparar com Fluxo Contínuo.

Estoque Mínimo de Processo - Necessidade mínima de material para que o operador complete um ciclo de trabalho sem atrasos.

Estratégia Baseada no Tempo - Organização dos objetivos do negócio em torno de princípios de economia de tempo.

Ferramenta do Tamanho Certo - Dispositivo de projeto, planejamento ou produção, capaz de se encaixar diretamente no fluxo de produtos dentro de uma família de produtos, de modo que a produção não exija mais transporte e esperas desnecessários.

Fluxo - Realização progressiva de tarefas, ao longo da cadeia do valor, para que um produto passe da concepção ao lançamento, do pedido à entrega e da matéria-prima às mãos do cliente, sem interrupções, refugos, retrabalhos ou retrofluxos.

Fluxo Contínuo - Situação na qual os produtos passam, um produto completo de cada vez, por várias operações no projeto, recebimento de pedidos e produção, sem interrupções, retrofluxos ou refugo. Comparar com Estoque em Processo.

Fluxo de Uma Peça - Uma filosofia de manufatura que suporta o movimento do produto de uma estação de trabalho para a seguinte - uma peça de cada vez - sem permitir que aumente o estoque entre as estações.

Gargalo - É uma atividade (área ou estação de trabalho) num ambiente de manufatura com capacidade igual ou inferior à demanda, que limita a capacidade de todo o processo.

Just-in-Time (JIT) - JIT é um sistema estruturado de controle de estoques e execução de tarefas/operações, com entrega dos materiais certos, no tempo certo e na quantidade certa, e que tem por objetivo desenvolver um sistema de manufatura que permita a um fabricante ter somente os materiais, equipamentos e pessoas necessários a cada tarefa. O *Just-in-Time* aproxima-se do *Just-on-Time* quando as atividades em etapas anteriores ocorrem minutos ou segundos antes das atividades posteriores, possibilitando assim o fluxo contínuo. Os elementos-chave do *Just-in-Time* são fluxo, puxar, trabalho padrão (com estoques padrão em processo) e *takt time*.

Kaikaku - Palavra japonesa que significa melhoria radical; geralmente num processo do negócio que afeta o fluxo futuro de valor. Trata-se da melhoria radical de uma atividade a fim de eliminar *muda*, por exemplo, reorganizando as operações de processamento para um produto de modo que, em vez de viajar de e para "ilhas de processo", o produto proceda pelas operações em um fluxo contínuo e em um curto espaço de tempo. Chamado também de *Kaizen* revolucionário, *Kaizen* do fluxo e *Kaizen* do sistema.

Kaizen - Uma combinação de duas palavras japonesas: *Kai* (mudar) e *zen* (bem). Geralmente definida como significando "melhoria contínua". Trata-se da melhoria contínua e incremental de uma atividade, a fim de criar mais valor com menos desperdício, ou *muda*. Chamado também de *Kaizen* do ponto e *Kaizen* do processo.

Kanban - Sinalização visual. Em geral, consiste de um cartão de repetição de pedido ou outro método de disparar o sistema de puxar a produção, com base na utilização atual de materiais. Deve estar disponível para uso no ponto de fabricação.

Layout de Trabalho Standard - Diagrama de uma estação de trabalho ou célula mostrando como se realiza um trabalho *standard*.

Lead Time (Prazo de Entrega) - O tempo necessário para produzir um único produto, da hora em que o cliente faz o pedido até o despacho.

Manutenção Produtiva Total (TPM - Total Productive Maintenance) - Série de métodos, destinados a garantir que cada máquina em um processo de produção seja sempre capaz de realizar as tarefas necessárias para que a produção jamais seja interrompida.

Mapeamento do Fluxo da Cadeia do Valor - (Também chamado de Mapeamento da Cadeia do Valor ou Mapeamento do Fluxo do Valor) - Trata-se de um quadro que permite visualizar como os materiais e as informações fluem dos fornecedores, por meio da manufatura, até o cliente. Inclui os cálculos do tempo de ciclo total e do total de valor agregado. Preenchido para o estado atual

e o futuro da cadeia do valor, a fim de indicar a melhoria do processo. Identificação de todas as atividades específicas que ocorrem ao longo do fluxo do valor referente a um produto ou família de produtos.

Melhoria Contínua - O compromisso de diariamente melhorar os produtos, o ambiente de trabalho e os negócios.

Muda - Palavra japonesa que se traduz por desperdício; qualquer atividade que acrescenta custo, consome recursos, sem acrescentar valor ao produto.

Perfeição - Eliminação total de *muda* para que todas as atividades, ao longo de um fluxo de valor, criem e adicionem valor ao produto/processo.

Produção (*Throughput*) - Quantidade produzida pela qual o sistema gera dinheiro.

Puxar (*Pull*) - Sistema de produção e instruções de entrega das atividades posteriores para as atividades anteriores na qual nada é produzido pelo fornecedor anterior sem que o cliente sinalize uma necessidade. Oposto de empurrar (*push*). Ver também *Kanban*.

Redução do Setup - Redução do tempo ocioso que vai da troca de ferramenta da última peça até a primeira peça boa da operação seguinte.

Sensei - Palavra japonesa que designa o mestre, respeitável e com amplo domínio em uma área de conhecimentos - neste trabalho, pensamento *lean* e técnicas *lean*.

Sete Muda - Enumeração original de Taiichi Ohno dos desperdícios encontrados comumente na produção física. São o excesso de produção antes da demanda, a espera pela próxima etapa de processamento, o transporte desnecessário de materiais (por exemplo, entre as ilhas de processo ou fábricas), o excesso de processamento de peças devido ao projeto inadequado de ferramentas e produtos; estoques acima do mínimo absoluto; movimento desnecessário dos funcionários durante o curso de trabalho em busca de peças, ferramentas, entre outros) e produção de peças defeituosas.

Setup - Atividades de preparação das ferramentas que devem ocorrer com a máquina parada, com o ajuste e início de produção sem defeito.

Supermercado - Local no chão de fábrica junto à linha de produção onde as peças são disponibilizadas e prontas para os operadores encaminharem para a operação seguinte.

Takt Time - O tempo líquido operacional total e diário dividido pela demanda total diária do cliente. Por exemplo, se o cliente demanda 240 peças por dia e a fábrica opera 480 minutos por dia, o *takt time* será de dois minutos. O *takt time* define o ritmo de produção de acordo com o índice de demanda do cliente.

Tempo de Ciclo (no original: Cycle Time) - O tempo que um operador leva para completar um ciclo de trabalho. Em geral, é o tempo que dura antes que o ciclo se repita. Se o tempo de ciclo de uma operação em um processo completo puder ser reduzido à um *takt time* igual, os produtos podem ser produzidos em fluxo contínuo. Consulte: Tempo de Ciclo do Operador e Tempo de Ciclo da Máquina.

Tempo de Ciclo da Máquina - O tempo que uma máquina necessita para produzir uma unidade, incluindo o tempo de carga e descarga.

Tempo de Ciclo do Operador - O tempo gasto para que um operador complete uma seqüência de operações predeterminada, incluindo a carga e descarga, e excluindo o tempo de espera.

Tempo de Processamento - Tempo durante o qual realmente se trabalha no projeto ou na produção de um produto, ou tempo durante o qual um pedido realmente está sendo processado. Em geral, o tempo de processamento é uma pequena fração do tempo de *throughput* e do *lead time*.

Tempo de Throughput - Tempo necessário para que um produto evolua da concepção ao lançamento, do pedido à entrega ou da matéria-prima às mãos do cliente. Inclui o tempo de processamento e o tempo de fila. Comparar com tempo de processamento e *lead time*.

Trabalho *Standard* ou Trabalho Padrão - Seqüência predeterminada de tarefas a serem completadas pelo operador dentro do *takt time*. Trata-se, também, da descrição precisa de cada atividade de trabalho, que especifica o tempo de ciclo, *takt time*, a seqüência de trabalho de tarefas específicas e o estoque mínimo de peças disponíveis necessário para realizar a atividade.

Troca Instantânea de Ferramentas - Série de técnicas para a mudança das especificações de equipamentos de produção em menos de dez minutos, nas quais Shigeo Shingo foi pioneiro. Preparação de máquinas quase instantânea é o termo utilizado quando a mudança nas especificações de máquina exige menos de um minuto. Obviamente, o objetivo de longo prazo é sempre tempo de preparação de máquina zero, no qual a mudança nas especificações é instantânea e não interfere no fluxo contínuo.

Valor – Característica de uma atividade ou operação que acrescente atributo ao produto e que seja considerado como necessário pelo usuário/cliente.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO	3
1.1.1 Objetivo Geral	3
1.1.2 Objetivos Específicos	4
1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	4
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	4
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	5
2 METODOLOGIA	7
2.1 ESTRUTURA DA PESQUISA	7
2.2 MOTIVADORES DA PESQUISA	11
2.3 MEIOS EMPREGADOS NA PESQUISA	12
3 REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 PRODUÇÃO <i>LEAN</i>	14
3.1.1 Histórico da Evolução dos Processos de Produção	14
3.1.2 O Novo Paradigma	18
3.1.2.1 Histórico	18
3.1.2.2 Princípios <i>lean</i>	22
3.1.2.3 Desperdícios	25
3.1.2.4 Ferramentas	36
3.2 CONSTRUÇÃO <i>LEAN</i>	80
3.2.1 O Modelo Tradicional de Processo	82
3.2.2 O Modelo de Processo da Construção <i>Lean</i>	84
3.2.3 Fluxo na Construção	89
3.2.4 Perdas	92
3.2.4.1 Papel das perdas no processo	92
3.2.4.2 Razões para se medir as perdas	96
3.2.5 Perdas ou Desperdícios	97
3.2.6 Princípios da Construção <i>Lean</i>	97
3.2.6.1 Reduzir tarefas que não agregam valor	98
3.2.6.2 Aumentar o valor do produto considerando as necessidades do cliente	99
3.2.6.3 Reduzir a variabilidade	100
3.2.6.4 Reduzir o tempo de ciclo	102

3.2.6.5 Simplificar reduzindo o número de passos e relações de trabalho	104
3.2.6.6 Aumentar a flexibilidade de saída	106
3.2.6.7 Aumentar a transparência do processo	108
3.2.6.8 Focar o controle em todo o processo	111
3.2.6.9 Introduzir melhoria contínua no processo	113
3.2.6.10 Balancear melhoria do fluxo com melhoria de conversão	114
3.2.6.11 Fazer <i>benchmarking</i>	116
4 UM ANTEPROJETO DE APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO LEAN	118
4.1 LOCALIZAÇÃO E PROJETO	118
4.2 EQUIPAMENTO	124
4.3 PLANEJAMENTO DA MONTAGEM	129
4.4 MAPEAMENTO DA CADEIA DE VALOR DO TRANSPORTE, IÇAMENTO E MONTAGEM DAS ESTRUTURAS METÁLICAS	135
4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	138
5 CONCLUSÕES	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
ANEXOS	150
ANEXO 1 – ARTIGO PUBLICADO NO COBEF 2005	151
ANEXO 2 – DESENHOS DO ANTEPROJETO DO EDIFÍCIO	160
ANEXO 3 – MANUAIS TÉCNICOS DOS EQUIPAMENTOS	174
ANEXO 4 – SEQÜÊNCIA DE MONTAGEM DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO	183
ANEXO 5 – PROPOSTA DE PLANEJAMENTO DE MONTAGEM DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO	184
ANEXO 6 – PROPOSTA DE PLANEJAMENTO DO DEPÓSITO E DO PONTO INTERMEDIÁRIO ATÉ À OBRA	187

1 INTRODUÇÃO

As empresas estão inseridas em um cenário de intensa competitividade, reflexo do rápido processo de desenvolvimento tecnológico de produtos e processos, que aliados à globalização, ocasionam modificações nos sistemas produtivos. Buscam uma maneira de se diferenciarem das demais, de forma a concorrerem em novos segmentos de mercado. Esta diferenciação dá-se por meio da aplicação de conhecimentos e resultados de pesquisas, ou utilizando-se novos equipamentos, insumos ou componentes produtivos.

A indústria da construção civil, contudo, apresenta uma evolução pouco inovadora em relação ao desenvolvimento e aprendizado continuado. Nota-se que muitos dos princípios desenvolvidos para o setor no início do século 20, por Frank Gilbreth e Frederick Taylor, ainda não são usados plenamente pelas empresas de construção.

No Brasil, este setor enfrentou algumas mudanças ao longo dos últimos anos em razão do aumento da competição, do nível de exigência dos clientes e das reivindicações por melhoria das condições de trabalho por parte da mão-de-obra. Houve a evolução das práticas comerciais e tecnológicas para evitar resultados indesejáveis de desempenho e qualidade, sob pena de sofrerem um deslocamento do mercado. A construção civil tem buscado alternativas para a produção tradicional por meio de materiais, da capacitação da mão-de-obra e, principalmente, da necessidade de encontrar formas de produção mais econômicas.

Sendo assim, a produção de componentes parcial ou totalmente fabricados fora do canteiro de obra, o desenvolvimento dos recursos de mão-de-obra como parte essencial do processo e a utilização de novos equipamentos são tidos como inovações imprescindíveis à competitividade do processo produtivo. Tradicionalmente conhecido como empregador de mão-de-obra pouco qualificada, conservador e “atrasado”, o setor da construção civil passa por

transformações que exigem adaptações nas empresas, de modo a acompanhar as constantes mudanças do mercado.

Uma solução para a modernização do processo tem sido a implantação de procedimentos e concepções originários da indústria automobilística, denominados no conjunto como produção *lean* – ou no caso específico da construção civil, como construção *lean*. Uma revisão preliminar da literatura indica algumas tendências e oportunidades:

Constata-se que o processo de construção predial metálica é uma área de pesquisa bastante promissora para a construção *lean*, onde encontram-se trabalhos como o de Calmon e Moraes (2000) que discutem as restrições ao uso de estruturas metálicas historiando seu emprego no Brasil. Os autores enfatizam o fato de que um planejamento deficiente na construção predial e o excesso de desperdícios são pontos que precisam ser melhorados para a difusão do uso do aço na construção civil. Eles antevêm que a construção *lean* seria o instrumento para contornar esses problemas e estimular o emprego das estruturas metálicas.

Fontanini e Picchi (2003) apresentam uma análise exploratória da utilização de macro-fluxos na cadeia de fornecedores seguindo uma visão de organização *lean*. Os autores examinam o exemplo de utilização de armadura de aço na construção de apartamentos na região de Campinas, e elaboram um mapa de estado futuro de melhora das condições do fluxo entre produtores de aço e a obra. Identificam em sua análise um grande potencial para aprofundamento desses estudos.

Queiroz, Rentes e Araujo (2004) verificam a aplicação do fluxo de valor em situação real, determinando parâmetros do estado atual e propondo melhorias para o estado futuro. Assim, como em outros estudos analisados na pesquisa bibliográfica, o seu foco se dá na produção industrial e não na construção.

Outro trabalho de Fontanini e Picchi (2004) apresenta um estudo de mapeamento de cadeia de valor no fornecimento de janelas de alumínio para

obra civil. Os autores estabelecem diretrizes de análise e um mapeamento do estado atual e futuro, eliminando desperdícios de fluxo. O exemplo apresentado, apesar de sua importância no projeto de construção, não interfere no andamento das etapas fundamentais da construção da superestrutura da obra.

Polat e Ballard (2003) avaliam a reconfiguração do fluxo da cadeia de valor no estudo do fornecimento de armaduras de aço para obra.

A revisão bibliográfica identifica a linha de pesquisa de Iris Tommelein como uma das mais promissoras sobre o tema. De uma maneira geral, seus trabalhos buscam representar o processo construtivo por meio de ferramentas de mapeamento de cadeia de valor. É realizada uma análise na busca da aceitação do fluxo de materiais e atividades. Um de seus trabalhos (TOMMELEIN e WEISSEMBERGER, 1999) trata da construção predial e apesar de não detalhar as etapas da obra, norteou esta dissertação. Em outro trabalho (TOMMELEIN e LI, 1999) trata do estudo de mapeamento para o fornecimento de concreto. Verifica-se uma preocupação em estabelecer a lógica de comunicação entre os integrantes da cadeia de valor, e não com o detalhamento da obra.

Esses trabalhos revelam que a discussão acadêmica encontra-se em uma fase de identificação de procedimentos *lean* e sua adequação ao ambiente de construção. Nota-se alguma persistência na verificação pontual de quanto a prática *lean* na construção contribui para a melhoria do processo. Não foram encontrados, contudo, trabalhos que apresentassem estudos comparativos entre a construção *lean* e a construção convencional.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Verificar a aplicação na construção civil dos conceitos, métodos e procedimentos da produção *lean*. Inicialmente desenvolvidos pela indústria automobilística (Sistema Toyota de Produção). O trabalho aborda um estudo

buscando alternativas para o aumento de produtividade do processo construtivo por meio da eliminação de desperdícios operacionais e implantação de procedimentos *lean*.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos estão associados à melhoria do processo construtivo de um anteprojeto de construção predial. Este trata da montagem das estruturas metálicas de um edifício comercial de 8 pavimentos localizado no Centro da cidade do Rio de Janeiro. Desta forma os objetivos específicos da dissertação compreendem:

- Fornecer justificativas entre a teoria (principais ferramentas *lean*) e a prática (o estudo do anteprojeto);
- abordar a integração entre a obra e o abastecimento das estruturas;
- reduzir os desperdícios da construção, principalmente de espera e estoque.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O estudo do anteprojeto do edifício limitou-se à analisar as etapas de abastecimento e, especificadamente, as de içamento e de montagem das estruturas metálicas. Para tal, estudou-se as principais ferramentas da produção *lean*. A análise foi focada no *Just-in-Time*, na Produção Puxada (*Kanban*), no Fluxo e principalmente no Mapeamento da Cadeia de Valor para balancear as etapas analisadas e reduzir os desperdícios de espera e estoque.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Pretende-se por meio dos resultados obtidos por esse estudo, facilitar mudanças de processos e aumento da produtividade na construção civil. Por outro lado, a importância deste estudo, reside também em não existir na

literatura nacional, uma quantidade significativa de trabalhos publicados relacionados à adequação e aplicabilidade dos métodos *lean* no setor da construção civil. Este setor é caracterizado por uma produção altamente diferenciada, de volume variado, de pouca repetitividade, e que agrega alto valor ao produto final. Entretanto, a construção civil apresenta algum atraso na organização do processo, apesar da melhoria de equipamentos e materiais. A possível mudança do processo fazendo-se uso de novos equipamentos, materiais industriais, e aplicando-se a metodologia *lean* pode ser uma solução de aplicação do aço na construção civil.

Sob o ponto de vista exclusivamente acadêmico, espera-se que este estudo possa esclarecer dúvidas existentes sobre o assunto, podendo ser utilizado como referência a trabalhos futuros relacionados ao tema.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos, incluindo a Introdução, correspondendo a este capítulo.

A Metodologia foi abordada no Capítulo 2, justificando a forma como esse trabalho foi desenvolvido.

No Capítulo 3, foi abordada a Revisão da Literatura, onde a primeira parte engloba o novo paradigma da produção *lean* e as suas principais ferramentas. A segunda parte apresenta a evolução da construção civil, no sentido de consolidar as bases conceituais da construção *lean*.

Por meio da aplicação de um estudo de anteprojeto sobre a montagem da estrutura metálica de um edifício comercial de 8 pavimentos, no Centro da cidade do Rio de Janeiro, foi possível obter as aplicações das principais ferramentas da construção *lean* conforme abordado no Capítulo 4.

No Capítulo 5, são apresentadas as Conclusões, avaliando os principais resultados obtidos no estudo da aplicação da construção *lean* na montagem da

estrutura do edifício. Foi respeitada a relevância para com o objetivo proposto neste estudo, sendo sugeridas propostas para pesquisas futuras na área.

2 METODOLOGIA

2.1 ESTRUTURA DA PESQUISA

Há dificuldade para estabelecer a metodologia de pesquisa quando se estuda uma nova concepção de organização do processo construtivo, com mudança de procedimentos e de critérios de solução dos problemas. É o caso da construção predial *lean*. Na fase em que se encontra, quando os procedimentos ainda estão sendo discutidos e não há ainda um histórico de resultados positivos, há dificuldade em comprovar a melhoria de desempenho com a implantação dessa nova concepção de construção. Apesar dos excelentes resultados da concepção *lean* na indústria automobilística, as experiências de mudança de procedimentos na construção civil ainda estão iniciando. Os exemplos que se têm são pontuais, abordando mudanças na execução de poucas atividades produtivas. Além disso, boa parte da literatura e dos exemplos ocorre fora do Brasil, dificultando a tomada de dados de acompanhamento para comprovar a eficiência de performance da construção *lean*.

Dadas essas dificuldades, decidiu-se dividir o trabalho de pesquisa em 3 fases distintas, cada fase com procedimentos e objetivos próprios, conforme o Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Fases da pesquisa

Fase	Descrição	Procedimentos	Objetivos da Fase	Dissertação Capítulo
1ª: Problema	Definição do problema	Descrição da obra. Identificação das dificuldades e restrições de construção.	Viabilidade de uma solução de construção <i>lean</i> onde a construção convencional não é eficiente.	4
	Solução de construção <i>lean</i>	Desenvolvimento de procedimentos <i>lean</i> para a obra.		
	Avaliação de resultados	Comparativo com a construção convencional.		

2ª: Construção	Construção <i>lean</i>	Revisão da literatura	Escolha de procedimentos adequados à solução do problema: construção predial	3.2
		Identificação de procedimentos <i>lean</i> da construção civil.		
3ª: Indústria Automobilística	Produção <i>lean</i>	Revisão da literatura	Identificação de procedimentos adequados à construção civil.	3.1
		Identificação dos procedimentos <i>lean</i> da indústria automobilística.		

Na 1ª Fase é estabelecido um problema da construção de um prédio comercial no Centro da cidade do Rio de Janeiro. Uma obra desse tipo e com essa localização é de difícil solução por meio de uma construção convencional. A obra convencional precisa de espaço e de tempo, em um nível de necessidade que dificulta sua execução. Essas necessidades são decorrentes, em primeiro lugar, pelo fornecimento de insumos em bateladas, obrigando a formação de estoques de materiais na obra (grandes espaços para depósitos). As frentes de trabalho da obra convencional, por serem organizadas em etapas independentes e sem qualquer sincronização, necessitam de prazos maiores de execução. O aumento de prazo propicia uma interferência de mais tempo no trânsito das ruas adjacentes à obra e nas rotinas das edificações vizinhas.

Na definição do problema de construção convencional e o estudo de alternativa *lean*, decidiu-se analisar apenas uma parte das atividades da obra, desde que essas atividades fossem representativas da construção convencional. A etapa escolhida para análise foi a construção *in situ* da estrutura de concreto armado (vigas e colunas) do prédio comercial. A execução dessa etapa tem um impacto significativo no cronograma da obra, além de apresentar complexidade para a coordenação do uso de materiais (insumos), equipamentos e mão-de-obra envolvidos no processo. É bom

salientar que a execução das estruturas em concreto armado tem características tecnológicas, que impõem uma seqüência rígida de atividades: preparação de fôrmas, armação, concretagem, cura e desmoldagem. Essa seqüência típica da obra convencional, tem características de uma produção artesanal, criando enormes desperdícios de tempo (esperas), de defeitos com retrabalhos e acumulação de estoques em processo. Por essa razão, a execução das estruturas em concreto armado, pela acumulação sistemática de desperdícios, oferece uma boa oportunidade para implantação de uma alternativa *lean* de construção.

Uma primeira mudança diz respeito ao material e sua tecnologia. O concreto armado está associado ao processo artesanal. Sugere-se o uso de material com maior potencial para eliminação de desperdícios: a solução em estruturas metálicas. A alternativa em estruturas em aço é um primeiro passo no encaminhamento a um ambiente *lean* de construção. Nela os componentes são industriais e, por conseguinte, não são construídos, são montados. Com as estruturas metálicas tem-se uma concepção industrial na obra: a montagem das peças obedece as prioridades estabelecidas pelo uso do equipamento (guindaste) e não está mais presa às fases de preparação e conformação da massa de concreto até esta atingir resistência mecânica para iniciar a peça seguinte.

No estudo de opções de obra, identificou-se um trecho do Centro da cidade do Rio de Janeiro que apresentava inegável potencial para demolição e construção de um novo prédio no lugar: no quarteirão da Rua Buenos Aires com Avenida Passos. Para essa área analisou-se a possibilidade de construção de um prédio em aço de 8 pavimentos, utilizando um anteprojeto preparado pelo Prof. Ildony Bellei. Verificou-se que este anteprojeto se adaptava às condições do terreno e com gabarito compatível com a região daquelas ruas.

O problema passou a ser em como construir (montar) as estruturas metálicas em um local de difícil acesso, sem área de estocagem de material e com dificuldade na movimentação e uso de guindastes e torres de içamento. Se, de alguma maneira, fosse apresentada uma alternativa de construção (montagem) das estruturas que resolvesse as limitações impostas à obra, se

teria como certo que essa alternativa seria mais eficiente que a solução convencional em concreto armado.

No aprofundamento das soluções construtivas baseadas na concepção *lean* de construção, verificou-se a necessidade de análise da seqüência de montagem. Estabeleceu-se que as estruturas deveriam ser fornecidas em pequenos lotes, imediatamente içadas e montadas, o que contornaria as principais limitações de localização da obra. A implantação do *Just-in-Time*, tanto no fornecimento de peças como na operação do guindaste, reduziria os transtornos de acesso à obra e admitiria a inexistência de área de depósito.

Para tornar viável o processo, identificando gargalos e ajustando a movimentação em uma seqüência *Just-in-Time*, houve a necessidade de representar o encaminhamento das peças em um Mapeamento de Fluxo de Valor. O mapeamento iniciaria na chegada da batelada de peças fornecidas pelo fabricante de estruturas metálicas em um depósito fora dos limites da cidade. Nesse depósito seriam rearrumadas as peças em lotes a serem transportados, içados e montados, numa seqüência e num ritmo determinado pela torre de montagem. Ou seja, a montagem tem uma demanda seqüencial de peças e uma produtividade que é estendida à logística de abastecimento, determinando uma rotina de fornecimento que é atendida pelo carregamento no depósito.

O Mapeamento de Fluxo de Valor descreve o enquadramento dessas atividades: desde o carregamento de lotes nas carretas, transportando até a obra, as operações de içamento e de montagem de peças. Havendo sincronismo, não ocorrem “gargalos” ou esperas, a movimentação se faz em fluxo e estabelece-se um *Just-in-Time* nas operações. O planejamento do fluxo, nessas condições exige o balanceamento das atividades em um ritmo estabelecido pelo *Takt Time*.

Essa 1ª Fase da pesquisa é concluída pela análise da viabilidade do uso desses procedimentos *lean* em uma obra - discussão de anteprojeto. Os procedimentos por serem factíveis criam uma solução melhor que a construção convencional, onde havia sérios entraves à sua execução.

A 2ª Fase da pesquisa é dedicada à revisão bibliográfica dos textos de construção *lean*. Como resultado foi possível delinear o estado da arte do *lean* na construção. Ainda na 2ª Fase, foi feito um detalhamento dos procedimentos utilizados na solução do problema definido na 1ª Fase: a construção predial *lean*. Para a conclusão da pesquisa acadêmica, permitindo situar a construção *lean* em um contexto mais amplo, foi realizada a revisão da literatura sobre a produção *lean* na indústria automobilística. Essa 3ª Fase da pesquisa buscou situar toda a conceituação e os procedimentos em sua concepção de origem: o Sistema Toyota de Produção.

Para a elaboração da dissertação, pretendendo articular o desenvolvimento dessas idéias em uma estrutura dedutiva, preparou-se um texto que se inicia na 3ª Fase (mais geral) e termina na 1ª Fase (caso particular - problema de aplicação).

2.2 MOTIVADORES DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida nesta dissertação, quanto aos seus objetivos, tem inicialmente um caráter exploratório. Tem como preocupação descrever e orientar o desenvolvimento de uma nova organização da construção civil, pouco conhecida no Brasil. A descrição de um novo processo construtivo (objeto) baseou-se na sistematização de conceitos e procedimentos em um ambiente correlato de organização do trabalho, onde surgiu essa nova concepção de produção: na indústria de transformação.

Para justificar o emprego dos mesmos conceitos e técnicas em setores diferentes, aceitou-se a analogia entre o fluxo repetitivo de materiais e componentes por atividades fixas (da indústria) e o fluxo de atividades repetitivas da construção. A compatibilidade entre esses dois ambientes já foi debatida e aceita em outros fóruns de discussão – por exemplo, os congressos do *Lean Construction Institute*. Dessa forma se espera que o emprego de conceitos industriais para descrever o processo construtivo já está legitimado, dando consistência ao caráter exploratório da pesquisa.

Este trabalho, por outro lado, tem motivação de uma pesquisa aplicada quando define como *lócus* de estudo uma obra específica, localizada num

centro urbano e sujeita à restrições concretas de execução. Ele não atinge plenamente os objetivos da pesquisa aplicada, por quanto discute problemas e soluções no âmbito de um anteprojeto. Não dispõe, portanto, de resultados efetivos de execução de uma obra, que seriam necessários para configurar a aplicação (em situação real). Ocorre que, seu aspecto preliminar de discussão de um anteprojeto, incluindo a confrontação de situações reais às soluções propostas, induz o posterior debate e a elaboração mais consistente de um projeto definitivo. O trabalho tem uma visão de engenharia quando busca antecipar a situação real de uma obra específica. Por esta razão pode-se afirmar que ele encaminha toda uma linha de pesquisa para uma futura pesquisa aplicada.

2.3 MEIOS EMPREGADOS NA PESQUISA

Quanto aos meios empregados, a pesquisa aborda duas vertentes. A primeira é a de pesquisa bibliográfica, procurando produzir instrumental analítico do processo produtivo proposto – conceituando a implementação de uma nova organização da construção a partir de um processo industrial já conhecido. A regra adotada para caracterização de uma concepção nova tem por base o instrumental mediato: revisando as definições e procedimentos da produção *lean* e estabelecendo a analogia entre o *lean* industrial (já consolidado) e a construção *lean* (objeto da descrição exploratória).

Outro meio de pesquisa empregado, que estabelece a segunda vertente de trabalho, diz respeito ao caráter experimental da pesquisa. Apesar de não lidar com um estudo de caso propriamente, o estudo de anteprojeto de um prédio comercial se reveste de sentido prático quando, por regra de ofício, assinala as condições gerais de execução que podem interferir na realização da obra. Omissões que porventura tenham ocorrido são facilmente identificadas, dado o aspecto descritivo das operações estudadas. Dessa maneira o trabalho permite, a qualquer tempo, uma revisão das suas estimativas e previsões de performance, se ajustando cada vez mais à situação real. Vale esclarecer contudo, que os dados apresentados estão correntes com estimativas e previsões de profissionais da área de construção – entrevistados, mas não citados no trabalho.

Há que se assinalar que o estudo de construção *lean* apresentado, apesar de limitado à logística de abastecimento e a montagem das estruturas metálicas não estabelece restrições de processo construtivo. O fluxo proposto e estudado é o ponto essencial para a transformação da construção predial. O estudo de montagem enseja uma base para a implementação subsequente de frentes simultâneas de serviços (de fechamento dos andares). Dessa forma, a integração da logística de abastecimento, das atividades de içamento e montagem e a abertura de frentes simultâneas de serviço, com redução de desperdícios de espera e de estoques, estabelecem condições de aumento de produtividade que são o foco do conceito *lean* de construção. Por essa razão, o objeto de estudo ganha generalidade como instrumento amplo de discussão da construção predial.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 A PRODUÇÃO *LEAN*

3.1.1 Histórico da Evolução dos Processos de Produção

A produção inicialmente ocorria de maneira artesanal, restrita ao ambiente domiciliar. A partir do século 18, teve início a organização da produção, havendo uma centralização da produção e dando origem a um processo histórico crescente de domínio e controle gerencial. O processo de trabalho predominante caracteriza-se, a partir de então, como manufatureiro, no qual as atividades de trabalho centralizadas nos ofícios são decompostas e reorganizadas. Ocorrendo assim uma divisão do trabalho e uma fragmentação das tarefas, embora o artesanato continuasse sendo à base do trabalho (MENDES, 2002).

No início do século 19, surgem novas mudanças na organização da produção e do processo de trabalho:

O Taylorismo surgiu a partir das idéias de Frederick Taylor, na primeira metade do século 19, em sua “Administração Científica” que representou a tentativa de racionalizar a gestão do trabalho e da produção. Essa mudança nos métodos de trabalho deve ser analisada dentro do contexto histórico em que ocorreu, quando se teve início o uso da maquinaria nas fábricas, cuja prática até então, denominada por Taylor de “iniciativa e incentivo”, era caracterizada por uma iniciativa do operário de definir sua maneira de trabalhar, mas com o incentivo de intensificação da produção (MENDES, 2002).

Taylor (1976), defendia quatro princípios básicos como os fundamentos da “Administração Científica”:

1º. Princípio - “Substituição do critério individual do operário por uma ciência”.

Com este princípio, Taylor buscou atribuir à gerência a responsabilidade de desenvolver uma “ciência”, que substituiria os métodos empíricos geraria

uma prática determinada pela gerência sobre o que fazer, como e em quanto tempo.

Dessa forma, Taylor objetivava racionalizar a produção, por meio da padronização da melhor forma de executar uma tarefa. Ele defendia o estudo de tempos e movimentos do operário para analisar quais eram úteis e eliminar os inúteis e assim aumentar a intensificação do trabalho.

2º. Princípio - “Seleção e aperfeiçoamento científico do trabalhador, que é estudado, instruído, treinado e, pode-se dizer, experimentado, ao invés do próprio escolher os processos e aperfeiçoar-se por acaso”.

Taylor defendeu com este princípio que a escolha dos funcionários seja feita pela direção, de modo a selecionar os que são realmente apropriados para o tipo de trabalho em vista. Em relação ao treinamento, ele argumentava que a gerência proceda ao treinamento, que abrange uma seqüência de ordens sobre a forma de execução das tarefas, as quais devem ser seguidas sem protestos ou desobediências. Dessa forma, o trabalho é dividido em tarefas simples e repetitivas.

3º. Princípio - “Cooperação íntima da administração com os trabalhadores, de modo que façam juntos o trabalho, de acordo com leis científicas desenvolvidas, em lugar de deixar a solução de cada problema, individualmente, a critério do operário”.

Taylor buscava assim que o operário fosse orientado e auxiliado diariamente de maneira “científica” pela gerência, de maneira cordial, indo contra práticas anteriores, que estimulavam a coação na figura do capataz, o qual se impunha de maneira autoritária.

4º. Princípio - “... com a divisão equânime, entre a direção e os trabalhadores, das partes de cada tarefa diária; a administração encarrega-se das atribuições para as quais está mais bem aparelhada e os operários das atribuições restantes”.

Essa divisão “equânime” representa uma confirmação do primeiro princípio. Taylor defendeu a idéia de que o trabalhador está mais capacitado para o trabalho físico, enquanto a gerência está mais preparada para as funções de concepção e planejamento. Na concepção, ele propõe que seja definido qual o trabalho que deve ser feito, como deve ser feito, onde e por quem será executado e, finalmente, quando deverá ser feito. Taylor compreendeu também que a produção envolvia problemas humanos, assim como materiais e mecânicos e levou em conta os aspectos psicológicos quando estudava o elemento humano.

O autor defendeu a padronização de instrumentos e de métodos, o aprofundamento do estudo do tempo e do movimento (sistematizado por Frank Gilbreth tentando eliminar todos os movimentos inúteis, substituindo os movimentos lentos por outros rápidos no assentamento de tijolos), a determinação de tarefas e gratificações.

Para Silva (1974), Taylor demonstrou que a aplicação da pesquisa científica, como método para estudar e resolver as questões administrativas, conduzia invariavelmente, a três resultados favoráveis a empregados e desejados por todos: aumento de produtividade, aumento de salários e redução de esforço e fadiga.

Henry Ford, por sua vez, buscou um processo de trabalho que aumentasse a produção de seus automóveis, de modo a baratear o custo do seu modelo “T”, tornando-o acessível ao maior número de pessoas possível.

Surge assim o modelo de produção em massa ou fordismo, o qual será descrito a seguir.

O termo fordismo pode ser entendido como um princípio geral de organização da produção, que considera simultaneamente a forma de organização do trabalho, o estilo de gestão e o paradigma tecnológico, todos característicos do modo de desenvolvimento fordista (FERREIRA, 1999).

Segundo Góes (1999), esse processo, por outro lado poderia ser entendido pela divisão e especialização do trabalho, pela hierarquização e centralização excessiva e pela mecanização com base em equipamentos altamente especializados. Este autor acrescenta que esses equipamentos são interligados por meio da linha de montagem, inovação concebida por Ford, o qual se transformou no maior símbolo deste modo de produção.

Dina (1987) acrescenta, com a introdução da linha de montagem, a obrigação do operário de respeitar os tempos determinados não está mais ligada a uma alternativa entre recompensa e punição, mas sim rigidamente estabelecida por um parâmetro técnico: a velocidade de deslocamento da linha. Posteriormente surgem dois aspectos limitantes: a fase de trabalho da peça deve ser realizada acompanhando as peças em movimento e no tempo mecanicamente determinado para cada fase. Com isso, a lógica taylorista da predeterminação dos tempos é levada ao seu limite extremo.

Ao mesmo tempo, surge uma diferença entre a lógica fordista e a taylorista. Agora, na lógica fordista, segundo Dina (1987), baseada no seu rendimento individual só tem um sentido formal, pois o rendimento de cada operário é condicionado não só pela linha de montagem, mas também pelos colegas “à sua esquerda e à sua direita”.

Já para Womack et al. (1992), a chave da Produção em Massa não residia na linha de montagem em movimento. Consistia sim na completa e consistente intercambialidade das peças e na facilidade de ajustá-las entre si. Segundo eles, essas foram as inovações que tornaram a linha de montagem possível. Para tanto, Ford padronizou as medidas – metrologia, de todas as peças do automóvel, o que antes ficava a cargo de cada operário.

Tomadas conjuntamente, a intercambialidade, a simplicidade e a facilidade de ajuste proporcionaram à ford grandes vantagens em relação aos competidores. Por exemplo, ele pôde eliminar em grande parte os “ajustadores qualificados, que sempre haviam constituído maioria da força de trabalho de montagem” (WOMACK et al., 1992). Além das peças intercambiáveis, Ford

aperfeiçoou o operário intercambiável. Isto porque os montadores precisavam apenas “apertar parafusos” ou “colocar rodas”, sem precisar falar a língua do seu colega ou mesmo do supervisor. Para tanto foram criados cargos de especialistas, tais como o engenheiro de produção, os faxineiros (para limpar as áreas de trabalho), o chefe da qualidade. Os erros só eram descobertos quando do término do produto, e os reparos e retrabalhos ficavam sempre para uma outra equipe, no final da linha de montagem.

Outra característica do fordismo surgiu com a especialização das máquinas, que passaram a executar a maior parte do trabalho, tornando assim o treinamento dos operários algo simples e rápido concentrando o conhecimento nos especialistas.

Mudanças no cenário mundial, tais como: a não absorção de quantidades crescentes de produtos, a demanda por qualidade, a transformação tecnológica que tornou obsoletos os equipamentos de produção com objetivo único, e a busca de produtos com características mais flexíveis, conduziram a evolução organizacional, identificada como a transição da produção em massa, para à produção flexível.

3.1.2 O Novo Paradigma

3.1.2.1 Histórico da produção *lean*

Nos anos 50, começaram a surgir no Japão as idéias de uma nova filosofia de produção, que passou a ser chamada de *lean production* (produção *lean*) ou sistema toyota de produção. Na verdade, essa filosofia surgiu das tentativas, da Toyota Motors Company, de melhorar o desempenho do setor automobilístico e que, devido ao grande êxito, espalhou-se por outras indústrias e pelo mundo. O engenheiro Taiichi Ohno da Toyota, foi o grande responsável pelo novo sistema de produção e, por esta razão, também passou a ser conhecido como “ohnismo” (MENDES, 2002).

Após a 2ª guerra mundial, a Toyota desejou ingressar na produção em larga escala de carros e caminhões e, Eiji Toyoda, visitou uma fábrica da Ford nos EUA, para observar as características do sistema de produção (WOMACK et al., 1992). No Japão, contudo, os seus engenheiros perceberam que o sistema de produção em massa necessitava ser adaptado às características locais: pouco capital, poucas máquinas, sem máquina cativa e flexibilidade.

A Economia no pós-guerra estava arrasada, impossibilitando assim investimentos em alta tecnologia. Visando proteger o mercado interno japonês, o Ministério do Comércio Exterior e Indústria do Japão (MITI) criou elevadas tarifas alfandegárias, proibiu a propriedade estrangeira para evitar concorrência local. Também sugeriu que cada empresa deveria se especializar em um ramo, como carros, ônibus ou caminhões. Ao invés disso, a Toyota e a Nissan seguiram um outro caminho, lançando uma linha completa de novos modelos, preferindo tornarem-se produtores completos. Para contornar os problemas encontrados, a Toyota deu um novo enfoque à produção automobilística, criando regras gerais de produção, que vieram a ser chamadas de sistema toyota de produção.

No sistema de produção em massa, grandes lotes de peças eram produzidos por dia, totalizando milhões de peças acabadas no ano. O mercado japonês, entretanto, não tinha capacidade de absorver essa produção de um único produto. Para solucionar esse problema, Shigeo Shingo realizou diversos estudos para efetuar a troca rápida de ferramentas, conseguindo reduzir o tempo de troca de ferramentas (*set-up*) de algumas horas para, no máximo, dez minutos. Com a redução do tempo de *set-up*, Ohno verificou que a produção de pequenos lotes era mais lucrativa, pois eliminava os custos dos imensos estoques de peças acabadas da produção em massa e os desperdícios com peças não conformes, pois, como poucas peças eram produzidas por lote, um defeito era detectado mais rápido.

Ohno também detectou um alto índice de absentéismo e como este era tratado, pois eram necessários muitos operários-reservas para substituir os ausentes. Organizou os operários em grupos de trabalho, com um líder de

equipe que além de substituir os operários ausentes, era responsável por coordenar a produção, a limpeza do posto de trabalho e o controle da qualidade. As equipes se reuniam periodicamente para dar sugestões para a melhora do processo. Este processo de melhoria contínua foi chamado de *Kaizen*.

Para evitar-se que defeitos de montagem fossem passados adiante, determinou-se que, a cada defeito, a linha de montagem deveria ser parada (até que o problema fosse resolvido. Ohno, além disso, instituiu os “Cinco Porquês”, um sistema de resolução de problemas no qual, a cada porquê, uma causa mais profunda era descoberta, até que a solução definitiva fosse encontrada. No início, a linha de montagem era parada incessantemente, mas à medida que os problemas eram resolvidos em sua causa real, e a mesma era aprendida por todos, o número de paradas foi reduzido a quase zero.

A Toyota estimulou os fornecedores a trocarem informações entre si buscando melhorar os projetos de peças. Como estes não competiam entre si, essas trocas de informações eram benéficas para todos, pois possibilitava o aperfeiçoamento dos projetos, que antes eram de responsabilidade das montadoras, no sistema de produção em massa. A fim de buscar uma melhoria na cadeia de suprimentos de peças, onde as mesmas deveriam chegar no posto de trabalho na hora certa, a Toyota criou o *Kanban* e o *Just-in-Time*, para um ganho na cadeia de suprimento: as peças deveriam chegar ao posto de trabalho na hora certa. Segundo Corrêa e Giansesi (2001), *Kanban* é um sistema de “puxar” a produção a partir da demanda, produzindo em cada estágio somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário. Este nome é dado aos cartões utilizados para autorizar a produção e a movimentação de itens ao longo do processo produtivo. Já o *Just-in-Time* é um procedimento que inclui aspectos de administração de materiais e gestão de recursos humanos.

A implantação destas novas técnicas de gestão da produção, aliadas a um contato próximo com os consumidores, fez com que a Toyota aumentasse

continuamente a produtividade e melhorasse sua participação no mercado mundial.

Empresas de todo o mundo, típicas produtoras em massa, têm por objetivo por meio da implantação de técnicas *lean*, igualar ou superar o desempenho de seus concorrentes japoneses. A produção deve ser planejada em função do menor custo possível, e por meio da eliminação de todo e qualquer desperdício, essa combinação é o que vai gerar o preço; sendo esse o menor, mais chances de competitividade no mercado terá o produto. Na verdade, a essência do Sistema Toyota de Produção (STP) é a perseguição e a eliminação de toda e qualquer perda. É o conhecido “princípio do não-custo”. Este baseia-se na crença de que a tradicional equação

$$\text{CUSTO} + \text{LUCRO} = \text{PREÇO}$$

deve ser substituída por:

$$\text{PREÇO} - \text{CUSTO} = \text{LUCRO}$$

Na lógica tradicional, o preço era imposto ao mercado como resultado de um dado custo de fabricação somado à uma margem de lucro pretendida. Desta forma, era permitido ao fornecedor transferir ao cliente os custos adicionais decorrentes da eventual ineficiência de seus processos de produção. Com o acirramento da concorrência e o surgimento de um consumidor mais exigente, o preço passa a ser determinado pelo mercado. Sendo assim, a única forma de aumentar ou manter o lucro é por meio da redução dos custos.

Na Toyota, a redução dos custos pela eliminação das perdas é conseguida por meio de uma análise detalhada do valor do produto, de sua cadeia de valores, do fluxo do processo, da produção puxada do mesmo, atingindo a perfeição, ou seja, fazendo-se uso dos princípios *lean*.

3.1.2.2 Princípios *lean*

Womack e Jones (1998) identificam cinco princípios do pensamento *lean* nas organizações, que visam à eliminação das perdas (desperdícios), lembrando-se que o começo é obtido pela definição de valor pelo cliente. São eles:

a) Especificação do Valor:

A definição de valor deve ser feita pelo cliente final do produto. O cliente deve ser atendido de forma eficaz, no momento certo e com preço adequado. Para isso, não é suficiente apenas ter um processo eficiente com um corpo técnico capacitado e meios produtivos sofisticados. É preciso que, ao sair da empresa, o produto satisfaça os anseios do cliente, ao invés de ser apenas entregue o resultado de um processo de produção perfeito, mas que não lhe é atraente.

Após a especificação do valor e definição do produto, o passo seguinte é a determinação do custo-alvo, considerando a eliminação de toda a perda visível existente no processo.

b) Identificação da Cadeia de Valor:

De acordo com Rother e Shook (1998), a cadeia de valor consiste em todas as ações agregadoras e não agregadoras de valor; normalmente necessárias para conduzir um produto, por meio dos principais fluxos essenciais durante a produção: (a) o fluxo de produção da matéria-prima até o consumidor; (b) o fluxo de projeto da concepção ao lançamento.

Womack e Jones (1999) entendem ser a cadeia de valor, o conjunto de ações que conduzem um determinado produto durante as três tarefas gerenciais críticas:

- Tarefa de solução de problemas: vai desde a concepção, passando pelo projeto detalhado e engenharia, finalizando com o lançamento do produto;

- tarefa de gerenciamento da informação: inicia-se com o recebimento do pedido, seguindo um cronograma detalhado, tendo fim com a entrega;
- tarefa de transformação física: vai da matéria-prima até o produto acabado.

Portanto, a cadeia de valor consiste no processo pelo qual o produto passa; desde a sua concepção, passando pelo fluxo de produção da matéria-prima ao produto acabado, contemplando as especificações detalhadas de projeto e os prazos estabelecidos, e finalizando com a entrega do produto ao cliente final. Durante cada uma dessas etapas, irão existir atividades agregadoras e não agregadoras de valor ao produto. Por esse motivo, todos os envolvidos no processo de produção devem buscar um entendimento destes conceitos visando à eliminação de passos desnecessários em cada atividade e entre as mesmas, ajustando assim toda a cadeia em torno de um objetivo comum.

c) Fluxo:

O fluxo de valor deve permear por toda a cadeia produtiva. As atividades devem fluir gerando valor de uma etapa para outra (fluxo contínuo) e não ficarem estanques e ligadas ao conceito dos lotes, segundo o qual uma atividade só é iniciada quando se tem um grande número de peças a serem processadas, impedindo que o fluxo seja contínuo.

Womack e Jones (1998) também indicam abordagens a serem consideradas no estudo do fluxo de valor, quais sejam:

- Focalizar o produto do início ao fim do processo (após a definição do valor e da cadeia de valor);
- ignorar as fronteiras tradicionais, tais como divisões entre departamentos e empresas e atribuições funcionais, eliminando os obstáculos ao fluxo contínuo;

- repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas (eliminar retrofluxos, sucata e paralisações de todos os tipos).

Por meio da utilização dessas abordagens, faz-se possível a visualização de toda a cadeia produtiva e a identificação dos passos e partes que necessitam serem revistos, para que haja um fluxo contínuo. O estudo do fluxo pode ser conduzido por meio do mapeamento do fluxo de valor, o qual permite uma análise de toda a cadeia de valor e não apenas de pontos isolados. Além disso, pode-se apontar as fontes geradoras de perdas na cadeia de valor e, também, as ligações entre os fluxos de material e informação (ROTHER e SHOOK, 1999).

d) Produção Puxada:

O cliente deve puxar a produção, ou seja, apenas o que for solicitado será fabricado. Para tanto, deve haver flexibilidade e agilidade para que sejam atendidos os desejos do cliente que pede um determinado produto (ALVES, 2000).

A produção puxada será novamente abordada, com maior detalhamento, onde será apresentada uma ferramenta de auxílio à mesma: o *Kanban*.

e) Perfeição:

Ao se alcançar o sucesso com a integração dos princípios anteriores, parte-se então em busca da maior satisfação possível do cliente, o qual receberá produtos mais próximos das suas necessidades. Os autores comentam que o estímulo mais importante para o alcance da perfeição pode ser a transparência, a qual possibilita que todos os envolvidos no processo possam ver tudo, e possam contribuir para melhorar a agregação de valor ao produto em toda a cadeia (ALVES, 2000).

Portanto observa-se que a utilização dos princípios apontados por Womack e Jones (1998) têm como objetivo principal a eliminação das perdas criando um fluxo contínuo de valor, que alcance todas as etapas da cadeia

produtiva, visando à obtenção da perfeição no atendimento aos requisitos dos clientes.

3.1.2.3 Desperdícios

Segundo Womack (1992), o desperdício, também conhecido na língua japonesa por *muda*, normalmente é associado ao que se classifica como lixo, porém sua definição vai além disso.

De acordo com Campos (1996), o desperdício é todo e qualquer recurso que se gasta na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário (matéria-prima, materiais, tempo, energia, por exemplo). É um dispêndio extra que aumenta os custos normais do produto ou serviço sem trazer qualquer tipo de melhoria para o cliente.

Reduzir o desperdício – *muda* – na produção significa eliminar tudo aquilo que aumenta o custo de produção, ou seja, transformar *muda* em valor. Muitas vezes os desperdícios não são facilmente notados, pois se tornaram aceitos como consequência natural do trabalho rotineiro.

Para melhor entender a conceituação, deve-se dividir o trabalho produtivo em três diferentes formas:

- a) Perda: operações e/ou atividades que não agregam valor e podem ser eliminadas. Dentro deste conceito, pode-se citar: espera, estoques intermediários entre operações, reabastecimento, movimentação do produto etc.
- b) Operações que não agregam valor entretanto são imprescindíveis: são as atividades que não beneficiam a matéria-prima, por exemplo: movimentação para alcançar peças, desembalagem de caixas, operações manuais de comandos do equipamento etc.
- c) Operações que agregam valor: são atividades que transformam a matéria-prima, modificando a sua forma e qualidade. Esses valores são normalmente percebidos pelo cliente final, pois de nada vale incluir

atividades no processo que não possam ser “cobradas” daquele. Caso contrário, podem gerar desperdícios. Muitos processos e atividades não são percebidos pelo cliente, mas são observados pela manutenção da Qualidade e Segurança do produto, como, por exemplo, testes finais de qualidade. Portanto, quanto maior o valor agregado, maior a eficiência da operação.

A experiência de fábrica mostra que o percentual de trabalho que agrega valor a um produto é menor do que o esperado, havendo a necessidade de se transformar todo e qualquer movimento em trabalho. O trabalho avança um processo à frente e agrega valor, ao passo que a movimentação, por mais rápida e eficiente que seja, poderá não agregar nada.

O Quadro 3.1 quantifica as atividades de melhoria na eliminação das perdas na Toyota, entre os anos de 1976 e 1980, as quais são expressas na forma de sugestões naquele período.

Quadro 3.1 – Sugestões de melhorias na Toyota Motors

Ano	Número Total de Sugestões	Número de Sugestões por pessoa	Taxa de Adoção
1976	463.000	10,6	83%
1977	454.000	10,3	86%
1978	527.000	11,9	88%
1979	575.000	12,8	91%
1980	860.000	18,7	94%

Fonte: Monden (1984)

Por outro lado, o Quadro 3.2 ilustra o impacto dessas atividades, ao ser feita uma comparação entre a montagem Toyota e os fabricantes de automóveis americanos, suecos e alemães.

Quadro 3.2 – Tempo de montagem por veículo

	Toyota (Takaoka)	EUA	Suécia	Alemanha
Nº de empregados	4300	3800	4700	9200
Nº de carros produzidos	2700	1000	1000	3400
Nº de empregados por Nº de carros produzidos	1,6	3,8	4,7	2,7

Fonte: Shingo (1996)

Os números mostram a grande importância do envolvimento dos funcionários devidamente motivados, que poderão contribuir com novas idéias para o aprimoramento do processo produtivo, acarretando, assim, ganho de produtividade e qualidade, tornando a empresa mais competitiva.

Tipos de desperdício

De acordo com Womack (1992), o executivo Taiichi Ohno identificou os principais tipos de desperdício. São sete tipos primários, que também conduzem à desperdícios secundários. A título de exemplificação, temos o estoque extra que provoca a necessidade de material e mão-de-obra além da quantidade habitual, gerando custos indiretos, como energia e outras utilidades. Na seqüência, os sete tipos de desperdício são apresentados e descritos:

- Superprodução;
- espera;
- transporte;
- processamento;
- estoque;
- defeitos;
- movimentação desnecessária.

Superprodução: está relacionada ao fato da produção ser superior à demanda ou o ritmo da mesma ser além do necessário. Portanto, dentro do Sistema Toyota de Produção (STP), a produção deve basear-se na filosofia *just-in-time (JIT)*, significando produzir peças ou produtos exatamente na quantidade pedida, quando solicitada, e não antes disso. Dessa forma, o volume de produção deve ser igual ao número de pedidos. Como nem sempre é possível atingir um ciclo de produção que seja menor do que o prazo de entrega, o método do “supermercado” também foi adotado para planejamento e produção.

Os equipamentos devem ser utilizados no maior limite possível de seu aproveitamento; porém, se isso for feito sem considerar-se a necessidade da demanda, ocorrerá uma superprodução. Assim, quando forem produzidas peças ou produtos que não serão vendidos, haverá a necessidade de capital de giro para mantê-los em estoque.

A superprodução induz a uma situação onde todos estão ocupados, trabalhando, e que as atividades fluem normalmente. Isto é ilusório, pois elevados volumes distorcem a verdade e mascaram os problemas da produção que podem vir à tona, quando os excessos são eliminados.

A superprodução tende a esconder problemas de produção ou defeitos, e produções ineficientes. Além disso, também pode ocasionar outros desperdícios, como:

- O crescimento de estoques e conseqüentemente, imobilização do capital antes do tempo e aumento de despesas financeiras;
- necessidade de utilização de maior espaço, o que exige ampliação das instalações;
- desmotivação das equipes quanto à produtividade;
- compras de materiais ou componentes em duplicidade, assim como danos aos produtos e materiais armazenados;
- gastos em excesso com energia e utilidades.

A superprodução esconde, ainda, a questão da movimentação, pois qualquer movimento de pessoas ou de maquinário, que não agregue valor, será

considerado como perda de movimento. Os movimentos de pessoas (operadores) devem ser planejados de forma ergonômica, para evitar perdas de produtividade, que são ocasionadas pelo desgaste físico e mental. Quando movimentos desnecessários são analisados, revisa-se o valor agregado, e o método de trabalho operacional, de forma a não sobrecarregar o operador.

Quando os movimentos de um operador são observados, pode-se comparar e analisar o valor agregado e o valor não-agregado. Em um acompanhamento de estudos de métodos e tempos é possível observar movimentos que podem ser agrupados, melhorados ou até mesmo eliminados, por meio de simples ações como, por exemplo, a melhor disposição física da estação de trabalho.

Segundo Shingo (1996), ações desse tipo podem ser implementadas, tanto no processo de fabricação, quanto nas operações. Entende-se por processo e operações:

- a) Processo – fluxo de materiais no espaço e no tempo. É a transformação de matéria-prima em componentes semi-acabados, que, por sua vez, se transformam no produto acabado.
- b) Operações – são os trabalhos realizados para a efetivação da transformação. Quando o método de trabalho não é adequado, há trabalho além do necessário, o que resulta em menor produtividade.

Espera: é a atividade de espera para se processar determinada peça, o que constitui desperdício. Refere-se à matéria-prima, aos produtos semi-acabados que serão processados, e à acumulação de estoques excessivos a serem entregues. Portanto, com relação à estocagem, têm-se dois tipos de espera: as de processo e as de lotes.

As esperas de processo normalmente estão relacionadas às taxas de defeitos superestimadas, causando a espera do processamento do excedente, ou, devido à antecipação da programação, os estoques intermediários podem ser gerados por desbalanceamento, fabricação de *buffers* (estoques

intermediários) para a absorção de quebras e refugos, e para segurança gerencial.

Enquanto o operador assiste ao trabalho da máquina, ele não tem possibilidade de fazer outra atividade; conseqüentemente, não agrega valor. Esse tipo de desperdício é conhecido por “tempo morto”. Em algumas organizações não planejadas, ocorre freqüentemente a utilização de operadores em ciclos automáticos, que acompanham o funcionamento da máquina sem desenvolverem atividades paralelas durante o tempo de processamento do equipamento.

São necessários portanto, estudos que possibilitem a menor intervenção do homem na operação, visando seu melhor aproveitamento durante o tempo de processamento do equipamento que opera.

Para esses casos devem ser utilizados conceitos de fluxo contínuo de fabricação, fazendo-se uso do bom senso, da lógica, da criatividade e da iniciativa, para o desenvolvimento de métodos eficazes.

Outro ponto a ser ressaltado é o de manufatura celular nem sempre pode ser implementada com a utilização de equipamentos “velhos”. A engenharia deve desenvolver pequenos equipamentos automatizados que não requerem o acompanhamento intensivo, tendo-se como objetivo o chamado fluxo de uma peça.

Transporte: esse elemento é de grande importância na produção, devido ao seu envolvimento com as entregas de peças e materiais, e as informações de entrega e chegada de grandes lotes de peças fornecedores. Operações de transporte para distâncias maiores do que as necessárias, taxas e mudanças são também caracterizadas como desperdícios.

Muitos processos são desenhados com distâncias definidas entre máquinas, o que ajuda o uso de lotes de produção. Em função da movimentação desses lotes o operador, deixa seu posto de trabalho para mover essas peças, que compõem *muda*. Ao se planejar e desenhar estações de trabalho, é

necessário que se observe a localização, que deverá ser o mais próximo possível das operações simultâneas requeridas pelos lotes.

Todavia, lotes de transporte de peças unitárias acrescentam um incremento ao transporte de um processo ao próximo, este pode ser resolvido por meio da otimização do arranjo. Após essa primeira providência, meios de transporte com maior eficiência devem ser considerados. Desta forma, o material processado flui facilmente de um processo para outro, propiciando a redução dos tempos de produção e o número de homens-hora de transporte.

O transporte é somente uma movimentação de produtos, o que não contribui diretamente para o valor agregado destes. Esta é a razão pela qual o transporte deve ser reduzido e utilizado para o fornecimento da quantidade, hora e lugar certos, de acordo com a solicitação.

Processamento: a atividade de acrescentar ao processo mais “trabalho” ou esforço do que o requerido pelas especificações dos clientes também é um tipo de desperdício. O valor do produto deve ser criado pelo produtor, o cliente enxerga e deseja pagar pelo mesmo. Dessa forma, o “pensamento *lean*” tem início com uma tentativa de definição precisa do valor, em termos de produtos, com capacidades especificadas, oferecidas a preços mínimos, por meio do diálogo com os clientes.

Um ponto importante na avaliação do processamento é a utilização de ferramentas de prevenção, como a análise de modo e efeitos de falha potencial de produto e processo. Alguns engenheiros, com o objetivo de proteger constantemente suas atividades, alocam ao produto ou componente fatores de tolerância mais “apertados”, assim a empresa desenvolve meios de processamento e controles sofisticados, rígidos e complexos, ao passo que para a real necessidade, essa designação é desnecessária. Esse tipo de posicionamento garantirá a qualidade do produto final, ao cliente, com uma maior segurança, porém os custos poderão impedir à competitividade do produto dificultando a oportunidade de um novo negócio.

Outro exemplo comum, em plantas produtivas, é a busca de perfeição, pois, quando tida como objetivo, há maior demanda de tempo para a obtenção de resultados, e tempo não-produtivo não agrega valor.

Estoque: quando ocorre excesso de fornecimento de peças entre os processos, ou muitas peças (matéria-prima, componentes e outros) são entregues pelos fornecedores, com o intuito de abastecer a fábrica, ocorre o que se chama de estoque. Este gera custos e exige capital de giro para sua manutenção, ou seja, perdas. Quanto maior o estoque, maior o desperdício.

O estoque é uma garantia contra emergências, porém grandes estoques dificultam o acesso, aumentam o custo de manutenção e ainda ocupam áreas da empresa, originando custo pela sua ocupação.

Outro problema das empresas com grandes estoques é que estes escondem a realidade das organizações, dificultando a identificação dos problemas existentes e a sua eliminação. Quando ocorrem problemas com as peças de fornecedores, é mais difícil de se identificar a verdadeira causa do problema para iniciar as ações corretivas.

Normalmente, inventário excessivo é desperdício, pois há produção além do necessário, o que gera lotes (estoques) intermediários, devido à inexistência de um fluxo contínuo. A produção *lean* tem como objetivo a ser atingido, um sistema no qual tudo esteja ligado em fluxo coerente de peças unitárias.

Embora essa integração total não seja facilmente atingida, um sistema de entregas, mistas contínuas e freqüentes de pequenos lotes, pode ser desenvolvido para plantas de fabricação e para linhas de montagem. Dessa forma, chegarão entregas constantes, vindas de processos adjacentes à planta de montagem final.

Todas as atividades devem ser sincronizadas com os tempos de fabricação unitários e controladas por meio do sistema *kanban*. O sucesso dessa atividade refletirá na rotatividade do estoque. Para melhor visualização

desta, o Quadro 3.3 mostra a comparação com outros fabricantes de automóveis.

Quadro 3.3 – Rotatividade de estoque de fabricantes de automóveis por país

	Toyota	Companhia A (Japão)	Companhia B (EUA)	Companhia C (EUA)
1960	41 vezes	13 vezes	7 vezes	8 vezes
1965	66	13	5	5
1970	63	13	6	6

Fonte: Monden (1984)

Defeitos: pode-se dizer que este está entre os piores fatores de desperdício, pois os mesmos podem gerar retrabalho, custo de recuperação ou até mesmo a perda total de esforço e material. Outro ponto importante a ser considerado é o risco da perda dos clientes.

Os produtos devem ser manufaturados de forma correta, caso contrário, serão adicionadas tarefas desnecessárias para sua finalização, dentre as quais pode-se citar energia, tempo de equipamento, mão-de-obra e outros, que acrescentarão custos desnecessários para a correção do defeito encontrado.

Apesar de muitas vezes um problema ser corrigido, não tem sua “causa raiz” devidamente eliminada, acarretando problemas futuros dentro da própria planta, com operações subseqüentes, como risco de falhas no cliente final, e conseqüente perda. Essa é a razão pela qual esse desperdício deve ser tratado com elevado grau de importância.

Nos sistemas de produção convencional, normalmente é mantido um certo nível de estoque para prevenir que produtos com defeito causem transtornos à linha de produção. Como na produção *lean* a superprodução, o mais grave dos desperdícios, não é permitida, torna-se necessária a eliminação de ocorrência de defeitos. A inspeção deve prevenir os defeitos, e não

simplesmente encontrá-los. Algumas estratégias para a obtenção de “zero defeitos” seriam:

- a) Eliminar os excessos de estoques: os estoques são considerados nocivos por ocuparem espaço e representarem altos investimentos de capital. Também escondem ineficiências do processo produtivo, como problemas de qualidade, longos tempos de preparação de máquina para troca de produtos e falta de confiabilidade de equipamentos. Portanto, utilizando-se essa estratégia, não devem ser fabricados produtos desnecessários, ou seja, em excesso. Isto porque quanto mais produtos são produzidos, maiores são as chances de apresentarem defeito, muitas vezes ocasionados pelo próprio armazenamento (riscos, batidas e outros). Dessa forma, deve-se sempre lembrar dos princípios do *Just-in-Time*.
- b) Eliminar os trabalhos no processo: defeitos são facilmente escondidos durante o processo de fabricação, quando, por exemplo, as peças são empilhadas antes de serem movidas para a próxima operação. Nesse caso, o fluxo contínuo de peças não só garantiria a movimentação das peças sem estoques intermediários, como também permitiria que defeitos fossem encontrados rapidamente, sem que outras peças precisassem ser sucateadas.
- c) Sistema à “prova de erros” nos processos: esta seria uma abordagem sistemática para a antecipação e detecção de defeitos potenciais, tanto no processamento da peça, como no monitoramento da operação. Dessa forma, ocorreria a paralisação do processo, até que o defeito encontrado fosse eliminado.

Movimentação desnecessária: este está relacionado à desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens. As movimentações dentro do setor produtivo devem ser aquelas necessárias ao processamento de atividades. Muitas vezes, essas movimentações podem ser reduzidas, agrupadas ou até eliminadas. O ideal para a produção são atividades de movimentação realizadas sem comprometimento do ciclo produtivo e do rendimento do operador.

Como localizar os desperdícios

- a) Desperdício de matéria-prima: o uso de materiais com especificações superiores ou inferiores às necessidades são desperdício, pois, caso o material seja superior ao especificado, pode significar maior investimento para o mesmo resultado; se o material for inferior ao especificado, poderá não atender as necessidades e provocar perda total do produto, ou exigir reparos. Quantidades incorretas de matéria-prima também constituem desperdícios.
- b) Desperdício de mão-de-obra: a subutilização reduz a produtividade e aumenta os custos; a superutilização pode causar o estresse e favorecer falhas e erros; a falta de capacidade exige treinamento extra e acompanhamento, ocasionando o crescimento do risco. O excesso de capacidade também pode implicar mão-de-obra mais cara do que a necessária ou significar subaproveitamento de pessoas, gerando desestímulo.
- c) Desperdício nos métodos de trabalhos: a sofisticação produz custos de implantação e manutenção além do necessário, e a sua falta pode não garantir a qualidade final do produto. A falta do cumprimento de etapas no processo pode acarretar estrangulamentos de fluxo: “gargalos”, e o excesso pode gerar custos maiores do que os necessários, e também, atrasos nas entregas.
- d) Desperdício com equipamento: a utilização de equipamentos obsoletos pode comprometer a quantidade e a qualidade dos produtos, diminuindo a sua competitividade. Por outro lado, a utilização de equipamentos excessivamente avançados, o volume e a qualidade absorvidos pelo mercado podem não justificar o seu investimento, aumentando seus custos.

3.1.2.4 Ferramentas

A produção *lean* é composta por diversas ferramentas, devido à abordagem do presente trabalho, serão apresentadas:

- *Benchmarking*
- *Brainstorming*
- Sistema *Lean*
- Método “5S”
- *Just-in-Time*
- Produção Puxada (*Kanban*)
- Fluxo Contínuo
- Troca Rápida de Ferramentas
- Trabalho Padrão
- Manutenção Produtiva Total
- Mapeamento do Fluxo de Valor
- *Kaizen*

Benchmarking

Para o planejamento de instalação de uma nova divisão, torna-se importante a quantidade e a qualidade das informações coletadas, para que se possa antecipar problemas que venham a ocorrer (FERREIRA, 2004).

Segundo Campos (1996), essa ferramenta deve ser utilizada para que os gerentes saibam se alguma empresa já possui valores (indicadores) melhores do que os seus, ou ainda, para se anteciparem à potenciais acontecimentos, fazendo uso de seus dados históricos.

Caso a pesquisa apresente importantes informações para a tomada de decisões, deverá ser feita uma análise do como esses resultados foram obtidos, para se avaliar a viabilidade da implantação ou sua utilização como referência (FERREIRA, 2004).

Se os resultados forem viáveis, deverão ser copiados, para posteriormente serem melhorados.

As empresas somente serão competitivas caso igualem ou superem seus concorrentes, razão pela qual pesquisa-se constantemente as “referências de excelência”, o que melhor definiria a palavra *benchmarking*, já que a mesma não encontra um termo correlato, em português.

O *Benchmarking* é dividido em três tipos:

- a) Interno: atividades semelhantes são comparadas dentro da mesma organização;
- b) Competitivo: comparação das atividades locais com atividades semelhantes às dos concorrentes;
- c) Funcional: comparação entre atividades semelhantes, conduzidas dentro de empresas de ramos diferentes.

Responsáveis por gerências não criam a rotina de buscar valores de comparação competitivos, pois não têm certeza da própria capacidade de consegui-los. Há várias fontes que podem gerar tais dados, como literatura técnica, visitas aos concorrentes, fabricantes de equipamentos, organizações mundiais de empresas de um mesmo setor, congressos, consultores, entre outros.

De posse dessa ferramenta, pode-se comparar as práticas de negócio com aquelas das organizações que se estabeleceram como líderes ou que são inovadoras naquela função específica de negócios. Também é possível de comparar-se processos, em substituição à uma comparação entre produtos e serviços. Portanto, a ênfase não está apenas no que a outra organização produz, mas também em como ela desenvolve, fabrica, comercializa, presta suporte a um produto ou serviço.

Brainstorming

De acordo com Werkema (1995), o *Brainstorming* (tempestade de idéias) é uma dinâmica de grupo onde as pessoas, de forma organizada e com oportunidades iguais, fazem um esforço mental para opinar sobre determinado assunto.

Desenvolvida em 1930, e considerada como a mais conhecida maneira de geração de idéias, é uma técnica que pode ser melhor utilizada na fase de planejamento. É vinculada à análise de processos, que é a etapa onde são determinadas as causas mais significativas, as quais influenciam o problema, destacando as mais importantes. É também utilizada na elaboração de plano de ação, que compreende a determinação das contramedidas para atacar as causas principais, a discussão sobre a eficácia das contramedidas e a montagem do plano de ação propriamente dito.

A técnica apóia-se em dois princípios e em quatro regras básicas. O primeiro princípio é o da suspensão do julgamento, que requer esforço e treinamento. O objetivo da suspensão do julgamento é permitir a geração de idéias, por meio do qual serão avaliadas. O segundo princípio sugere que quantidade origina qualidade, pois, quanto mais idéias, maior número de conexões e associações a novas idéias e soluções.

As quatro regras básicas para o êxito de uma sessão de *brainstorming* são:

- Eliminar qualquer crítica, no primeiro momento do processo, para que não haja inibição nem bloqueio, permitindo assim o maior número de idéias;
- apresentar as idéias tal qual elas surgem, sem elaborações. As pessoas devem sentir-se à vontade e não inibidas de dizer “bobagens”. À princípio, as idéias mais desejadas são as que parecem sem sentido, as quais costumam servir de conexão para outras idéias criativas ou até representar soluções. Posteriormente, até podem ser

abandonadas, o que não é importante na hora da “colheita” de contribuições;

- obter a maior quantidade de idéias possíveis, considerando-se que a qualidade será melhor, pois as chances de se conseguir, diretamente ou por associação, idéias boas serão superiores;
- feita a seleção de idéias, as potencialmente boas devem ser aperfeiçoadas. Nesse processo, costumam surgir outras idéias. No entanto, é preciso lembrar que idéias iniciais são frágeis, e que é preciso reforçá-las, para que sejam aceitas.

O processo de *Brainstorming* é conduzido por um grupo de participantes bem acomodados, com um coordenador e um secretário previamente escolhidos. Cada participante recebe, antes da reunião, o enunciado do problema, com todas as informações disponíveis.

A sessão começa com a orientação aos participantes sobre as regras do jogo, a origem e o motivo do problema a ser estudado, fazendo-se uma breve revisão da questão. O início real da sessão deve ser considerado a partir do momento em que o problema é anotado em um quadro. A duração da sessão deve ter quarenta minutos, aproximadamente, período em que cada pessoa deve estar estimulada e desinibida para oferecer o maior número de idéias. Todos devem seguir a “regra de ouro”: é proibido criticar.

As idéias devem ser anotadas em local visível. O último passo é a seleção de idéias, que é feita por um subgrupo de duas a cinco pessoas. Esse subgrupo, depois, justificará as escolhas ao grupo, e com ele tentará aperfeiçoar as melhores idéias.

Sistema *Lean*

É grande o número de empresas que têm investido em atividades voltadas à eliminação de desperdício, como: *Kaizen* (melhoria contínua), *JIT/Kanban*, teoria das restrições – *theory of constraints (TOC)*, seis sigma,

downsizing, reengenharia e outros. Algumas delas produzem o mesmo resultado de vitórias isoladas contra as perdas, obtendo-se bons resultados, e também episódios de fracasso na melhoria do todo, devido à falta de um conhecimento mais profundo e amplo dessas atividades, ou pelo fato de não se articularem dentro de um sistema (FERREIRA, 2004).

Grande parte desses casos ocorre porque muitas empresas perderam de foco o valor para o cliente e a maneira de criá-lo. Ocasionalmente até mesmo a estagnação da economia dos países desenvolvidos.

Para que essa prática mude, há necessidade de instituir-se um pensamento *lean*, assim as empresas têm a possibilidade de especificarem claramente o valor, alinhando todas as atividades ao longo de uma cadeia de valor, possibilitando esse valor de fluir uniformemente, de acordo com as necessidades do cliente.

Para ilustrar o procedimento adotado por uma empresa *lean* foi elaborado o Quadro 3.4, onde são demonstrados os comparativos entre as atividades de fabricação com o conceito tradicional e aquelas com o conceito *lean*.

Quadro 3.4 – Fabricação tradicional x fabricação *lean*

Tradicional	<i>Lean</i>
Quando não se fabrica, não se gera lucros.	Quando não se obtém resultados positivos e peças de qualidade, não se geram lucros.
Programação da produção baseada em previsões e produção empurrada na fábrica.	Reagir à procura real e puxar a produção, na fábrica.
Longos tempos de preparação, agilizar durante a produção.	Tamanhos menores de lotes exigem preparação mais rápida das máquinas.
Relaxar durante a preparação, agilizar durante a produção.	Agilizar durante a preparação, observar, pensar, melhor durante a produção.

O estoque é natural, mantém a produção fluindo.	Estoque é desperdício, esconde os problemas de capacidade, produção e qualidade.
É necessário WIP para garantir a perfeita utilização da máquina.	Velocidade, fluxo de uma peça, sempre em movimento.
Mercadorias acabadas são ativos exigidos por procura incerta.	Estoque é uma responsabilidade. Quanto maior, mais custo.
A capacidade ociosa de uma máquina está perdida para sempre, mas o estoque pode salvá-la.	É melhor pagar um funcionário ocioso do que produzir estoque.
Os erros são parte natural do processo de produção.	Os erros são oportunidades de entender e aperfeiçoar o processo de produção.
A demanda real, em relação ao <i>lead time</i> , é intrinsecamente incerta. Apressar e despachar os pedidos são parte natural dos serviços ao bom cliente.	A resposta à demanda real é obtida de melhor forma a partir de equipamento e processos flexíveis e ampla capacidade.
O trabalho braçal do funcionário é uma despesa variável que deve ser evitada.	A capacidade intelectual do funcionário é um ativo a ser cultivado a longo prazo.
Diversos fornecedores garantem suprimento confiável e preços baixos.	As parcerias com fornecedores garantem serviços confiáveis e valorização.
Os clientes são a fonte dos lucros. Deve-se fazer o melhor para servi-los.	Os clientes devem ser servidos segundo seus requisitos. O “melhor” da empresa poderá não ser suficientemente bom.

Fonte: Apostila de Treinamento de VSM da empresa Eaton Corporation (1998)

Outra comparação entre os sistemas Ford e Toyota. Essa comparação constituiu o Quadro 3.5:

Quadro 3.5 – Diferenças entre o sistema Ford e o sistema Toyota

Característica	Ford	Toyota	Benefício
Fluxo de peças	Somente na Montagem	Interligação do processo e montagem	Ciclos curtos, inventário de produtos acabados reduzidos, estoque intermediário pequeno.
Tamanho do lote	Grande	Pequeno	Redução do estoque intermediário, produção contra pedido.
Fluxo do produto	Produto único (poucos modelos)	Produto misto (muitos modelos)	Redução do estoque intermediário, ajustes para mudanças, promoção do equilíbrio da carga.

Fonte: Shingo (1996)

Para Shingo (1996), na comparação entre os sistemas fica claro que o sistema Toyota apresenta uma evolução progressiva em relação ao sistema Ford, e que está voltado para atender ao mercado japonês, o qual produz em massa, em lotes pequenos, com estoques mínimos, e seu maior segredo é a troca rápida de moldes e ferramentas dentro da produção *lean*.

O sistema *lean* busca maneiras de fazer com que as pessoas pensem em fluxo, ao invés de processos discretos de produção, sendo implementado o sistema *lean*, e não processos isolados de melhoria.

Dessa forma, as melhorias ocorrem de forma sistêmica e permanente, e eliminam, não só os desperdícios, mas também as respectivas fontes geradoras, que não devem retornar. Para isso, há no sistema *lean*, um pacote com as principais ferramentas que são utilizadas para suportá-lo, podendo-se citar: 5S, TPM (Manutenção Produtiva Total), *Just-in-Time*, a Produção Puxada (*Kanban*), Mapeamento da Cadeia de Valor, Fluxo Contínuo, *Kaizen* e outras.

Método “5S”

O método “5S” foi importante tanto para a implementação da qualidade total nas empresas, como para a sustentação da produção *lean*. É possível principiar a eliminação de desperdícios em cinco fases, com base no método “5S”, surgido no Japão no fim da década de 60. Este foi um dos fatores para a recuperação das empresas japonesas e base para a implantação dos métodos da Qualidade Total naquele país.

A seguir serão apresentadas as fases desse programa que produz bons resultados e representa um avanço na implementação de uma empresa *lean*. Para Osada (1992), as fases estão divididas em palavras japonesas iniciadas com a letra “S” que compõem os “5S”: seiri, seiton, seiketsu, seiso e shitsuke. Cada uma destas será detalhada, para melhor entendimento:

a) Seiri – (Descarte) – Ter só o necessário, na quantidade certa. Deve-se saber diferenciar o útil do inútil, e o que tem utilidade certa deve estar disponível. Descartando o que é desnecessário, será possível concentrar-se apenas no que é necessário. As vantagens do descarte são:

- Reduzir as necessidades de espaço, estoques, gastos com sistema de armazenamento, transporte e seguros;
- facilitar o transporte interno, o arranjo físico, o controle de produção, a execução do trabalho no tempo previsto;
- evitar compras de componentes em duplicidade;
- reduzir o capital de giro em estoque, e outros.

A prática dessa fase deve ser feita por meio da escolha de um local de trabalho para uma experiência de descarte. Fotos devem ser tiradas, com a finalidade de se caracterizar a condição encontrada, antes da implementação da sistemática, e um grupo deve ser devidamente instruído, no que diz respeito às responsabilidades para a execução das atividades.

Tudo o que fizer parte do ambiente deve ser analisado e, o que for considerado como desnecessário, deverá ser devidamente identificado e ter um destino (descarte, alocação em outro setor, conserto ou venda).

É importante que, antes do descarte, pessoas de outro setor sejam convidadas a avaliar o material, pois pode haver alguma coisa de seu interesse (FERREIRA, 2004).

b) Seiton – (Arrumação) – Cada objeto tem o seu devido lugar, e após ser usado, deverá retornar ao mesmo. Tudo deve estar disponível e próximo ao local de trabalho, onde há o que é necessário, na quantidade, na hora e no lugar certos. Assim, propicia vantagens no ambiente de trabalho, como, por exemplo, a redução do tempo de procura de ferramentas para a execução de uma troca rápida das mesmas, entre outras.

Essa fase implica em um estudo de eficiência e depende da velocidade necessária para organizar e realocar os itens em seus devidos lugares, isto é, em áreas demarcadas, de acordo com a sua frequência de uso, estes devem estar identificados para facilitar a sua localização, quando necessário (ex. quadro de ferramentas sombreado) (FERREIRA, 2004).

c) Seiso – (Limpeza) – Todos devem estar conscientes da importância de estar em um ambiente limpo e da necessidade de manter-se a limpeza. Dentre as vantagens de se trabalhar em ambientes de trabalho limpos são citadas:

- Possibilidade de identificação de pontos causadores de contaminação;
- maior satisfação do funcionário dentro de seu local de trabalho;
- boa imagem da empresa, aumentando a confiabilidade do cliente;
- maior produtividade.

Na fase inicial de implementação, os funcionários de liderança devem participar da prática da limpeza, com a finalidade de estimular os demais. A atividade de limpeza colocará em evidência uma melhor aparência, devendo ser ressaltada como ponto positivo, para que se consiga sua manutenção.

Durante a limpeza serão identificadas fontes geradoras de sujeira e contaminação, as mesmas serão avaliadas, para que as causas “raízes” sejam eliminadas. Para isso, recomenda-se a utilização dos “5 Porquês”.

O diagrama dos “5 Porquês” é aplicado quando são definidas as causas potenciais do problema. Esse diagrama torna uma das raízes possíveis do problema e tenta explicá-la por meio das respostas dadas aos “Porquês” efetuados.

Embora o diagrama sugira cinco respostas, evidentemente isso serve apenas de guia. A equipe pode levantar de seis ou sete idéias, outras vezes, apenas duas ou quatro. Nesse momento, a equipe deve examinar as respostas e determinar se existe algum dado disponível para sustentar ou refutar as idéias propostas, criando um caminho crítico para a raiz do problema. O exercício termina quando ocorre uma de duas situações. A primeira, quando inicia-se repetições de respostas similares, e a segunda, quando não há novas idéias.

d) Seiketsu – (Padronizar) – Após cumpridas as fases anteriores, rotinas e práticas padrões devem ser estabelecidas para a repetição regular e sistemática dos “5S” anteriores. Para isso deverão ser criados procedimentos e formulários de avaliação regulares, em que a opinião de todos será considerada para a elaboração dos padrões, garantindo a manutenção do sistema. Alguns exemplos de padrões podem ser citados (FERREIRA, 2004):

- Quadro de ferramentas devidamente sombreado;
- área demarcada para avaliação de produto segregado;
- marcações visuais para monitoramentos (ex: nível de tanques, entre outros);
- criação de planos diários de manutenção.

e) Shitsuke – (Disciplina) – Esta fase está ligada à manutenção sistêmica, de forma que atividades anteriormente explicadas se tornem habituais, para que sejam executadas permanentemente e garantam altos padrões. Para tanto, deve ser criado e assumido um compromisso rígido dos funcionários com todo o

processo, vinculando-o com outras atividades *lean* (TPM, redução de tempos de *set-up*, *Kanbans*, entre outras).

A mudança de hábito deve ser fortemente trabalhada pelos líderes, para que os funcionários se comprometam com o sistema.

Uma equipe de gerenciamento também deve ser criada, para auditorias, com a finalidade de verificar a adesão à padronização e manutenção do padrão, fazendo uso de formulários devidamente elaborados. Posteriormente, os resultados serão divulgados, para que haja o conhecimento por parte de todos, tanto os pontos fortes como dos fracos, de forma que as aplicações de melhorias contínuas possam ser implementadas (FERREIRA, 2004).

Just-in-Time – JIT

Segundo Yamashina (1988), a técnica, meta ou filosofia de gestão *Just-in-Time* tem merecido, recentemente, grande destaque em todo o mundo, em virtude da grande necessidade de redução de custos na área de produção. Essa filosofia pode ser traduzida em: produção sem estoques, eliminação dos desperdícios, sistema de melhoria contínua do processo, entre outras. Enfim, esse sistema é composto de práticas gerenciais que podem ser aplicadas em qualquer parte do mundo e em qualquer empresa, tendo por objetivo a melhoria contínua do processo produtivo.

O *Just-in-Time (JIT)* surgiu no Japão em meados da década de 70, sua idéia básica e desenvolvimento foram creditados a *Toyota Motor Company*, que estava em busca de um sistema de administração que fosse capaz de coordenar a produção com a demanda específica, de diferentes modelos e cores de veículos, apresentando um atraso mínimo.

O sistema de puxar a produção a partir da demanda, produzindo somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário, ficou conhecido no Ocidente como sistema Kanban. Contudo, o *JIT* é muito mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção,

sendo considerado como uma “filosofia”. Este inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

Para Schonberger (1988) e Monden (1984), a implementação do *JIT* provoca uma redução gradual no nível de estoques, o que revela mais problemas, e obriga os trabalhadores a buscarem soluções rápidas, desta forma a multifuncionalidade é uma qualificação essencial.

Embora existam opiniões que defendam que o sucesso do sistema de administração *JIT* esteja calcado nas características culturais do povo japonês, gerentes e acadêmicos têm-se convencido de que essa filosofia é composta por práticas gerenciais que têm aplicabilidade em qualquer parte do mundo.

Algumas expressões são geralmente usadas para traduzir aspectos da filosofia *Just-in-Time*: eliminação de estoques, eliminação de desperdícios, manufatura de fluxo contínuo, esforço contínuo na resolução de problemas, melhoria contínua dos processos.

O sistema *JIT* é mais do que um conjunto de técnicas, sendo considerado uma filosofia de trabalho. Seus objetivos fundamentais são a qualidade e flexibilidade do processo. Essa filosofia diferencia-se da abordagem tradicional de administrar a produção. As metas colocadas pelo *JIT*, em relação aos vários problemas de produção, são:

- Zero defeito;
- tempo zero de preparação (*set-up*);
- estoque zero;
- movimentação zero;
- quebra zero;
- lote unitário (uma peça).

O sistema de produção que adota o *JIT* deve apresentar determinadas características, as quais formam um corpo coerente com os princípios do mesmo. Dentre suas várias características, são citadas:

- A não adaptação à produção de muitos produtos diferentes, o que requer extrema flexibilidade de faixa do sistema produtivo, em dimensões que não são conseguidas com a filosofia *JIT*;
- *layout* do processo de produção deve ser celular, dividindo-se os componentes produzidos em famílias, conseguindo maior produtividade;
- a não aceitação de erros, paralisando-se a linha até que estes sejam eliminados;
- a produção é responsável pela qualidade. A redução de estoque e a resolução dos problemas de qualidade formam um ciclo positivo de aprimoramento contínuo;
- a ênfase na redução dos tempos do processo a fim de focalizar o valor agregado ao produto, de forma a maximizar a qualidade dos mesmos;
- o fornecimento de materiais no sistema *JIT* deve ser uma extensão dos princípios aplicados dentro da fábrica, tendo como principais objetivos os lotes de fornecimento reduzido, recebimentos freqüentes e confiáveis, *lead times* de fornecimento reduzidos e altos níveis de qualidade;
- o planejamento da produção deve garantir uma carga de trabalho diária estável, que possibilite o estabelecimento de um fluxo contínuo de material. O sistema de programação e controle de produção está baseado no uso de cartões (*Kanban*), para a transmissão de informações entre os centros produtivos.

As vantagens do sistema de administração da produção *Just-in-Time* podem ser demonstradas por meio da análise de sua contribuição aos principais critérios competitivos:

- a) Custos: dados os preços já pagos pelos equipamentos, materiais e mão-de-obra, o *JIT* busca a redução do custo de cada um desses fatores seja reduzido ao necessário. As características do sistema *JIT*, o planejamento e a responsabilidade dos encarregados da produção pelo refinamento do

processo produtivo favorecem a redução de desperdícios. Existe também uma grande redução dos tempos de *set-up*, interno e externo, além da redução dos tempos de movimentação, dentro e fora da empresa;

- b) Qualidade: o projeto do sistema evita que defeitos percorram ao longo do fluxo de produção; o único nível aceitável de defeitos é zero. A pena pela produção de itens defeituosos é alta. Isso motiva a busca das causas dos problemas e das soluções para eliminá-las. Os trabalhadores são treinados em todas as tarefas de suas respectivas áreas, incluindo a verificação da qualidade. Sabem, portanto, o que é uma peça com qualidade e como produzi-la;

Se um lote inteiro apresentar peças defeituosas, o tamanho reduzido destes minimizará o número de peças afetadas. O aprimoramento de qualidade faz parte da responsabilidade dos trabalhadores e da produção, estando incluído na descrição de seus cargos.

- c) Flexibilidade: o *Just-in-Time* aumenta a flexibilidade de resposta do sistema, por meio da redução dos tempos envolvidos no processo. Embora o sistema não seja flexível com relação à faixa de produtos oferecidos ao mercado, a flexibilidade dos trabalhadores contribui para que o sistema produtivo seja mais flexível em relação às variações do *mix* de produtos. Por meio da manutenção de estoques baixos, um modelo de produto pode ser mudado sem que muitos de seus componentes fiquem obsoletos. O projeto de componentes comprados é geralmente feito pelos próprios fornecedores. Utilizando-se especificações detalhadas e rígidas de projeto, estes podem ser desenvolvidos de maneira consistente com o processo produtivo do fornecedor;
- d) Velocidade: a flexibilidade, o baixo nível de estoques e a redução dos tempos permitem que o ciclo de produção seja curto, e o fluxo, veloz. A prática de diferenciar os produtos na montagem final, permite em muitos casos, entregar os produtos em prazos mais curtos. Essa diferenciação é

feita a partir de componentes padronizados, de acordo com as técnicas de projeto adequado de manufatura e projeto adequado à montagem;

- e) Confiabilidade: a confiabilidade das entregas também é aumentada por meio da ênfase na manutenção preventiva e da flexibilidade dos trabalhadores, o que torna o processo mais robusto. As regras do *kanban* e o princípio da visibilidade permitem identificar rapidamente os problemas que poderiam comprometer a confiabilidade, permitindo sua imediata resolução.

A viabilização do *JIT* depende de três fatores intrinsecamente relacionados: produção puxada, fluxo contínuo e *takt time*.

Produção Puxada (*Kanban*)

Os estudos de métodos de programação e controle da produção desenvolvidos e aplicados por Ford-Taylor enfatizavam o processo de manufatura em massa. O fator importante era a divisão das tarefas e a determinação, por meio dos estudos dos movimentos, de tempos-padrão de fabricação reduzidos. Homens e máquinas deveriam produzir o máximo possível nesse sistema, mesmo que o destino dos produtos fosse os armazéns. Posteriormente, o setor de marketing (incluindo as vendas) deveria ser o encarregado de apresentar esses produtos ao mercado consumidor.

De acordo com Schonberger (1988), esse processo de produção em massa, também conhecido como processo de empurrar a produção, possui uma maneira própria de funcionar. É a seguinte: a direção da empresa resolve pelo lançamento de um produto, comunica a decisão à engenharia de produto, que desenvolve a idéia, projeta o bem e o envia a documentação para a engenharia industrial. Esta última, desenvolve o processo, os dispositivos, e remete as ordens para o setor de produção, que fabrica o novo produto; o produto final é transferido para o armazém, de onde o setor de marketing tenta enviá-lo ao consumidor.

A produção em massa serviu aos interesses dos produtores, principalmente após a 2ª Guerra Mundial, quando a disponibilidade de recursos financeiros norte-americanos era grande. Ocorreu um acentuado crescimento demográfico, o qual foi acompanhado por uma carência de bens; o mercado era altamente demandante, a população havia sofrido com a retração do consumo devido à guerra mundial e queria recuperar o padrão de consumo.

Nessa época, início da década de 50, o Japão buscava sua reconstrução. Era necessário direcionar todos os esforços para a recuperação econômica da nação, e assim implantar e desenvolver novamente a indústria.

Taiichi Ohno e um grupo de executivos da Toyota foram para os Estados Unidos para observar e estudar os fabricantes de automóveis e de autopeças. Por curiosidade, ou motivados por necessidades individuais, puderam ter contato com o sistema de atendimento ao varejo por meio dos supermercados. Motivados também pelo plano de reconstrução da nação e pelo hábito da autodisciplina, aqueles técnicos observaram e estudaram todos os aspectos, e traçaram comparações entre o sistema de trabalho das indústrias e dos supermercados, notando que este último era completamente distinto do primeiro.

Num supermercado, os clientes anseiam pelo atendimento de suas necessidades. Assim determinam como deve ser o serviço de reposição de mercadorias em relação às marcas, quantidades e períodos, principalmente num regime econômico estável. Com a presença da estabilidade econômica é desnecessário manter estoques de produtos em casa, o que equivale a dizer que o consumidor é quem “puxa” pelas atividades daquele tipo de estabelecimento.

O sistema de produção puxada é uma maneira de conduzir o processo produtivo de tal forma que cada operação requisite a operação anterior, e os componentes e materiais para sua implementação, somente para o instante exato e nas quantidades necessárias.

Esse método choca-se frontalmente com o tradicional, no qual a operação anterior empurra o resultado de sua produção para a posterior, mesmo que esta não necessite ou não esteja pronta para o seu uso.

Estendendo-se esse conceito a toda a empresa, conclui-se que é o cliente quem decide o que vai produzir, pois o processo de puxar a produção transmite a necessidade de demanda específica a cada elo da corrente.

Retornando ao seu país, aqueles técnicos japoneses procuraram adaptar tudo o que haviam visto nas indústrias e nos supermercados americanos à sua tecnologia de gerenciamento de produção inventada há um século, desde que se lançaram ao mundo moderno.

Esses estudos determinaram a criação do sistema de administração da produção “puxada”, controlada por meio de cartões – *Kanban*. No sistema de administração da produção por meio de *Kanban* existem vários propósitos, assim como em qualquer outro sistema. O mais importante é o de aumentar a produtividade e reduzir os custos por meio da eliminação de todas as funções desnecessárias ao processo produtivo.

O método é basicamente empírico, e consiste em identificar as operações que não agregam valor. Estas são investigadas individualmente, e, por meio da técnica da tentativa e erro, busca-se alcançar uma nova operação, que apresente resultados considerados satisfatórios para aquele determinado problema ou empresa específica.

O sistema *Kanban* não é uma receita pronta para ser aplicada indistintamente em qualquer empresa, pois, mesmo dentro de uma única empresa, poderão ser apresentadas soluções diversas para cada uma das funções desnecessárias.

O conceito básico do sistema é fabricar bens com a completa eliminação de funções desnecessárias à produção, na quantidade e tempo necessários. Desta forma são eliminados os estoques intermediários e de produtos acabados, com a conseqüente redução dos custos e o aumento da produtividade.

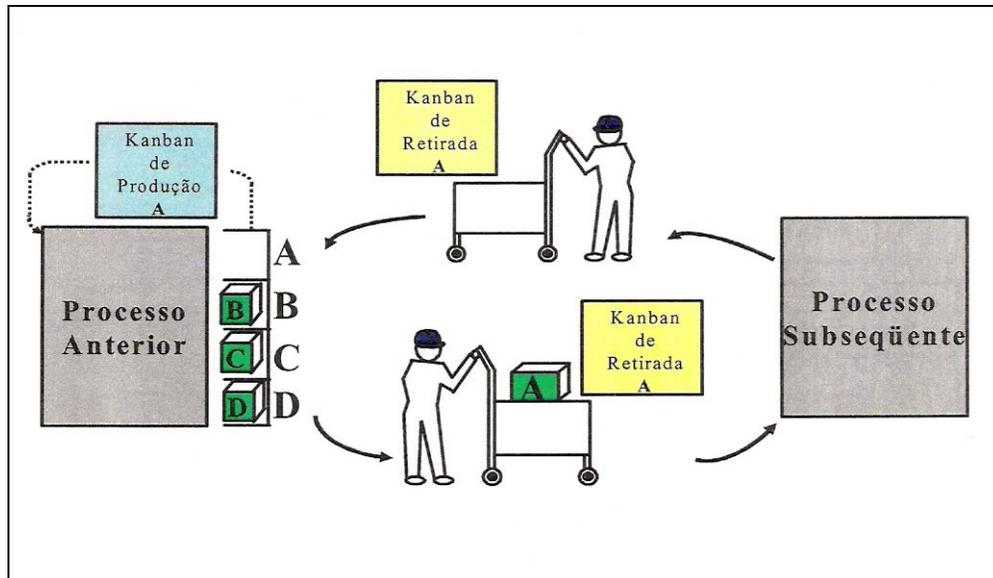
A grande maioria das pessoas confunde o *Kanban* e o *Just-in-Time*. O *Just-in-Time*, que em português significa “no momento exato”, ou, na linguagem cotidiana, “em cima da hora”, é um sistema de produção cuja idéia principal é fabricar produtos na quantidade necessária e no momento exato em que o item foi requisitado. A exigência de um produto pode ter origem interna ou externa à fábrica. No caso da exigência interna, ela é feita por uma estação de trabalho subsequente àquela em que o item é produzido, já a externa pode ser por parte do mercado consumidor.

O *Kanban* é uma ferramenta para administrar o método de produção *JIT*, ou seja, é um sistema de informação por meio de cartões (tradução de *Kanban*), para controlar as quantidades a serem manufaturadas pela empresa.

Para Shingo (1996), o *Kanban* da Toyota apresenta para cada tipo ou número de peça uma caixa especial. Esta é destinada a conter determinada quantidade (exata), de preferência bastante reduzida, de peças daquele número. Dois são os cartões correspondentes a cada caixa, chamados *Kanban*, que informam o número da peça, a capacidade da caixa e alguns outros dados.

Um *Kanban*, o da produção, destina-se ao centro usuário. Cada caixa avança a partir do centro produtor (e seu ponto de estocagem) para o centro usuário (e seu ponto de estocagem), e posteriormente retorna, ocorrendo no caminho a troca de um *Kanban* pelo outro.

Existem diversos tipos de sistema *Kanban*; o sistema representado na Figura 3.1 é o sistema de dois cartões, também conhecido como *Kanban* do tipo A.



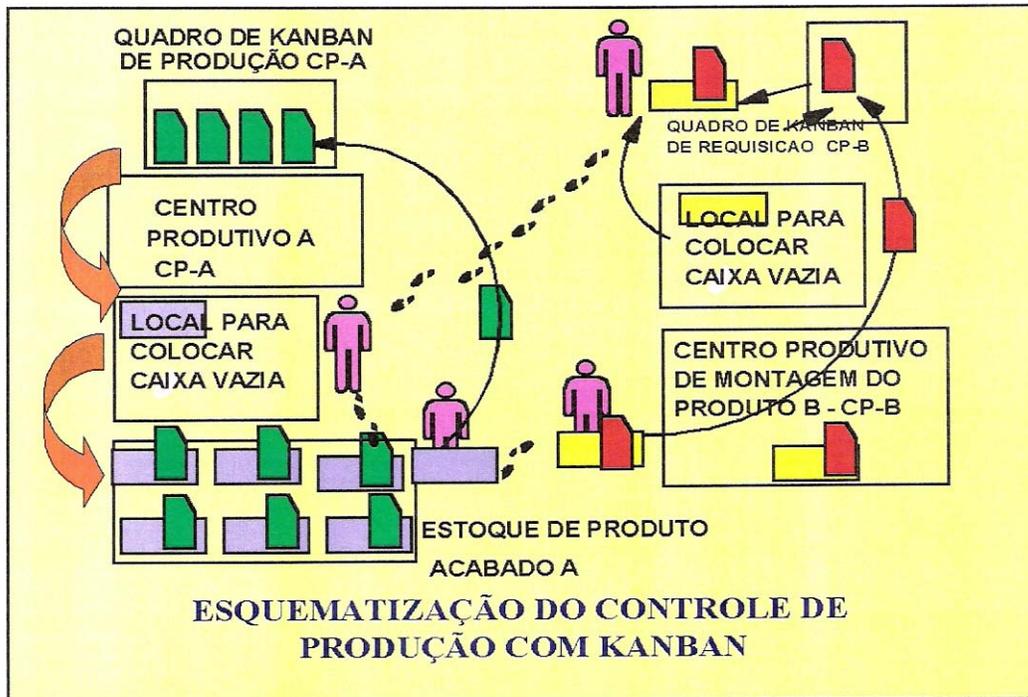
Fonte: Ghinato (2000)

Figura 3.1 – *Kanban*: produção puxada

Por meio do *Kanban*, o processo subseqüente (cliente) vai até o supermercado (estoque) do processo anterior (fornecedor). De posse do *Kanban* de retirada é possível retirar desse estoque exatamente a quantidade necessária do produto a fim de satisfazer as necessidades.

O *Kanban* de retirada, então, retorna ao processo subseqüente, acompanhando o lote de material retirado. No momento da remoção dos itens pelo processo subseqüente, o anterior recebe o sinal para iniciar a produção daquele por meio do *Kanban* de produção, que estava anexado ao lote retirado.

O sistema de controle da produção pelo *Kanban* deve funcionar, por meio dos diversos centros produtivos da empresa, como uma corrente contínua fechada. Como resultado os centros de fabricação do sistema produtivo receberão, no momento exato, os itens necessários para que se cumpram os objetivos do programa de produção, como se pode observar na Figura 3.2.



Fonte: Apostila de treinamento de *Just-in-Time* da Visteon (1997)

Figura 3.2 – Esquemática do controle de produção com *Kanban*

A eficiência do sistema *Kanban* está relacionada às seguintes regras:

- Somente o *Kanban* autoriza a produção. Os operários poderão cuidar da manutenção ou trabalhar em projetos de melhoria, quando não houver *Kanban* na caixa de remessa;
- há exatamente um *Kanban* para cada caixa, e a quantidade dessas (com *Kanban*) por número de peça, no sistema, é fixada por decisão estudada pela gerência da empresa;
- só são usadas caixas padronizadas;
- o número de *Kanban* deve ser projetado para cobrir o *lead time* do processo, que é o tempo utilizado para produzir peças acabadas, durante o processo.

Pode-se usar o *Kanban* em toda e qualquer instalação que fabrique diferentes produtos em unidades de processamento, de forma descontínua.

Porém nas linhas de processamento contínuo de uma única peça processada em cada unidade, o *Kanban* é desnecessário.

O *Kanban* deve constituir um elemento do *JIT*. Pouco sentido haverá em empregar um sistema de chamadas, no qual as peças necessárias ao centro produtor demorem muito para serem cumpridas. Isto é perceptível nos casos onde a preparação do maquinário demora horas e os lotes são grandes. A principal característica do *JIT* é o de abreviar o período necessário à preparação do maquinário e reduzir o tamanho dos lotes, permitindo rápidas “chamadas” das peças dos centros produtores para os centros usuários.

As peças confeccionadas no sistema *Kanban* devem ser utilizadas todos os dias. Esse sistema permite que pelo menos uma caixa cheia de itens de determinado número esteja sempre à mão. Assim não haverá constituição de um estoque ocioso se o conteúdo pleno da caixa for consumido no mesmo dia em que for produzido.

As empresas que dispõem do sistema *Kanban*, geralmente o empregam na produção e movimentação da peças de maior consumo. Recorrem a técnicas ocidentais como o planejamento dos materiais necessários e o ponto de renovação da encomenda para o atendimento dos componentes de menor uso.

Aos componentes de alto valor ou grandes dimensões não se deve aplicar o sistema *Kanban*, pois são componentes de armazenagem cara ou transporte.

Fluxo Contínuo

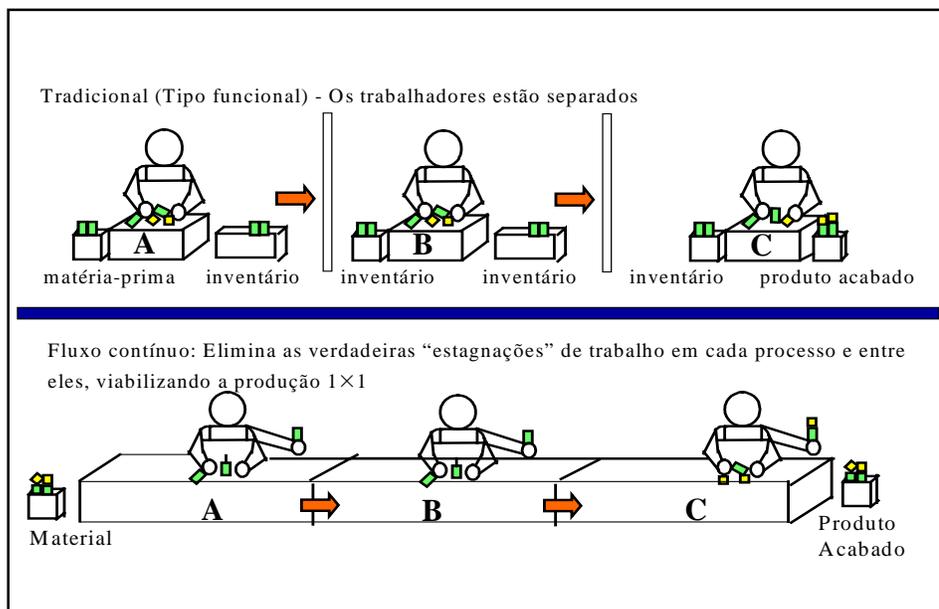
O Fluxo Contínuo é a resposta à necessidade de redução do *lead time* de produção. A implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor, normalmente requer a reorganização e o rearranjo do *layout* fabril. É realizada a conversão dos tradicionais *layouts* funcionais (ou *layouts* por processos) – onde máquinas e recursos estão agrupados de acordo com seus processos (ex: grupo de fresas, grupo de retificas, grupo de prensas, entre

outros) – para células de manufatura compostas dos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de produtos.

A conversão das linhas tradicionais de fabricação e montagem em células de manufatura é somente um pequeno passo em direção à implementação da produção enxuta. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementação de um fluxo unitário (um a um) de produção, caso em que, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados, conforme mostra a Figura 3.3. Desta forma garante-se a eliminação das perdas por estoque e perdas por espera e obtém-se a redução do *lead time* de produção.

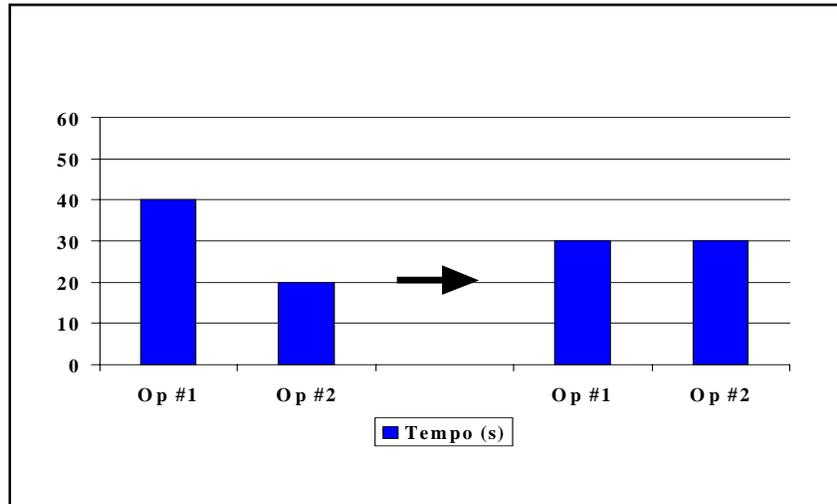
Para Shingo (1996), a sincronização do fluxo de peças unitárias, pode acabar com as esperas interprocessos. A implementação de um fluxo contínuo de produção necessita de um perfeito balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação e montagem. A abordagem da Toyota para o balanceamento das operações difere diametralmente da abordagem tradicional.

Conforme demonstra a Figura 3.4, o balanceamento tradicional procura nivelar os tempos de ciclo de cada trabalhador, para que recebam cargas de trabalho semelhantes. O tempo de ciclo é o tempo total necessário para que um funcionário execute todas as operações alocadas a ele.



Fonte: Ghinato (2000)

Figura 3.3 – Fluxo de produção tradicional versus fluxo unitário contínuo



Fonte: Ghinato (2000)

Figura 3.4 – Balanceamento de operações tradicionais

O balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito do *takt time*. O *takt time* (TKT) é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Em outras palavras, o *takt time* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas. Na lógica da “produção puxada pelo cliente”, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda. O *takt time* é dado pela equação:

$$Tkt = \frac{TOL/P}{DC/P}$$

Onde: *Tkt* = *takt ime* (min)

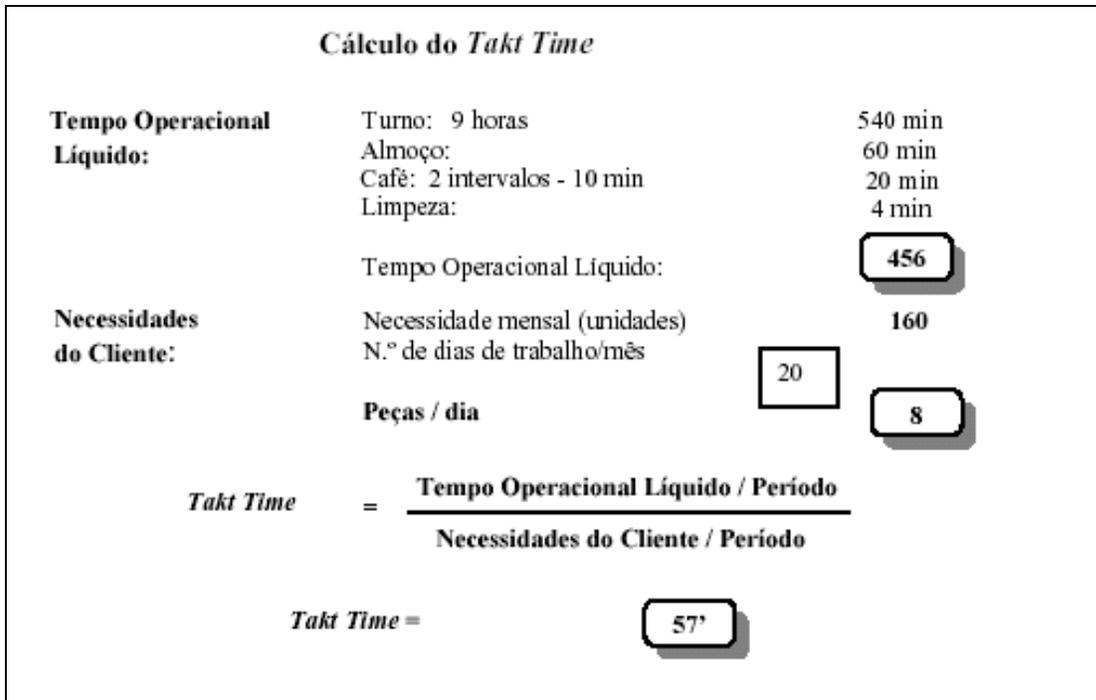
TOL = tempo operacional líquido (min)

DC = demanda do cliente ou necessidade do cliente

(unidades)

P = períodos ou turnos

A Figura 3.5, mostra um exemplo de cálculo de *takt time*, este representa o tempo que o cliente deseja receber o produto *versus* o tempo de ciclo.



Fonte: Apostila *Kaizen* – Siemens (2002)

Figura 3.5 – Cálculo do *takt time*

Do ponto de vista da operação do Sistema Toyota de Produção, a linearização e o encadeamento do fluxo de materiais têm fundamental relevância. Conforme Monden (1984), isso é realizado de duas formas gerais:

- Com a utilização do sistema *kanban* para a conexão de células de produção;
- por meio da produção de fluxo unitário em linha (*one piece flow*) – transferência de matérias entre postos de trabalho por meio de lotes de tamanho igual a uma unidade (peça).

Objetivamente, o que ocorre é uma combinação dessas duas modalidades. A gestão pelo tempo assume papel primordial na medida em que a fábrica como um todo se adapta ao ritmo definido pela linha.

Troca Rápida de Ferramenta

Um dos maiores obstáculos à flexibilidade de fabricação é a incapacidade de alterar os processos rapidamente em resposta às mudanças de demandas. Trocas demoradas originam lotes e estoques grandes, baixa produtividade e aquisição de equipamentos adicionais para evitar trocas. Estes são dispendiosos devido ao custo do espaço na fábrica, que poderia ser usado para novas atividades (FERREIRA, 2004).

O tempo de troca é definido como sendo o tempo transcorrido desde a última peça produzida, do tipo de peça anterior, até a primeira peça boa, do tipo de peça seguinte. A meta deve ser sempre a busca do tempo zero para que a planta se torne cada vez mais flexível às mudanças de programação do cliente reduzindo os níveis de estoque.

Um ponto importante na redução do tempo de troca é o treinamento dos operadores para a realização sistêmica de troca, dividindo-se quando possível as atividades. Este exemplo é comprovado em corridas de Fórmula 1, no qual há um grupo de engenheiros responsáveis pela realização de trocas rápidas.

Outro ponto importante a ser considerado é a separação dos elementos internos e externos:

- a) Elementos Internos: são todas as atividades executadas enquanto a máquina não está produzindo peças. Pode-se citar como exemplo a remoção de dispositivo e montagem do novo dispositivo.
- b) Elementos Externos: são todas as atividades relacionadas à montagem, enquanto a máquina está produzindo peças boas. O transporte de dispositivos e o material do almoxarifado para a máquina são alguns exemplos.

Para Shingo (2000), a troca rápida de ferramentas permitiria a redução dos tamanhos de lotes e conseqüentemente dos estoques (uma das sete perdas – perda por superprodução).

Um ponto importante na utilização do sistema de troca rápida é a eliminação de tempos externos utilizados como internos. Na maioria dos casos, o tempo de troca pode ser reduzido de 30% a 50%. São exemplos, estabelecer procedimentos formais de preparação, e certificar-se de que todas as ferramentas necessárias para a efetivação da troca estejam facilmente disponibilizadas.

Para auxiliar a identificação de atividades que podem ser eliminadas, combinadas ou mudadas, utiliza-se uma seqüência de questionamentos sistematizados. Estes podem ser observados no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 – Questionamento sistematizado

	Faça a Pergunta	E	Considerar a Ação				
O que	Qual o propósito?	Pergunte Por que Cinco Vezes	Eliminar Atividades Desnecessárias				
	Esta atividade é necessária?						
	Pode ser eliminada?						
Onde	Onde está sendo feita?		Pergunte Por que Cinco Vezes	Combinar ou Mudar o Local			
	Onde poderia ser feita						
	Por que precisa ser feita neste lugar?						
Quando	Quando está sendo feita?			Pergunte Por que Cinco Vezes	Combinar ou Mudar a Seqüência de Tempo		
	Por que estamos fazendo isto agora ao invés de outras coisas?						
	Quando poderia ser feita?						
Quem	Quem está fazendo?				Pergunte Por que Cinco Vezes	Combinar ou Mudar Pessoal	
	Por que esta pessoa está fazendo isso?						
	Quem deveria fazer isso?						
Como	Como está sendo feito?					Pergunte Por que Cinco Vezes	Simplificar ou Melhorar o Método
	Por que estamos fazendo desta forma?						
	Existe um modo mais simple ou melhor de atingir o mesmo resultado?						
	Como poderia ser feito?						

Fonte: Apostila de treinamento de troca rápida da Eaton Corporation (1999)

Além de separar o tempo de preparação interno e externo, existem vários outros métodos usados para ajudar a reduzir as trocas. São citados a padronização de parafusos, de ferramentas e de trabalhos, onde quantidade, tamanho e flexibilidade de mudança são analisados. Podem ainda ser utilizados meios de identificação visual para facilitar o trabalho operacional.

Trabalho Padrão

O trabalho padrão pode ser definido como um método efetivo e organizado de produzir sem perdas.

A padronização das operações visa obter o máximo de produtividade por meio da identificação e padronização dos elementos de trabalho que agregam valor e eliminação das perdas. O balanceamento entre os processos e a definição do nível mínimo de estoque em processamento também são objetivos desta (FERREIRA, 2004).

Para Monden (1984), são três os componentes da operação padronizada: o *takt time*, a rotina padrão de operações e a quantidade padrão de inventário em processamento, demonstrados na Figura 3.6.



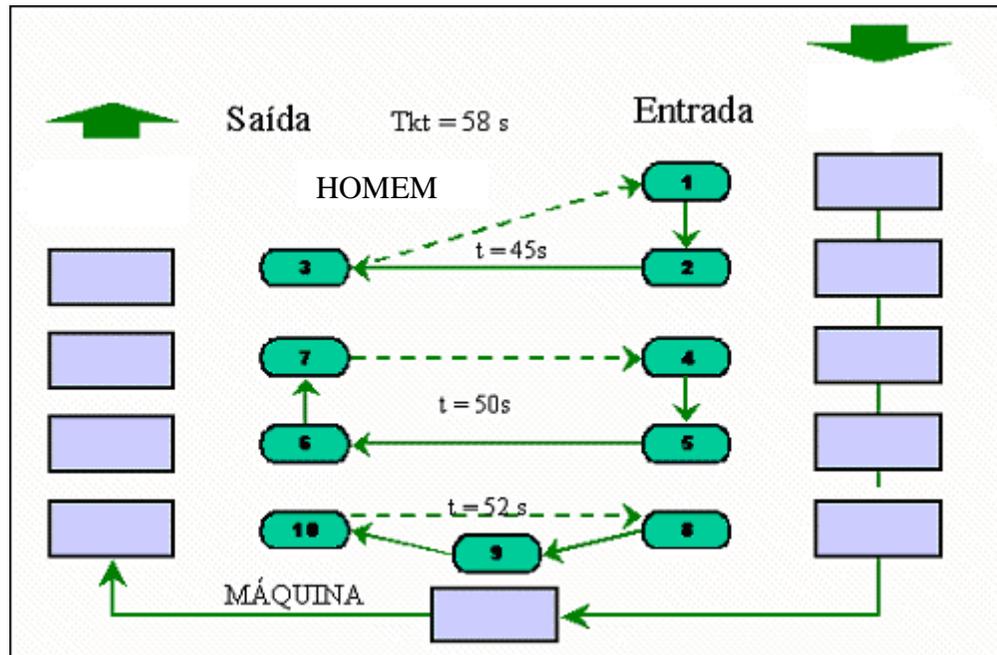
Fonte: Ghinato (2000)

Figura 3.6 – Componentes da operação padronizada

A rotina-padrão de operações é um conjunto de operações executadas por um operador em uma seqüência determinada, permitindo-lhe repetir o ciclo de forma consistente ao longo do tempo. Sua determinação evita que cada operador execute, aleatoriamente, os passos de um determinado processo,

reduzindo as flutuações de seus respectivos tempos de ciclo, permitindo que cada rotina seja executada dentro do *takt time*, de forma a atender a demanda.

A Figura 3.7 mostra uma seqüência de trabalho definida e realizada dentro de um *takt time*, calculado em função de uma demanda.



Fonte: Apostila de treinamento de trabalho padrão da Eaton Corporation (1999)

Figura 3.7 – Seqüência de trabalho

A quantidade-padrão de inventário em processamento é a mínima quantidade de peças em circulação, necessária para manter o fluxo constante e a produção nivelada. Este nível pode variar de acordo com os diferentes *layouts* de máquina e rotinas de operações. Se a rotina de operações segue a mesma ordem do fluxo do processo, é necessário somente uma peça em processamento em cada máquina, sendo dispensável 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.

Na determinação da quantidade-padrão de estoque (inventário) em processamento, devem ser considerados os pontos de teste e verificação do produto. Pequenas quantidades podem ser requeridas nestes pontos.

Manutenção Produtiva Total

Alguns estudiosos consideram a *TPM*, ou manutenção produtiva total, como uma ferramenta abrangente que envolve todos os setores da organização, teve a sua origem no *TQM* (*total quality management* - gestão da qualidade total) conduzida pelas áreas de manufatura (FERREIRA, 2004).

Destaca-se uma frase de Nakajima (1989) referente ao assunto, definindo *TPM* como a “Manutenção conduzida com a participação de todos”. Neste sentido a palavra “todos”, significa, o envolvimento de todo o pessoal, incluindo os elementos da média e alta direção num trabalho conjunto, o qual não será conduzido por operadores de maneira voluntária. Ainda conforme Nakajima (1989) “*TPM* representa uma forma de revolução, pois conclama a integração total do homem x máquina x empresa, onde o trabalho de manutenção dos meios de produção passa a constituir a preocupação e a ação de todos”.

Assim, os autores ressaltam que um programa de *TPM* abrange todos os departamentos, incluindo-se os departamentos de manutenção, operação, transportes e outras facilidades, engenharia de projetos, engenharia de planejamento, de construção, estoques e armazenagem, compras, finanças e contabilidade e gerência da instalação. Desta forma, entendem que por meio da participação ativa de todos os envolvidos no processo, de forma contínua e permanente é possível de obter-se zero de quebra, de defeito e de perda no processo.

Ao se estabelecer as relações das ferramentas da produtividade com a Automação, que juntamente com o *JIT* se constituem os pilares de sustentação do STP, Ghinato (1996) define a manutenção produtiva total, “como uma abordagem de parceria entre a produção e a manutenção, para a melhoria

contínua da qualidade do produto, eficiência da operação, garantia da capacidade e segurança”.

Para Takahashi (1993) a manutenção produtiva total, é uma campanha que abrange a empresa inteira, com a participação de todo o corpo de empregados para conseguir a utilização máxima do equipamento existente, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento. Com esta campanha, eles entendem que melhorando as máquinas, dispositivos e acessórios para torná-los mais confiáveis, seguros e de fácil manutenção, treinando todo o pessoal para operá-los com eficiência e segurança, se estará despertando o interesse dos operadores, educando-os para que cuidem das máquinas da fábrica e garantindo a qualidade do produto.

A análise das diversas definições e conceitos conduz a um consenso de que a *TPM* busca criar uma nova forma de trabalho, que maximize a eficiência de todo o sistema produtivo.

Por isso, a *TPM* não deve ser encarada como uma simples ferramenta ou programa. Esta é focada nas pessoas, utilizando o equipamento como material de ensino necessário ao seu desenvolvimento.

De acordo com Querne (2001), hoje o *TPM* alcança um enfoque estratégico na gestão das operações industriais, sendo uma das bases para a obtenção de vantagem competitiva na produção. Com a atual evolução do pensamento enxuto, criando-se um canal para ganhos em toda a cadeia produtiva e a necessidade de grande flexibilidade de produção, podemos afirmar que o *TPM* é um programa que promove os ganhos hoje necessários no atual cenário competitivo. Isto porque é voltado para a otimização dos ativos, diminuição dos custos de produção, de retrabalho, aumento da disponibilidade operacional e aumento da capacidade de produção, e confiabilidade de toda a organização promovendo o envolvimento de todos os funcionários para a conscientização da necessidade constante da eliminação das perdas na operação.

Para Shingo (1996) existem dois tipos de operação: aquelas que agregam valor e as que não agregam valor. As primeiras transformam a matéria-prima, modificando a forma ou a qualidade. Quanto maior o valor agregado, maior a eficiência da operação. Porém, no chão de fábrica existem as atividades que não agregam valor, as quais podem ser consideradas perdas, tais como as causadas pela má manutenção de equipamentos, reparos e “retrabalhos”. É exatamente para a eliminação destas perdas que o *TPM* é implementado (FERREIRA, 2004).

Nakajima (1989) afirma que o *TPM* busca a conquista da quebra zero/falha zero das máquinas e equipamentos. Uma máquina sempre disponível e em perfeitas condições de uso propicia elevados rendimentos operacionais, diminuição dos custos de fabricação e redução do nível de estoques.

Conforme Nakajima (1989), com a implantação do *TPM*, a performance operacional das máquinas em geral pode apresentar incrementos de 17 a 26 %, com redução dos defeitos nos produtos a um nível de até 1/10 da anteriormente vigente. Isto proporciona um incremento da produtividade da mão de obra em até 1,5 vezes.

Para Querne (2001), as empresas industriais estão com toda a sua atenção voltada para a melhoria de seu desempenho, resultados e rentabilidade. Com a aplicação do *TPM*, faz-se emergir oportunidades que vêm a melhorar os resultados, o que raramente é ignorado pelos atuais Diretores Industriais. Também promove o crescimento do ser humano, uma vez que seus princípios estão fundamentados no trabalho em equipe. Portanto, as razões que levam à implementação do *TPM* é o fato de ser um programa que deve fazer parte de qualquer empresa que queira operar em um contexto de classe mundial. É uma estratégia de negócios que visa a maximização da performance operacional, eliminando parte das perdas operacionais, redução de produtos defeituosos no processo e dos custos de manutenção, crescimento da organização pelo desenvolvimento do ser humano, buscando o aumento da lucratividade. A

interpretação das definições e conceitos de *TPM*, permite destacar alguns objetivos desta nova modalidade de gestão.

Para Mirshawka e Olmedo (1994) os cinco principais são: garantir a eficiência global das instalações; implementar um programa de manutenção para otimizar o ciclo de vida dos equipamentos; requerer o apoio dos demais departamentos envolvidos no plano de elevação da capacidade instalada; solicitar dados e informações de todos os funcionários da empresa; e incentivar o princípio do trabalho em equipe para consolidar ações de melhoria contínua.

No campo da manutenção das máquinas e equipamentos, os Estados Unidos foram os pioneiros na adoção da manutenção preventiva (MP), que gradativamente evoluiu para manutenção do sistema de produção (MSP), incorporando a prevenção de manutenção (PM), além dos tópicos oriundos da engenharia da confiabilidade. O Japão assimilou todos estes conhecimentos, na criação do *TPM* (FERREIRA, 2004).

Os primeiros contatos das empresas japonesas com estas técnicas americanas ocorreram no início da década de 50, com apresentação e adoção da manutenção preventiva. Na década subsequente esta evoluiu para o sistema de manutenção da produção e nos anos 70, consolidou-se no Japão. Anteriormente o Japão se preocupava unicamente com a manutenção corretiva, ou melhor, com o *BM – breakdown maintenance*, que visa somente as correções acontecendo *a posteriori*.

De acordo com Querner (2001), a evolução de resultados da pesquisa conduzida nos anos de 1976 a 1979 pela *JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance)* junto a 124 empresas associadas, concluiu-se a existência de quatro estágios distintos na condução da manutenção no Japão, que foram:

Estágio 1 – Manutenção corretiva

Estágio 2 – Manutenção preventiva

Estágio 3 – Manutenção do sistema de produção

Estágio 4 – *TPM*

Neste período de três anos (1976-79), as empresas que declararam ter adotado o *TPM* evoluíram de 10,6% para 22,8%, o que comprova a sua consolidação dentro do cenário industrial em vigor.

TPM engloba também, as técnicas estabelecidas pela manutenção preditiva (*predictive maintenance*), ou seja, o uso das ferramentas que possibilitam o diagnóstico preliminar das máquinas e equipamentos.

Isto significa que a manutenção do futuro não mais será em *TBM – time based maintenance* – ou seja, manutenção centrada no tempo de uso, para passar a ser conduzida em *CBM – condition based maintenance* – que é a manutenção baseada na performance e no desempenho.

O objetivo básico do *TPM* é ter zero de perdas. As perdas são os maiores fatores de improdutividades no processo de produção. As grandes perdas são classificadas da seguinte forma (FERREIRA, 2004):

- Perdas por paradas;
- perdas por ajustes e preparações;
- perdas por defeitos;
- perdas por acidentes;
- perdas por paradas curtas.

Ao se zerar cada uma das perdas, o máximo do rendimento operacional global tornar-se-á efetivo, conforme Nakajima (1989). O autor cita outra perda que influi diretamente no rendimento operacional global, a “perda por queda da velocidade de trabalho”.

Mapeamento do Fluxo de Valor

No mapeamento da cadeia de valor ou *value stream mapping (VSM)*, torna-se necessária a definição de valor. Segundo Womack (1998), o mapeamento da cadeia de valor é feito pelo cliente, e só é significativo quando expresso em termos de produto específico (bens ou serviços), de forma que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específico.

Para Shingo (1996), a produção consiste em um grande fluxo de processos e operações, sendo cada processo um fluxo de material. O processo é a transformação da matéria-prima em produtos semi-acabados e as operações são os trabalhos realizados para efetivar esta transformação – a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço.

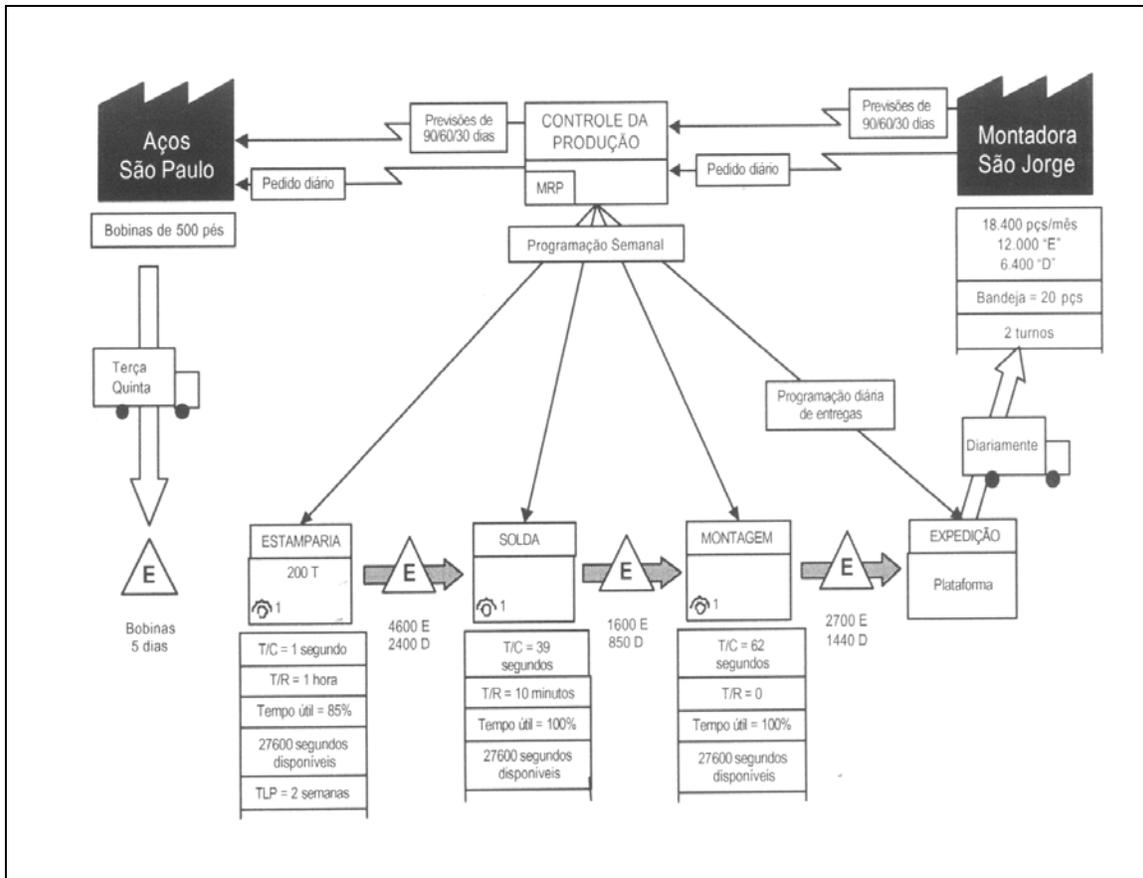
Para Rother e Shook (1999), fluxo de valor é toda a ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto manufaturado, desde que possua etapas de fabricação:

- O fluxo de produção desde o recebimento da matéria-prima até o consumidor final;
- o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

Para a correta abordagem da técnica, o fluxo de produção deve ser coberto porta-a-porta dentro da planta, incluindo a entrega na planta do cliente e o recebimento dos insumos de matéria-prima. Considerando o fluxo de produção, o que normalmente vem à mente é o fluxo de material dentro da fábrica. Mas há outro fluxo – o de informação – que informa à cada processo o que fabricar ou fazer em seguida. Os fluxos de material e de informação devem ser mapeados juntos.

Nessa abordagem é traçada uma visão do estado atual e projetada uma idéia do estado futuro desejado. A partir daí, empregam-se várias ferramentas, que são aplicadas sobre pontos críticos levantados pelo mapeamento do fluxo do processo.

A Figura 3.8 mostra um exemplo de mapeamento de fluxo de valor:



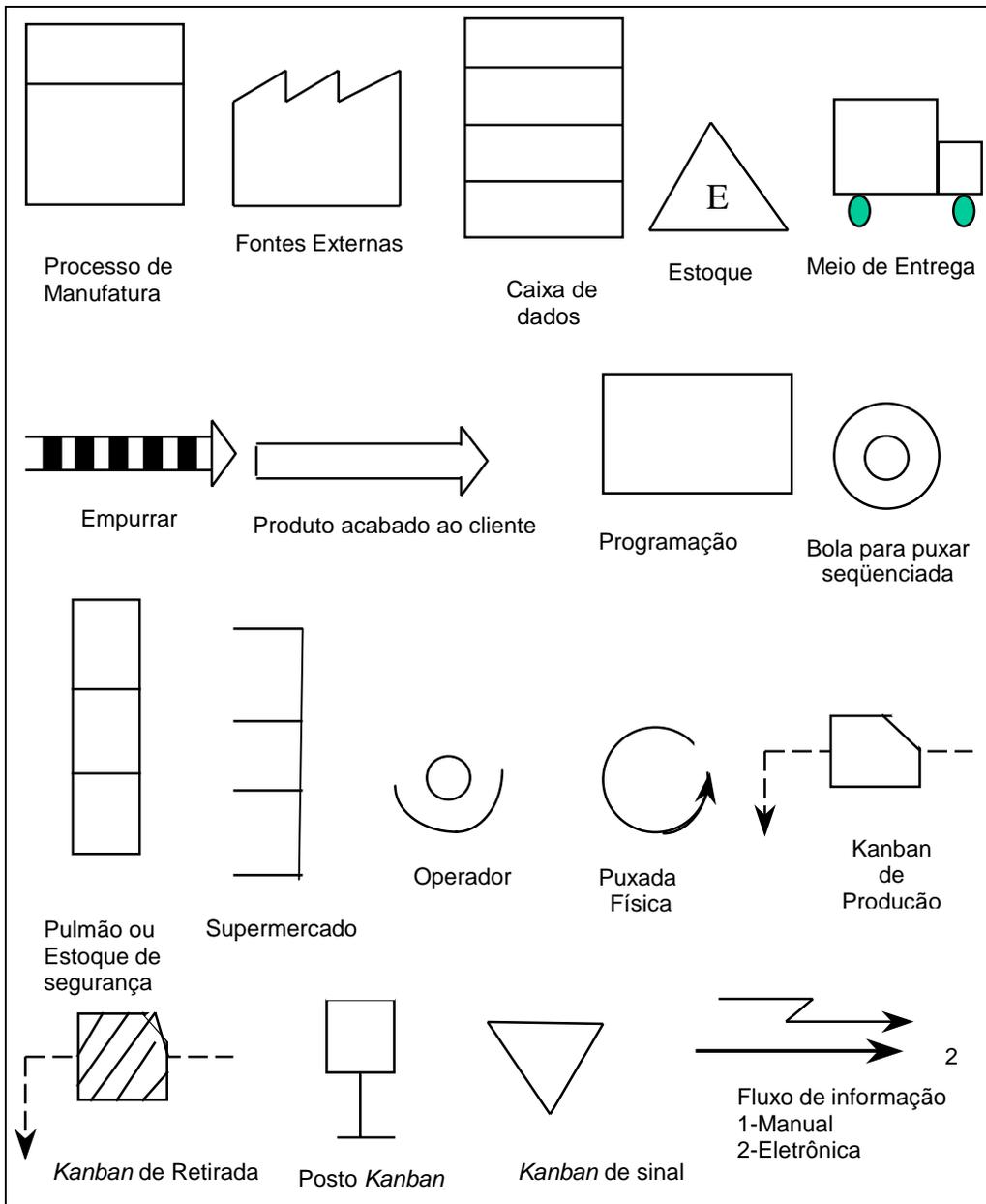
Fonte: Rother e Shook (2002)

Figura 3.8 – Mapeamento de fluxo de valor

A Figura 3.9 apresenta exemplos de alguns ícones utilizados para facilitar o entendimento dos mapas.

Os mapas tiveram a finalidade de mostrar o formato físico da produção antes da implementação dos resultados propostos pela ferramenta, os quais puderam ser observados no mapa do estado futuro implementado.

Na realização de um mapeamento, tanto o fluxo de processo quanto o de informações devem ser trabalhados com a mesma importância. Anteriormente, focava-se somente na produção, o desperdício do fluxo de informações não era considerado, podendo aumentar ou reduzir o valor agregado, em função da sua estrutura.



Fonte: Rother e Shook (1999)

Figura 3.9 – Ícones do mapeamento de fluxo de valor

Antes de ser feito o mapeamento do fluxo do valor, deve-se identificar adequadamente a área que vai ser mapeada. Esta é chamada de linha, família ou grupo de produtos.

Uma família é um grupo de produtos que passa por etapas semelhantes de processamento e utiliza equipamentos comuns nos processos anteriores, conforme os produtos A, B e C da Figura 3.10.

	ETAPAS DE MONTAGEM E EQUIPAMENTOS							
PRODUTOS	1	2	3	4	5	6	7	8
A	X	X	X		X	X		
B	X	X	X	X	X	X		
C	X	X	X		X	X	X	
D		X	X	X			X	X
E		X	X	X			X	X
F	X		X		X	X	X	
G	X		X		X	X	X	

Fonte: Rother e Shook (1999)

Figura 3.10 – Distribuição dos produtos

Cabe-se fazer uma análise do estado corrente da produção a ser estudada, a fim da implementação de melhorias, garantindo a eliminação de desperdícios.

O mapeamento deve ser inicializado dentro do conceito porta-a-porta, desenhando-se o processo de fabricação por meio da utilização dos ícones sugeridos, ou de ícones adicionais, que sejam de fácil compreensão por todos da empresa.

Quando necessário, o nível da amplitude poderá ser mudado, focalizando-se o mapeamento de cada etapa individual em um tipo de processo, ou ampliando-se para abarcar o fluxo de valor externo à planta.

Na realização de um mapeamento, tanto o fluxo de processo, quanto o de informação deve ser trabalhado com a mesma importância. Anteriormente à utilização dos conceitos de produção *lean*, o foco era somente na produção, não sendo considerado o desperdício do fluxo de informações, que pode aumentar ou reduzir o valor agregado dependendo da sua estrutura. De acordo com Rother e Shook (1999), é eficiente a utilização de “dicas” para este mapeamento:

- As informações de estado atual, quando possível, devem ser coletadas junto dos fluxos reais de materiais e informação;
- uma caminhada geral ao longo do fluxo deve ser feita, para a compreensão do processo. Posteriormente informações de cada fase deverão ser reunidas;
- o trabalho de mapeamento deve começar pela expedição, ou seja, do ponto mais próximo do cliente para o início da cadeia;
- os dados teóricos, como tempo de ciclo, devem ser medidos para evitar falhas por falta de atualização de documentações;
- o desenho do mapa deverá ser feito à mão e lápis, para facilitar as anotações e modificações necessárias, em campo.

Durante a observação da planta estudada, dados importantes puderam ser coletados para definir como será o estado futuro. Para isto, a utilização dos ícones deve ser considerada como fundamental nesta coleta, como: tempo de ciclo (tempo que leva entre um componente e o próximo para saírem do mesmo processo); o tempo de troca (tempo para mudar a produção de um tipo de produto para o outro); número de pessoas necessárias para operar o processo, que pode ser indicado com um ícone de operador; tempo disponível no turno daquele processo; e outros dados que devem ser considerados se julgados relevantes para o estudo.

Ainda durante o trabalho de mapeamento, provavelmente serão encontrados lugares onde o estoque se acumula. Estes pontos deverão ser

devidamente representados para serem avaliados, pois estoque representa "dinheiro parado".

Posteriormente, um segundo aspecto deverá ser considerado no mapeamento: o fluxo de informação, por meio do qual é dito o que fabricar e quando, em cada processo. Nesta fase é importante um levantamento de como as informações caminham pela fábrica, pois sua distorção ou falta pode acarretar uma produção empurrada e ocasionar perdas.

Após a elaboração de um mapa de estado atual, poderão ser observados os diversos desperdícios correntes, tendo-se oportunidades de melhorias, para a elaboração do mapa futuro.

Para combater os potenciais desperdícios apresentados acima utilizam-se algumas técnicas descritas a seguir:

- Eficiência sistêmica: ser uma empresa enxuta não significa ter uma linha de produção em forma de célula operando por meio de *Kanban*. Para tal faz-se necessário ter toda a estrutura *lean*, desde os meios para se produzir até as ferramentas para que se possa produzir;
- *takt time*: se o objetivo é combater o excesso de produção, deve-se produzir essencialmente o que será utilizado pelos clientes, na velocidade com que utilizam o produto. O que configura o *takt time*, que é a velocidade com que o cliente utiliza uma unidade do produto fabricado pelo fornecedor;
- manufatura celular: antes da introdução da manufatura celular, as empresas trabalhavam em linhas de montagem ou em agrupamento de máquinas, onde várias destas, pertencentes ao mesmo modelo efetuavam o trabalho reunidas no mesmo espaço físico. Com a introdução da manufatura celular as linhas viraram células com diferentes tipos de máquina e de onde o produto pode sair semi-acabado ou já pronto para ser entregue ao cliente.

A vantagem da manufatura celular está no fato de não haver excesso de estoques entre operações intermediárias, uma vez que a peça entra e sai numa

seqüência de operações. Outro grande benefício é a possibilidade de um problema relacionado à qualidade poder ser rapidamente diagnosticado, evitando-se a contaminação de um lote inteiro.

Ainda na manufatura celular existe a necessidade de um operador com postura multifuncional, ou seja, é necessário conhecer e estar habilitado a operar vários tipos de equipamentos dentro da mesma célula de produção.

- Equipamentos adequados: os equipamentos à disposição dos operadores sejam o mais adequado possível às necessidades da produção. As “improvisações” que comumente estão presentes no dia-a-dia da produção devem ser identificadas e eliminadas, no sentido de prover aos operadores as melhores condições de trabalho, eliminando-se possíveis perdas de tempo na procura de dispositivos, ajustes e outros;
- fluxo contínuo: um fluxo contínuo de processo é importante por evitar excesso de produção, como altos estoques entre operações, que muitas vezes escondem diversos tipos de desperdício como má qualidade, tempos de troca de produto (*set-up*), alta e baixa produtividade do equipamento ocasionada por algum motivo de quebra constante, falta de manutenção, entre outros;
- *Kanban*: segundo Rother e Shook (1999), “a mais importante fonte de desperdício é o excesso de produção, que significa produzir mais, antes, ou mais rápido do que é requerido pelo processo seguinte”. O *Kanban* atua exatamente nesse ponto, limitando a produção de itens e quantidades desnecessárias, por meio do uso de cartões sinalizadores de produção e disciplina dos operadores que possuem autoridade para conduzir a produção.

Por meio do mapeamento do fluxo de valor, os desperdícios podem ser destacados e eliminados. Este ganho potencial é projetado no mapa do estado futuro que pode se tornar real em pequenos intervalos de tempo, dependendo diretamente de decisões estratégicas.

O mapa do estado futuro visa à construção de uma cadeia de produção, no qual os processos individuais sejam articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo ou puxado, sendo produzido apenas o que o cliente precisa no momento certo. Para isto são adotadas algumas regras para a obtenção de um melhor êxito na implantação do sistema:

- Encontre o *takt time* para a cadeia de valor, pois este indicará o ritmo em que a fábrica deverá trabalhar para a obtenção de peças focadas ao fluxo contínuo, produzindo-se de acordo com a demanda do cliente. Desta forma muitos dos inventários de processo poderão ser minimizados ou até mesmo eliminados;
- defina onde será usado o sistema de puxadas, geralmente com a utilização de supermercados, *Kanban* e sua metodologia de trabalho. Esta definição dependerá de fatores como os padrões de compra do cliente (interno ou externo), a confiabilidade dos processos e as características do produto;
- introduza o nivelamento das atividades permitindo que o operador atue de forma multifuncional, executando sempre um trabalho padrão;
- desenvolva o comprometimento dos operadores para com os cuidados de seu equipamento, incluindo lubrificação e algumas pequenas manutenções (*TPM*). Este ponto é tido como base para o sucesso do sistema, pois um sistema enxuto está diretamente relacionado com as condições de seus equipamentos;
- projete/opere usando times multifuncionais para assegurar que o sistema (não apenas o processo) seja otimizado. O maior desperdício é não usar o raciocínio de uma equipe de trabalho. Se o desejo é assegurar que o sistema seja otimizado, é necessário envolver todas as pessoas que dão suporte ao sistema;
- mantenha a simplicidade das atividades evitando soluções aparentemente fantásticas, mas extremamente complexas. Isso

mantém as pessoas comprometidas com o processo e capazes de melhorar o sistema e de mantê-lo, facilita o treinamento e o tempo de respostas às mudanças;

- use os recursos de informática para auxiliar em simulações. Uma simulação pode avaliar vários *layouts* de processos e pode ajudar a determinar qual projeto satisfaz melhor a necessidade do seu cliente. Fluxos de processos, tempos de ciclo estimados, taxas de rejeição, tempo de conserto e *downtime* de máquina fornecem a base para todos os modelos de simulação utilizados nesse processo;
- pratique as melhorias contínuas (*Kaizen*) para eliminar desperdícios, os quais podem ser observados somente após a instalação da planta, pois o mapeamento da cadeia de valor é um documento “vivo” que pode ser constantemente melhorado.

A representação do estado futuro também é feita com a utilização de ícones que desenham uma nova cadeia de valor esperada, a qual foi projetada a partir da identificação dos desperdícios do mapa de estado atual.

A seqüência de abordagem das regras para a projeção do estado futuro varia de caso a caso, e a distinção entre as etapas pode parecer muito sutil, pois elas estão acontecendo praticamente ao mesmo tempo.

Para que se crie um maior impacto financeiro por meio da utilização do mapeamento é sugerido que a implementação seja feita por meio da utilização do fluxo contínuo, devido a sua simplicidade de execução e facilidade na identificação de desperdícios. Outras ferramentas podem ser utilizadas para se definir quais melhorias de processo serão necessárias para o fluxo de valor fluir conforme especifica o projeto do estado futuro.

Desenvolver fluxos contínuos, puxados e nivelados exige esforços diferenciados de trabalho de preparação. Por exemplo, antes de se alcançar um alto grau de nivelamento, pode ser necessário um maior aprofundamento em troca rápida. Ou, antes de se esperar que os processos operem eficientemente

no *takt time*, pode ser necessária uma revisão dos equipamentos para o aumento de sua confiabilidade.

Quando houver dúvidas sobre a priorização de ferramentas, recomenda-se que sejam implementados os pontos mais evidentes identificados no mapeamento do estado atual, que apresentem uma maior facilidade de sua realização. Esta decisão motiva a equipe envolvida, devido a visualização de pontos concretizados.

A projeção do estado futuro permitirá à equipe envolvida uma visualização rápida dos potenciais ganhos, porém para obter uma mensuração exata torna-se necessária sua efetivação, pois as previsões podem ser muitas vezes otimistas ou pessimistas em excesso.

Kaizen

Kaizen é um termo japonês que pode ser interpretado como melhoria contínua do homem, porém quando aplicado à empresa, é interpretado, também, como melhoria continuada dos processos de produção e administrativos. Busca a perfeição do processo produtivo, uma vez que este não acaba, ou seja, após um *Kaizen*, sempre haverá outros futuros, mantendo sempre “aceso” o sistema.

Segundo Imai (1986), “*Kaizen* significa melhoria contínua. Mais do que isto significa continuar melhorando na vida pessoal, da vida do lar, na vida social, na vida profissional. Quando aplicado ao local de trabalho, *kaizen* significa melhoria continua envolvendo a todos, desde gerentes até funcionários por igual”.

Com o direcionamento para custeio, o *Kaizen* pode ser tratado como uma melhoria contínua aplicada à redução de custos no estágio de produção da vida de um produto.

Para Brimson (1996), a melhoria contínua significa que a excelência empresarial necessita de aprimoramento em todas as atividades. Por isso, faz-

se necessário o gerenciamento das atividades para minimizar os desperdícios, buscando-se a perfeição em todas áreas.

Kaizen é um conceito de guarda-chuva, que abrange a maioria das práticas “exclusivamente japonesas” que recentemente atingiram fama mundial. O recado da estratégia do *Kaizen* é que nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoramento tenha sido feito em algum lugar da empresa, este deve ser uma rotina na busca da excelência dos processos produtivos.

Na Figura 3.11, pode-se observar o conteúdo do conceito citado como guarda-chuva:



Fonte: Imai (1998)

Figura 3.11 – O guarda-chuva do Kaizen

O *Kaizen* também é um processo de resolução de problemas, pois, exige o uso de várias ferramentas de solução. O melhoramento atinge novas alturas com cada problema que é resolvido, e para consolidar o novo nível deve ser padronizado.

O primeiro pilar do *Kaizen* é o orientado para a administração. Ele é crucial, já que se concentra nas mais importantes questões logísticas e estratégicas e oferece o incentivo para manter o progresso e a moral. Os tipos de projetos de *Kaizen*, estudados pela administração, exigem experiência sofisticada em resolução de problemas, bem como conhecimento profissional e de engenharia, embora as simples ferramentas estatísticas possam ser suficientes em determinadas situações.

Os projetos de *Kaizen* normalmente se manifestam na forma de sugestões. Portanto a atenção e a receptividade da administração para com o sistema de sugestões é essencial, caso deseje ter “operários pensantes”, que procuram por maneiras melhores de realizar o seu serviço. Desta forma deve-se haver a implantação de um plano bem projetado para assegurar que o sistema de sugestões seja dinâmico.

Estes sistemas de sugestões estão em operação na maioria das grandes empresas de manufatura e em cerca da metade das pequenas e médias empresas. Segundo a Associação Japonesa de Relações Humanas, os principais temas das sugestões neste sistema das empresas japonesas são:

- Melhoramentos no próprio trabalho;
- economia de energia, materiais e outros recursos;
- melhoramentos no ambiente de trabalho;
- melhoramentos nas máquinas e processos;
- melhoramentos nos dispositivos e ferramentas;
- melhoramentos no trabalho de escritório;
- melhoramentos na qualidade do produto;
- idéias de novos produtos;
- serviços e relações com o consumidor.

3.2 A CONSTRUÇÃO LEAN

A organização da produção predominante na construção civil é muito heterogênea. Apresenta características manufatureiras, prevalecendo a

atividade manual no processo de trabalho, com a preservação de determinadas habilidades por parte dos trabalhadores, porém também apresenta aspectos tayloristas-fordistas. Algumas destas podem ser exemplificadas, em relação à concepção e execução, divisão do trabalho (especialização e fragmentação do controle), mecanismos de simplificação e intensificação do trabalho pelo aumento de escala, conforme a seguir:

- Parte do conhecimento detido pela mão-de-obra operária, com maior parte dominado pelos engenheiros e arquitetos, tais como domínio de projeto, cálculo estrutural, projetos de instalações e outros;
- especialização de operários, dentre eles, carpinteiros, armadores, pedreiros, eletricitistas, entre outros;
- máquinas substituindo a força de trabalho humana: betoneira, furadeira, grua, elevador de carga, e demais;
- pouco trabalho de capital intensivo, exemplificando-se por meio de situações específicas como, a construção de casas populares, com uso de pré-moldados ou em estruturas metálicas.

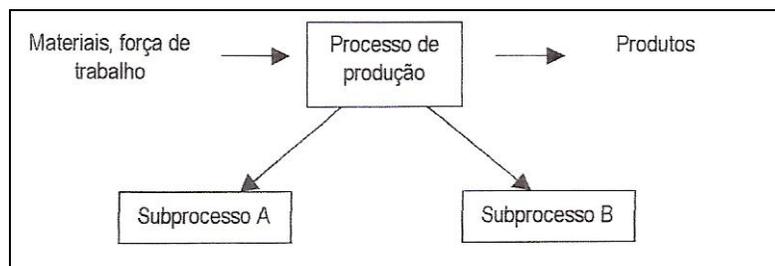
Esse setor busca novas formas de organização da produção e do trabalho, de modo a obter ganhos de produtividade e qualidade. Nesse sentido e a partir da publicação do trabalho *Application of the new production philosophy to construction*, de Koskela (1992) do Technical Research Center (VTT) da Finlândia, foi criado o *IGLC – International Group for Lean Construction* – o qual dedica-se à adaptação e disseminação do modelo da produção *lean* no setor da construção civil em diversos países.

A concepção da nova produção construtiva, ou construção *lean*, refere-se a um conjunto de metodologias, técnicas e ferramentas, cuja origem é no *Just-in-Time*, e em esforços de controle da qualidade total, inicialmente aplicados na fabricação de carros e na construção civil (KOSKELA, 1992).

3.2.1 Modelo Tradicional de Processos (Modelo de Conversão)

A diferença básica entre a filosofia gerencial tradicional e a da produção *lean* é essencialmente conceitual. A mudança mais importante para a implantação é a introdução de uma nova forma de conceber os processos.

O modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimento) ou final (edificação), conforme a Figura 3.12. Por esta razão, é também denominado de modelo de conversão (ISATTO et al, 2000).



Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

Figura 3.12 – Modelo de processo tradicional

Este modelo apresenta, implicitamente, as seguintes características:

- O processo de conversão pode ser sub-dividido em sub-processos. Por exemplo, a execução da estrutura metálica de um edifício pode ser sub-dividida em içamento e montagem das peças;
- o esforço de minimização do custo total de um processo em geral é focado no esforço de minimização do custo de cada sub-processo separadamente;
- o valor do produto (*output*) de um sub-processo é associado somente ao custo (ou valor) dos seus insumos. Desta forma, assume-se que o valor de um produto pode ser aumentado somente por meio da

utilização de materiais de melhor qualidade ou mão-de-obra mais qualificada.

As principais deficiências do modelo de conversão são as seguintes:

- Existe uma parcela de atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão (fluxos de materiais e de mão-de-obra), as quais não são explicitamente consideradas. Estas atividades não agregam valor, o que não ocorre com as atividades de conversão. Em processos complexos, como é o caso da construção de edificações, a maior parte dos custos são originados nestes fluxos físicos. Koskela cita: estima-se que cerca de dois terços (67%) do tempo gasto pelos trabalhadores em um canteiro de obras consiste nas operações que não agregam valor: transporte, espera por material, retrabalhos e outras;
- o controle da produção e o esforço de melhorias tende a ser focado nos sub-processos individuais e não no sistema de produção como um todo. Uma excessiva ênfase em melhorias nas atividades de conversão, principalmente por meio de inovações tecnológicas, pode deteriorar a eficiência dos fluxos, de outras atividades de conversão e limitar a melhoria da eficiência global. Fato perceptível por meio da introdução de um novo sistema de vedações verticais em substituição à alvenaria convencional. Desta forma pode haver um aumento da produtividade da atividade de execução de paredes, porém há o risco de um impacto pequeno na melhoria da eficiência do processo como um todo, caso não haja uma redução significativa no tempo gasto em atividades que não agregam valor, tais como transporte de materiais, esperas por parte de equipes subseqüentes entre outras.

Koskela (1992) aponta 3 grupos críticos nos conceitos gerenciais convencionais: método seqüencial na realização do projeto, falta de considerações em relação à qualidade e controle segmentado. Estes violam

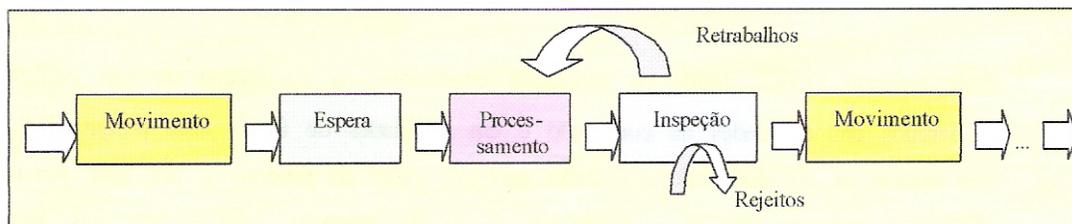
princípios de desenho de processo como fluxo e aperfeiçoamento, conduzindo a fluxos não otimizados e a uma expansão de atividades que não agregam valor.

Isatto et al (2000) salientou que o modelo tradicional de conversão não é necessariamente errado. Ele é perfeitamente aplicável a sistemas de produção relativamente simples, centrados em apenas um processo de conversão. À medida que os sistemas de produção tornaram-se mais complexos e os mercados mais competitivos, o modelo de conversão passou a não representar adequadamente os sistemas de produção.

3.2.2 O Modelo de Processo da Construção *Lean*

O modelo de processo da construção *lean*, por sua vez, assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final. Constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção conforme Figura 3.13. Estas atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final, sendo denominadas atividades de fluxo (ISATTO et al, 2000).

Nem toda a atividade de processamento agrega valor ao produto. Por exemplo, quando as especificações de um produto não forem atendidas após a execução de um processo e existe a necessidade de retrabalho, significa que atividades de processamento foram executadas sem agregar valor.



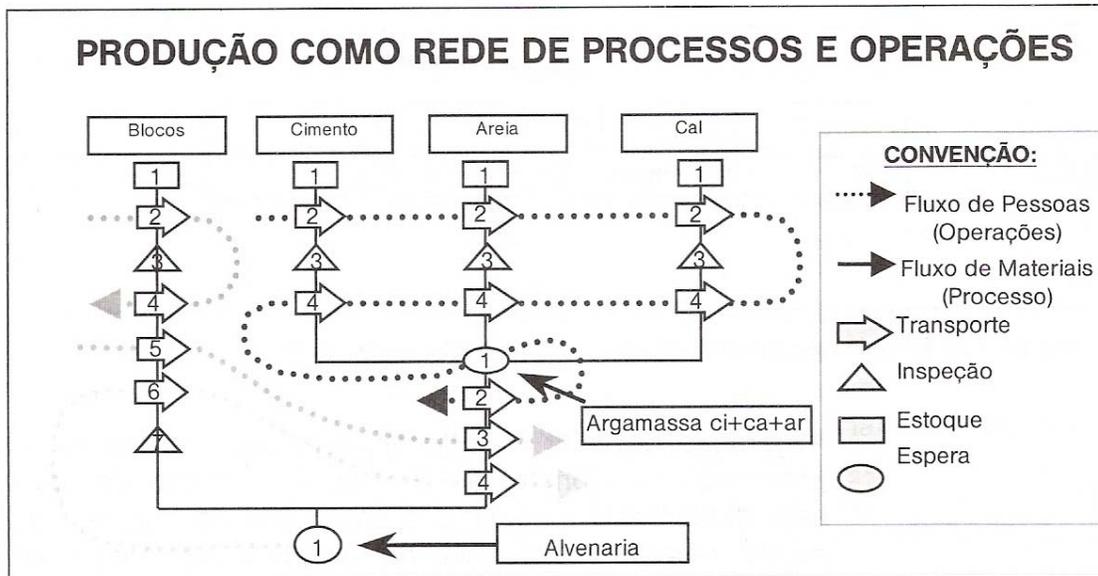
Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.13 – Modelo de processo da construção *lean*

A geração de valor é outro aspecto que caracteriza os processos na construção *lean*. O conceito de valor está diretamente vinculado à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução de um processo. Assim, um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos.

O modelo de processo da Figura 3.13 é aplicável não só a processos de produção, que têm um caráter físico, mas também a processos de natureza gerencial, tais como planejamento e controle, suprimentos, projeto, entre outros. No caso de processos gerenciais, ao invés de materiais, ocorre o transporte, espera, processamento e inspeção de informações (fluxo de informações). Por exemplo: no processo de projeto os principais dados de entrada são as informações relativas às necessidades dos clientes, às características do terreno e legislação pertinente que, após sucessivas atividades, são transformadas no produto projeto (arquitetônico, estrutural, instalações, entre outros).

Além dos fluxos de montagem, de materiais e de informações, existe um outro tipo de fluxo na produção que necessita ser devidamente gerenciado, denominado fluxo de trabalho. Este fluxo refere-se ao conjunto de operações realizadas por cada equipe no canteiro de obras. A operação, neste contexto, refere-se ao trabalho realizado por equipes ou máquinas. A Figura 3.14 ilustra a diferença entre os fluxos de materiais (processo) e os de pessoas (operações) num sistema de produção. Algumas operações podem estar fora do fluxo de materiais como, por exemplo, manutenção de equipamentos, limpeza, entre outros. Por outro lado, algumas atividades do processo não envolvem operações, como é o caso de espera (estocagem) de materiais.



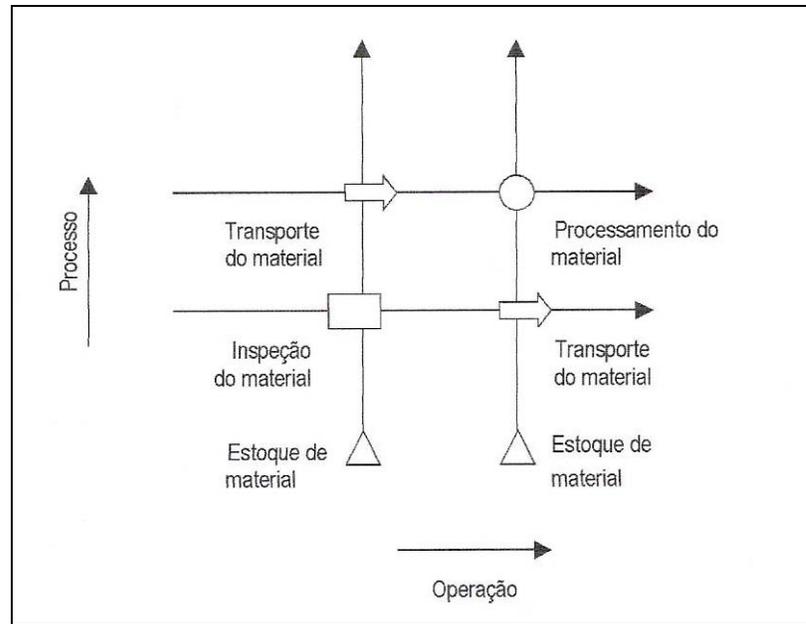
Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.14 – Relação entre fluxo de materiais e fluxo de trabalho

Os fluxos de materiais, de mão-de-obra e de equipamento não pertencem ao mesmo eixo, mas, em conjunto formam uma rede conforme apresentado na Figura 3.15 (SHINGO, 1996).

O conteúdo dos processos consiste de quatro etapas (SHINGO, 1981):

- Processamento: quando em alteração da forma ou substância, mudança de propriedades, montagem ou desmontagem;
- inspeção: quando em verificação da conformidade, comparação com um padrão;
- transporte: quando em mudança de posição ou deslocamento;
- espera: corresponde ao tempo decorrido sem haver processamento, inspeção ou transporte.



Fonte: Shingo (1996)

Figura 3.15 – A estrutura da produção

A operação consiste de ações por meio das quais operadores e máquinas transformam os materiais. Corresponde ao fluxo de operadores e máquinas (fluxo de trabalho), ao longo do tempo e espaço simultaneamente. Diversos materiais (objetos da produção) são trabalhados por estes ao longo do tempo e espaço. As operações são classificadas da seguinte maneira (SHINGO, 1981):

- Operações de Preparação e Pós-Ajuste (Operações de *Setup*): referem-se à preparação dos materiais, ferramentas, máquinas, e outros, antes de uma operação principal ser executada. Inclui, também, as operações pós-ajustes, tais como limpeza;
- Operações Principais: referem-se ao trabalho real, correspondendo, respectivamente, aos quatro fenômenos do processo – operação de processamento, inspeção, transporte e espera;
- Folgas: são operações que não ocorrem regularmente; podem ser divididas em dois tipos: humanas e não-humanas. Dentre as primeiras encontram-se como folgas por fadiga e para higiene pessoal, decorrentes da necessidade humana e as outras são as folgas

operacionais e entre operações, decorrentes da manutenção e espera de materiais.

O conceito de processo de produção como uma rede formada pela interseção de processo e de operações, segundo Shingo (1981), é a mais fundamental e inovadora diferença entre os sistemas convencionais de produção e os da nova concepção. A clara separação entre as funções de processo e operação como uma rede determinou um avanço significativo nos métodos de produção nos últimos anos.

Diferencia-se, portanto da concepção ocidental, onde os termos operação e processamento significam a mesma coisa. Os itens definidos nos orçamentos convencionais e nos planos de obra implicitamente contém as referidas atividades de fluxo. Entretanto, o fato das mesmas não serem explicitadas dificulta a sua percepção e prejudica a gestão da produção. À medida que os sistemas de produção tornaram-se mais complexos e os mercados mais competitivos, o modelo de conversão passou a não representá-los adequadamente. A complexidade tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor no sistema de produção, exigindo-se devida atenção às mesmas por meio do modelo da construção *lean* (MUÑOS, 2001).

Para Koskela (1992), a aplicação dos conceitos do novo modelo construtivo exige uma mudança do modelo gerencial da ênfase nas atividades de conversão para a abordagem sistêmica do processo. Esta mudança requer o desenvolvimento de habilidades gerenciais relacionadas à visão sistêmica e aprendizagem coletiva, observando-se a necessidade dos conhecimentos individuais e de alterações na gestão do processo de produção como um todo. Todos os processos envolvidos na construção civil estão embasados em atividades de conversão e em atividades de fluxo. Este pesquisador defende que apenas as atividades de conversão agregam valor ao produto e, por isso precisam ser eficientes; enquanto que as atividades de fluxo não agregam valor e, por isso, devem ser, sempre que possível, eliminadas do processo ou minimizadas continuamente.

3.2.3 Fluxo na Construção

Diante de todas as peculiaridades e deficiências, Koskela (1992) observa que a construção deve ser vista como um fluxo de processos, sendo que os problemas de fluxo mais comuns de construção são causados por projetos, produção e conceitos de organização tradicionais ou pelas peculiaridades da construção. Por isso fez considerações sobre esses tópicos. Ao analisar os processos de fluxo na construção, foram destacados os dois principais processos numa construção:

- Processo de Projeto – é o estágio no qual as especificações, as necessidades vagas e os desejos são transformados em requerimentos, por meio de um variado número de passos para desenhos detalhados.
- Processo de Construção – é composto do processo do fluxo dos materiais no canteiro e do processo de trabalho das equipes da construção.

Os processos podem ser caracterizados pelos seus custos, duração e valor para o cliente. O valor consiste de dois componentes: desempenho do produto e ausência de defeitos (conformidade com as especificações). Deve ser avaliado pela perspectiva do próximo cliente e do cliente final. Custo e duração dependem da eficiência de atividades que agregam valor e do montante de atividades que não agregam valor.

Desta forma, o custo do projeto é composto pelas atividades que agregam valor e por perdas. As últimas são formadas por retrabalho (devido a erros de projeto detectados durante sua elaboração) e por atividades que não agregam valor em informações e fluxos de trabalho. O processo de projeto tem dois clientes: o processo de construção e o cliente propriamente dito.

O valor para o cliente é determinado por:

- A conversão otimizada das necessidades implícitas e explícitas numa solução de projeto;

- o nível de otimização atingido;
- o impacto dos erros de projeto descobertos durante o início e o uso.

O valor do projeto para o processo de construção é determinado por:

- O nível pelo qual as necessidades e imposições do processo de construção foram analisadas;
- o impacto dos erros de projeto detectados durante a construção.

Já as perdas inerentes à construção são criadas por:

- Retrabalho devido a erros de projeto ou construção;
- atividades que não agregam valor no fluxo dos materiais e do trabalho, tais como espera, movimentação, inspeção, atividades duplicadas e acidentes.

O processo da construção visa atingir o maior valor agregado da construção para o cliente que é determinado pelo grau e quantidade de desperdícios descobertos durante o mesmo. O foco primário, no projeto, está assim em minimizar a perda de valor, ao passo que, na construção está na redução dos desperdícios, apesar de ambos serem reais e consideráveis.

A longo prazo, as organizações da construção devem buscar a evolução dos processos de modo a encontrar e atingir a prática mais adequada. No entanto, até mesmo a melhor delas tem um potencial a ser desenvolvido, e a eficiência da mesma deve estar em constante crescimento, ou seja, com melhoria contínua visando à perfeição. Sendo assim, há necessidade da busca por inovação, no sentido de utilizar-se novos equipamentos que possam assegurar menor variabilidade e novos materiais que possibilitem a simplificação de um processo.

Dessa forma, Koskela (1992) conclui que:

- Tempo e valor, além dos custos, são influenciados pelas decisões no projeto;
- influências nos custos, tempo e valor inerentes ao projeto, são equivalentes à manipulação das características de fluxo;

- custo, tempo e valor também são dependentes dos esforços de longo prazo das organizações participantes da melhoria contínua.

Para monitorar e avaliar a construção, há que se determinar medidas ou indicadores que irão proporcionar melhorias internas na organização e permitir uma comparação com outros projetos e organizações. As medidas convencionais de construção, que mais freqüentemente focam em custo e produtividade, falham em tornar evidentes as perdas, estimulando a melhoria contínua. Koskela (1992) aponta alguns problemas encontrados na construção no que se refere à utilização de medidas ou indicadores:

- Projetos únicos, relacionados à falta de repetição e incertezas ambientais as quais, à primeira vista, podem tornar difícil a comparação entre projetos e organizações;
- dificuldade de coleta de dados no canteiro de obras;
- definições e procedimentos variáveis para a coleta de dados.

Para que haja a comparação com outros projetos e organizações, esse autor sugere a prática de *Benchmarking*, com informações e taxas de melhoria. O nível médio da indústria para medida de desempenho é interessante, mas potencialmente contraprodutivo. Isto induz à complacência naquelas companhias superiores à média. Para as que estão piores que a média, o objetivo implícito apontado por este *Benchmarking* é a média.

Conforme já foi mencionado, os conceitos tradicionais de gerenciamento não apenas ignoram, mas ativamente deterioram os fluxos da construção. Assim, é conveniente introduzir métodos alternativos que garantam a melhoria do fluxo.

Superação de problemas de fluxo causados pelas peculiaridades da construção:

Devido as suas peculiaridades, Koskela (1992) diz que a indústria da construção é freqüentemente vista numa classe própria, diferente da indústria em geral. São usualmente apresentadas razões e desculpas, para que

procedimentos úteis e bem estabelecidos da indústria não sejam implementados na construção. O autor identifica peculiaridades da construção referentes aos seguintes fatores:

- Projetos de natureza única, impossibilitando comparações;
- canteiros de obra com espaços físicos variados;
- organização multitemporária, serviços e mão-de-obra com rotatividade.

Estas peculiaridades podem evitar fluxos com a mesma eficiência daqueles do setor industrial. No entanto, os princípios gerais para o projeto do fluxo e seu aperfeiçoamento podem ser aplicados aos fluxos de construção, buscando melhorias (MENDES, 2002).

3.2.4 Perdas

3.2.4.1 Papel das perdas no processo

Existem muitas divergências no setor da construção civil em relação ao conceito de perdas e a forma de medi-las. Em função disto, existem debates quanto à validade e ao significado dos indicadores de perdas apresentados em diferentes estudos (ISATTO et al, 2000).

Com freqüência as perdas na construção civil são consideradas como sinônimo de entulho, como restos de madeiras, argamassa, blocos e outros materiais, os quais não apresentam possibilidade de reaproveitamento. Ou seja, perda é entendida como todo material sem valor, que sobra ao final da obra ou serviço.

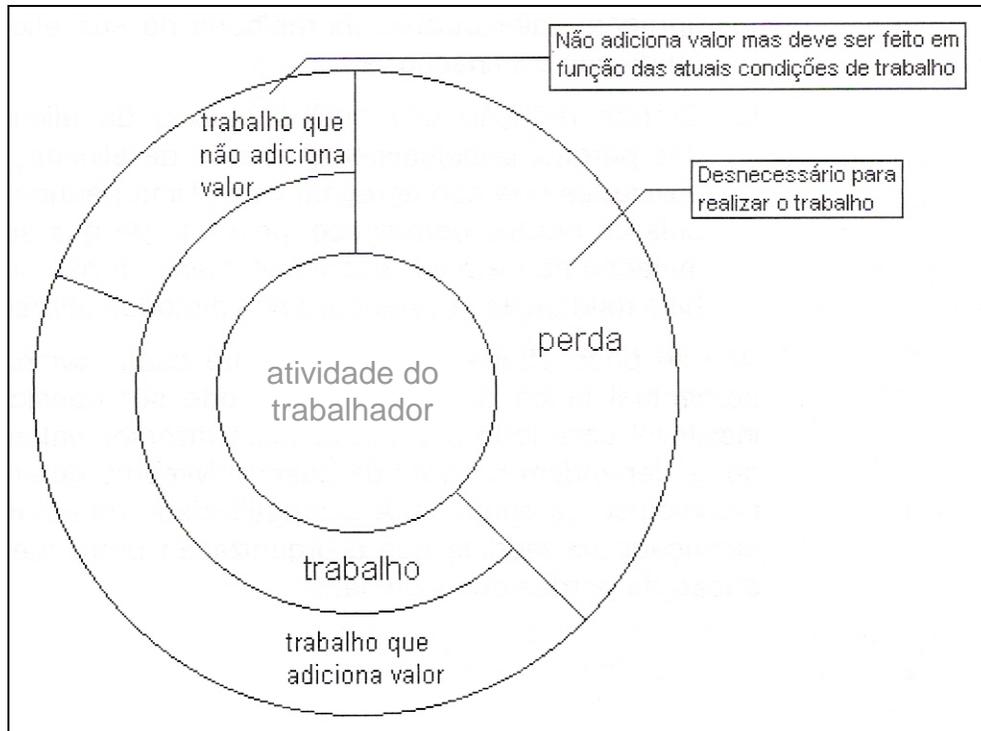
Por serem visíveis, as perdas são facilmente mensuráveis. Por isso o custo das perdas pode ser calculado sem maiores dificuldades, pela multiplicação da quantidade perdida (entulho) de cada material por seu valor unitário. Conseqüentemente, a determinação do custo das perdas de uma obra

é obtido a partir da soma dos custos das perdas de cada um dos materiais empregados na mesma.

No entanto, tal conceito nem sempre é adequado, principalmente quando se considera os crescentes níveis de competição no setor. Devido ao seu caráter restrito, a compreensão das perdas como sinônimo de entulho resulta em uma visão muito restrita do potencial de melhorias efetivamente existentes na empresa, podendo em muitos casos conduzir à compreensão (errônea) de que uma obra sem entulho é uma obra eficiente não podendo, portanto, apresentar melhorias (ISATTO et al, 2000).

Na construção *lean* o conceito de perdas está fortemente associado à noção de agregar valor, não se limitando apenas ao consumo excessivo de materiais. Assim, as perdas são relacionadas ao consumo de recursos de qualquer natureza, tais como materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital, acima da quantidade mínima necessária para atender os requisitos dos clientes internos e externos (ISATTO et al, 2000).

Entretanto, uma parcela que não agrega valor pode ser considerada inerente ao processo, à medida que não pode ser eliminada sem uma mudança no método de trabalho. A Figura 3.16, ilustra o conceito de perdas, no qual a atividade do operário é dividida em trabalho e perda. São reunidas duas categorias de atividades: as que agregam valor e as que não agregam valor, porém são essenciais ao processo sem uma mudança de método de trabalho. A perda corresponde às atividades que não agregam valor, mas que podem ser eliminadas do processo.



Fonte: Isatto et al (2000)

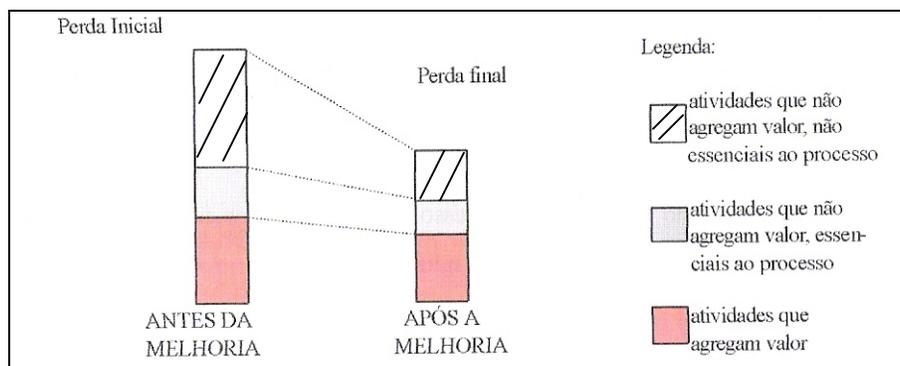
Figura 3.16 – Classificação dos movimentos dos operários

Pode-se assim admitir que existe um nível aceitável de perdas (perdas inevitáveis) que só pode ser reduzido por meio de uma mudança significativa no desenvolvimento tecnológico e gerencial da empresa. Considerando este pressuposto, as perdas podem se classificadas da seguinte forma:

- Perdas inevitáveis (ou naturais): correspondem a um nível aceitável, que é identificado quando o investimento necessário para sua redução é maior do que a economia gerada. O nível de perdas considerado inevitável pode variar de uma empresa para outra e de obras, pertencentes à mesma empresa, variando em função do patamar de desenvolvimento da mesma;
- perdas evitáveis: ocorrem quando os custos de ocorrência são maiores que os custos de prevenção. São conseqüências de um processo de baixa qualidade, no qual os recursos são empregados inadequadamente.

A Figura 3.17 ilustra a distribuição dos custos típicos de um processo antes e depois da ocorrência de melhorias, no qual observam-se as seguintes mudanças:

- Pequena redução de custos nas atividades que agregam valor por meio da melhora na eficiência;
- Média redução de custos nas atividades que não agregam valor por meio da melhoria da sua eficiência ou de sua eliminação;
- Grande redução dos custos eliminando-se as perdas, principalmente as atividades que não agregam valor. Uma pequena parcela de perdas permanece, pelo fato de sua eliminação não ser economicamente viável, a menos que ocorram mudanças substanciais nos métodos utilizados.



Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.17 – Distribuição de custos típica antes e depois de um processo de melhoria

Não se pode afirmar que existe, para cada material, um percentual único de perdas que pode ser considerado inevitável para todo o setor. Existem diversos valores, os quais dependem do nível de desenvolvimento gerencial e tecnológico da empresa. A competitividade da mesma é alcançada na medida em que a organização persegue a redução de perdas continuamente (ISATTO et al, 2000).

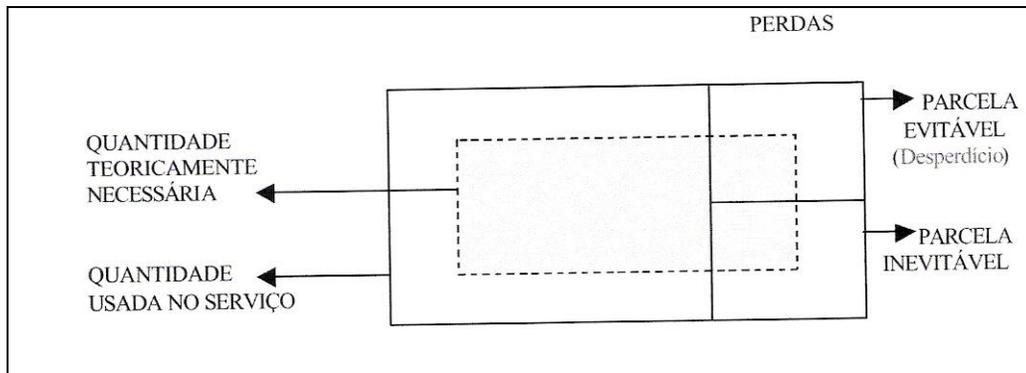
3.2.4.3 Razões para se medir as perdas

Existem várias razões pelas quais uma empresa deve engajar-se na medição das perdas no seu sistema de produção:

- **Visibilidade:** a medição das perdas permite avaliar a eficiência alcançada pelo sistema de produção na utilização de recursos. Desta forma, obtém-se visibilidade em relação aos processos de produção, identificando-se os pontos fortes e fracos e estabelecendo-se prioridades para melhorias. Sobretudo, pode-se observar situações nas quais existem oportunidades de melhorias, que podem proporcionar um aumento no grau de competitividade da empresa;
- **controle:** a empresa pode utilizar indicadores de perdas para definir padrões de desempenho dos seus processos, a partir dos quais os mesmos podem ser controlados. A medição de perdas passa, então, a ser utilizada para a identificação de desvios e também para acompanhar a evolução do próprio desempenho da empresa ao longo do tempo;
- **melhoria:** à medida que as empresas decidem intervir nos processos, os indicadores de perdas podem ser utilizados para estabelecer metas de melhorias, a partir de médias setoriais ou de *Benchmarks* obtidos em outras empresas. Neste caso, é possível avaliar o impacto das ações de melhoria sobre o desempenho do processo;
- **motivação:** as medições contribuem na motivação e no envolvimento das pessoas com o desenvolvimento de melhorias, pois permite ao indivíduo um retorno quanto ao seu próprio desempenho e do processo no qual está inserido (ISATTO et al, 2000).

3.2.5 Perdas ou Desperdícios

Para que haja uma perfeita compreensão da utilização das palavras “perdas” e “desperdício” neste trabalho, será apresentada a Figura 3.18, a qual mostrará que não são sinônimos, sendo o último uma fração da primeira:



Fonte: Muños (2001)

Figura 3.18 – Representação do conceito de perdas e desperdício

Segundo a Figura 3.18, as perdas englobam a parcela inevitável e o desperdício o que poderia ser evitado.

3.2.6 Princípios da Construção *Lean*

Alguns problemas peculiares da construção são conhecidos e precisam ser analisados para que possam ser melhorados: projetos diferentes a cada vez, o canteiro de obra, multiorganização temporária e intervenção regulatória de órgãos governamentais. Apesar de a construção possuir estas características, várias indústrias apresentam outras, as quais são difíceis, entretanto não deixam de progredir. Assim, a construção pode e deve promover ações para aprimorar o fluxo do processo construtivo.

Koskela (1992) aponta onze princípios para que haja um fluxo no processo construtivo e um sistema *lean*:

- 1º - Reduzir tarefas que não agregam valor;

- 2° - aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes;
- 3° - reduzir a variabilidade;
- 4° - reduzir o tempo de ciclo;
- 5° - simplificar reduzindo o número de passos, partes e *linkages*;
- 6° - aumentar a flexibilidade de saída;
- 7° - aumentar a transparência do processo;
- 8° - focar o controle em todo o processo;
- 9° - introduzir melhoria contínua no processo;
- 10° - balancear melhoria do fluxo com melhoria de conversão;
- 11° - fazer *benchmarking*.

Isatto et al. (2000) observam que esses princípios têm uma forte interação entre si e devem ser aplicados de forma integrada na gestão de processos. Cita-se, por exemplo, que o princípio de aumentar a transparência facilita a identificação e eliminação da parcela de atividades que não agregam valor, enquanto a redução do tempo de ciclo cria condições favoráveis para a melhoria contínua. A seguir, são apresentadas as características desses princípios:

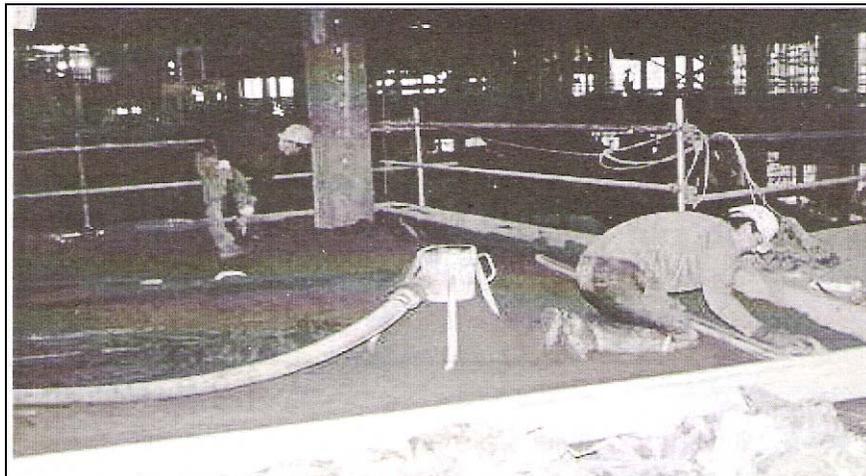
3.2.6.1 Reduzir tarefas que não agregam valor

Por esse princípio fundamental, entende-se que não é apenas com a melhoria da eficiência das atividades de conversão e de fluxo que é possível melhorar a eficiência dos processos e reduzir as suas perdas, mas também pela eliminação de algumas das atividades de fluxo.

Isatto et al. (2000) salientam, porém, que não deve ser levado ao extremo esse princípio de eliminar atividades de fluxo, pois existem atividades que não agregam valor ao cliente final de forma direta, porém são essenciais à eficiência global dos processos. Por exemplo: controle dimensional, treinamento de mão-de-obra, instalação de dispositivos de segurança. Para melhor avaliar os processos, esses autores sugerem que as atividades de fluxo sejam explicitadas para serem mais bem avaliadas e, se possível, eliminadas.

A maioria dos princípios seguintes estão de alguma forma relacionados à meta de reduzir a parcela das atividades que não agregam valor. Em geral o primeiro passo para atingir este objetivo é explicitar as atividades de fluxo, por exemplo, por meio da representação do fluxo do processo. Uma vez explicitadas, estas atividades podem ser controladas e, se possível, eliminadas.

Como exemplo da prática pode ser citado o emprego de um dispositivo de suporte do mangote utilizado no bombeamento de argamassa, conforme Figura 3.19. Este permite que o servente realize uma atividade que agrega valor (espalhar a argamassa), e não simplesmente segurar o mangote, ou realizar outras atividades auxiliares (ISATTO et al, 2000).



Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.19 – Exemplo de situação na qual foi eliminada uma atividade que não agrega valor

3.2.6.2 Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes

Diretamente relacionado ao conceito de processo como gerador de valor. Koskela (1992) destaca que, para cada atividade, existem dois tipos de cliente, o da próxima atividade e o final. Por isso este princípio abrange o atendimento às necessidades desses dois tipos de cliente, o interno e o externo, o que só é

possível se for considerado tanto na fase de projeto como na construção. Para essa última fase, deve-se elaborar um mapeamento do processo para a identificação sistemática dos clientes e de seus requisitos para cada estágio desse processo.

Koskela (1992) salienta que os princípios organizacionais e de controle da filosofia tradicional de produção tendem a diminuir as necessidades dos clientes. Em muitos processos, os clientes nunca foram identificados, nem suas necessidades esclarecidas. O princípio dominante de controle tem sido o de minimizar custos em cada estágio, e isso não permite a otimização dos fluxos funcionais cruzados na organização.

Isatto et al. (2000) sugerem por exemplo que, para a fase de projeto, tenha-se em mãos dados relativos aos requisitos e preferências dos clientes finais que podem ser obtidos por meio de pesquisas de mercado ou de avaliações pós-ocupação de obras já entregues. Tais informações devem ser claramente comunicadas aos projetistas por meio de planilhas e reuniões, desde a concepção do empreendimento até o detalhamento do projeto.

Para a fase de produção, este princípio também pode ser aplicado: a equipe de cada processo deve ver a próxima equipe de trabalho como seu cliente interno, executando seu serviço dentro das tolerâncias e necessidades do próximo processo.

3.2.6.3 Reduzir a variabilidade

Isatto et al. (2000) apresentam três tipos de variabilidade presentes num processo de produção:

- Variabilidade nos processos anteriores (vinculada aos fornecedores do processo), por exemplo: blocos cerâmicos com grandes variações dimensionais;

- variabilidade no próprio processo (relacionada à execução de um processo), como: variação na duração da execução de uma determinada atividade, ao longo de vários ciclos;
- variabilidade na demanda (relacionada aos anseios e necessidades dos clientes de um processo), verifica-se por meio de: determinados clientes de uma incorporadora quando solicitam mudanças de projeto da edificação.

Salienta-se também que a natureza da variabilidade também se modifica, podendo estar relacionada com a qualidade do produto, com a duração das atividades ou com os recursos consumidos.

Do ponto de vista do cliente, a variabilidade deve ser reduzida, pois um produto uniforme, que atende às especificações pré-determinadas, gera maior satisfação ao cliente, seja ele interno ou externo. Quanto à produção, a redução de variabilidade tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor e o tempo necessário para executar um produto. Isto porque pode ocasionar a interrupção de fluxos de trabalho, causada pela interferência entre as equipes. Fato devido a uma equipe ficar parada ou precisar ser deslocada para outra frente de trabalho, em função de atrasos da equipe antecedente, e pela recusa de produtos fora de especificação (gerando retrabalhos ou rejeitos). Observa-se assim, como já dito, a interação entre os princípios da construção *lean*.

No contexto da construção civil, a variabilidade e incerteza tendem a ser elevadas, em função do caráter único do produto, das condições locais que caracterizam uma obra, da natureza dos seus processo de produção, cujo ritmo em grande parte é controlado pelo homem, e da própria falta de domínio das empresas sobre seus processos. Apenas parte desta variabilidade pode ser eliminada, principalmente por meio da padronização de processos minimizando os efeitos nocivos da mesma.

Como exemplo prático deste princípio pode-se citar a utilização de um procedimento padronizado de execução de instalações sanitárias, que pode

reduzir o surgimento de vazamentos posteriores, eliminando-se assim a incidência de retrabalhos. A padronização de processos envolve também o treinamento dos envolvidos com base nos padrões definidos pela empresa, o planejamento e o controle adequado da execução no qual é definido o seqüenciamento das tarefas e são disponibilizados os recursos necessários (ISATTO et al, 2000).

3.2.6.4 Reduzir o tempo de ciclo

Este princípio tem origem na filosofia do *Just-in-Time*. Segundo Koskela (1992), o fluxo de produção pode ser caracterizado pelo tempo de ciclo, o qual se refere ao tempo requerido para uma peça particular de material percorrer o fluxo. O tempo de ciclo constitui-se da soma dos tempos de transporte, espera, processamento e inspeção utilizados para produzir determinado produto. Ao buscar-se a redução do tempo de ciclo, busca-se paralelamente a redução das atividades de fluxo, a concentração da produção em lotes menores e a eliminação das interdependências entre as atividades para que possam ser executadas em paralelo.

Isatto et al. (2000) apontam os seguintes ganhos obtidos como consequência da redução do tempo de ciclo:

- A entrega ao cliente é mais rápida: as equipes se dedicam à conclusão de um pequeno conjunto de unidades e não ficam espalhadas por todo o canteiro de obra, assim configurando lotes de menor produção. Se possível, as unidades são entregues aos clientes mais cedo, o que tende a reduzir o custo financeiro do empreendimento. Além disso, em alguns segmentos de mercado, a velocidade de entrega é uma dimensão competitiva geralmente importante, pois os clientes necessitam dos produtos num prazo relativamente curto (por exemplo, construção de *shopping centers* e fábricas);

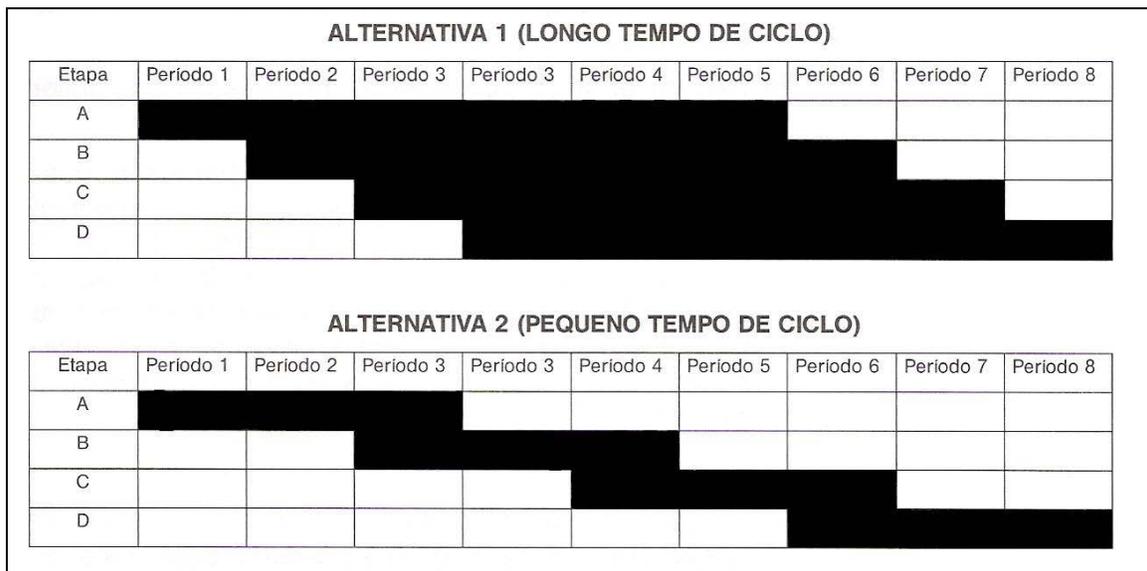
- a gestão dos processos torna-se mais fácil: o volume de produtos inacabados em estoque (denominado de trabalho em processo) é menor, o que tende a diminuir o número de frentes de trabalho, facilitando o controle da produção e do uso do espaço físico disponível;
- o efeito de curva de aprendizagem tende a aumentar: como os lotes são menores, existe menos sobreposição na execução de diferentes unidades. Assim, os erros aparecem rapidamente, podendo ser identificadas e corrigidas as causas dos problemas. O aprendizado obtido nas unidades iniciais pode então ser aproveitado para melhoria do processo na execução das unidades posteriores;
- a estimativa de futuras demandas é mais precisa: como os lotes de produção são menores e concluídos em prazos reduzidos, a empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da demanda. Isto torna o sistema de produção mais estável;
- o sistema de produção torna-se menos vulnerável à mudanças de demanda: pode-se obter um certo grau de flexibilidade para atendimento da demanda, sem elevar substancialmente os custos. Algumas alterações de produto solicitadas podem ser implementadas com facilidade nos lotes de produção subseqüentes.

A redução do tempo de ciclo envolve um conjunto de ações, tais como:

- Eliminação de atividades de fluxo que fazem parte do ciclo de produção;
- concentração do esforço de produção em um menor número de unidades (lotes menores), por meio do planejamento e controle da produção;
- mudanças nas relações de precedências de forma que possam ser executadas em paralelo.

Como exemplo prático são citadas as duas possíveis estratégias para execução de um empreendimento hipotético, segundo a Figura 3.20. A primeira

tem um tempo de ciclo bem maior que a segunda. Pode-se observar que no segundo caso, os primeiros lotes a serem produzidos podem ser entregues mais cedo, há menos trabalho em progresso, o potencial para a aplicação do efeito aprendizagem é maior, assim como a flexibilidade oferecida nos lotes finais. Além disso, os erros, que porventura venham a ocorrer nos lotes iniciais aparecerão mais rapidamente no segundo caso, e poderão ser corrigidos nos lotes subsequentes.



Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.20 – Duas formas de planejar uma mesma obra hipotética

3.2.6.5 Simplificar reduzindo o número de passos e relações de trabalho

Reduz a complexidade do produto ou do processo, uma vez que a grande complexidade aumenta os custos, além dos próprios custos de partes ou passos individuais. Koskela (1992) salienta que a contabilidade convencional apresenta o preço diferencial de dois materiais, mas não os custos adicionais criados no sistema de produção como um todo devido ao uso de dois passos ou mais em lugar de um só. O autor coloca também que outro problema fundamental de complexibilidade é a confiabilidade: sistemas complexos são inerentemente

menos confiáveis que sistemas simples. Além disso, a habilidade humana para lidar com complexibilidade é limitada e pode ser facilmente excedida.

A simplificação é freqüentemente utilizada no desenvolvimento de sistemas construtivos racionalizados. Quanto maior o número de componentes ou de passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor. Isto ocorre em função das tarefas auxiliares de preparação e conclusão, necessárias para cada passo no processo (por exemplo, montagem de andaimes, limpeza, inspeção final entre outros), e também pelo fato de que, na presença de variabilidade, ocorrer uma tendência ao aumento da possibilidade de interferências entre as equipes.

A simplificação pode ser assim entendida como:

- Redução do número de componentes de um produto;
- redução do número de passos no fluxo do material ou no fluxo de informação.

Pode-se obter simplificação pela eliminação de atividades que não agregam valor ou pela reconfiguração de partes ou passos que agregam valor. Mudanças organizacionais também podem ocasionar simplificação, uma vez que a divisão do trabalho vertical e horizontal também possui atividades que não agregam valor e que podem ser eliminadas por meio de unidades independentes (times polivalentes e autônomos).

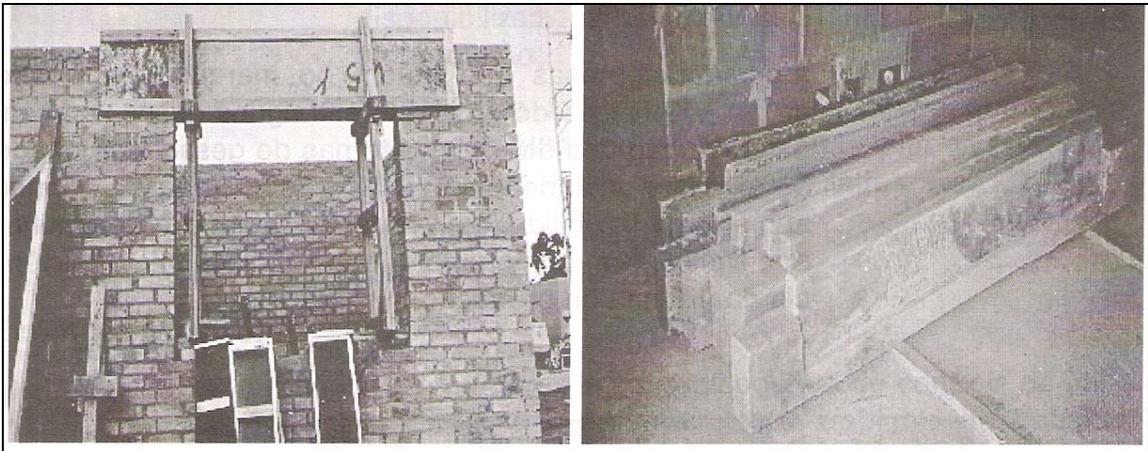
O planejamento eficaz do processo de produção busca eliminar interdependências e agregar pequenas tarefas em atividades maiores. Além disso, a disponibilização de materiais, equipamentos, ferramentas e informações em locais adequados tende a eliminar ou reduzir a ocorrência de movimentos e deslocamentos desnecessários provocadas por interrupções na tarefa.

Koskela (1992) sugere alguns exemplos de simplificação:

- Redução de fluxos pela consolidação de atividades;
- redução do número de partes de produtos por meio de mudanças de desenho ou do uso de peças pré-fabricadas;

- padronização de partes, materiais, ferramentas entre outras;
- minimização para uma quantidade necessária de informações de controle.

Um exemplo prático é apresentado na Figura 3.21 com duas alternativas para a execução de vergas. No caso da verga pré-moldada, existe uma redução significativa no número de passos pois o próprio pedreiro pode posicioná-la, durante a execução da alvenaria. No caso da verga moldada no local, o processo de execução de alvenaria precisa ser interrompido, resultando em atividades que não agregam valor, como espera da cura do concreto e subsequente desforma da verga para recomeço do processo (ISATTO et al, 2000).



Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.21 – Minimização no número de passos na execução de alvenaria

3.2.6.6 Aumentar a flexibilidade de saída

À primeira vista, aumentar a flexibilidade de saída com simplificação parece ser contraditório. No entanto, muitas empresas têm obtido sucesso em atingir os dois objetivos simultaneamente. Koskela (1992) cita que um dos elementos-chave para atingir esse princípio é o desenho de um produto

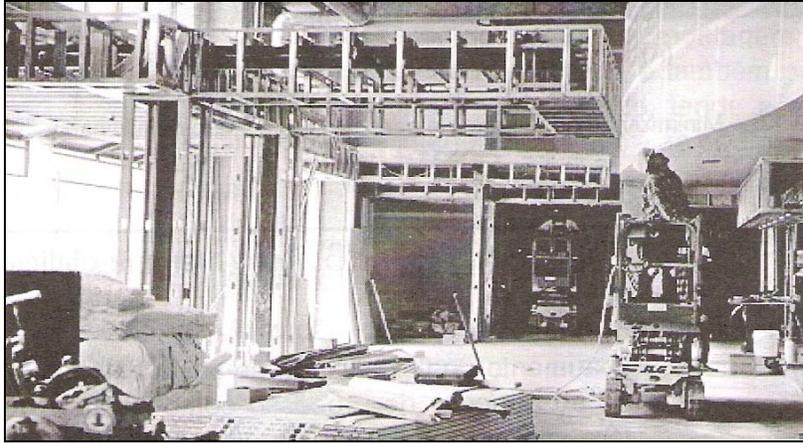
modulado em conjunto com o uso agressivo de outros princípios, especialmente redução do tempo de ciclo e transparência.

O aumento de flexibilidade de saída está também vinculado ao conceito de processo como gerador de valor. Refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. Embora esse princípio pareça contraditório com o aumento da eficiência, muitas indústrias têm alcançado flexibilidade mantendo elevados níveis de produtividade.

Isatto et al. (2000) citam algumas abordagens para atingir esse princípio:

- Redução do tempo de ciclo, pela redução do tamanho dos lotes;
- uso de mão-de-obra polivalente, capaz de se adaptar facilmente à mudanças na demanda;
- customização do produto no prazo mais tardiamente possível;
- utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade do produto sem grande ônus para a produção.

Como exemplo prático tem-se algumas empresas atuantes no mercado imobiliário que adiam a definição do projeto e, em alguns casos, a execução das divisórias internas de gesso acartonado de algumas unidades conforme mostrado na Figura 3.22. Esta estratégia permite aumentar a flexibilidade do produto, dentro de determinados limites, sem comprometer substancialmente a eficiência do sistema de produção (ISATTO et al, 2000).



Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.22 – Execução de divisórias de gesso acartonado

3.2.6.7 Aumentar a transparência do processo

Santos et al (2000) definem transparência como capacidade de um processo de produção (ou de suas partes) se comunicar com as pessoas. A falta de transparência no processo aumenta a propensão ao erro, reduz a visibilidade dos mesmos e diminui a motivação para melhoria, segundo Koskela (1992). Assim, é importante tornar o processo de produção transparente e observável para facilitar o controle e a melhoria. E isto pode ser alcançado de modo que o processo fique observável por meio de setores organizacionais e físicos, e dispositivos públicos de informação. Desta forma, o objetivo é substituir o autocontrole por controle formal e relato de informações coletadas.

Segundo Santos et al. (2000), a maneira pela qual as informações são organizadas para facilidade de acesso é a característica peculiar de transparência, segundo as teorias atuais. Na comunicação convencional, as informações são “empurradas”, e o usuário tem pouco ou nenhum controle sobre a qualidade e o tipo de informações transmitidas ou recebidas. Por outro lado, na construção *lean* nada é transmitido: um campo de informações é criado a partir do qual elas podem ser “puxadas” por qualquer pessoa a qualquer momento.

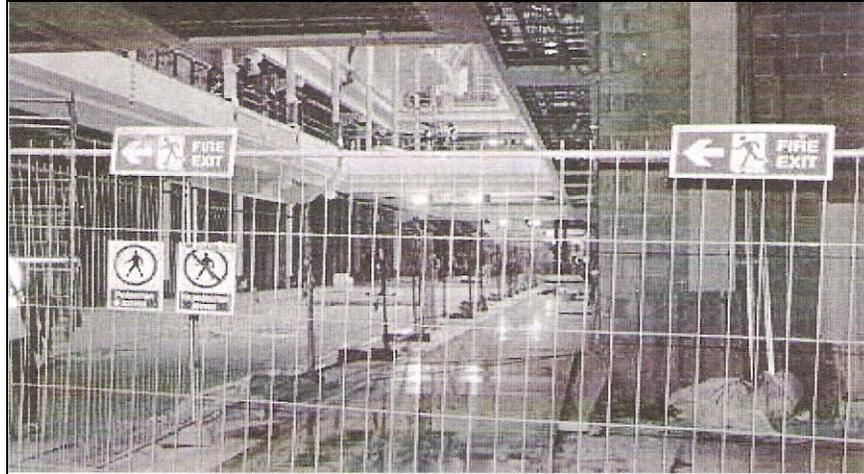
Além das vantagens apontadas por Koskela (1992) relacionadas à implementação da transparência e já apontadas, Santos et al. (2000) citam mais algumas:

- Simplificação e maior coerência na tomada de decisão;
- incentivo a contatos informais, por meio dos diferentes níveis hierárquicos;
- contribuição à introdução de políticas descentralizadas;
- ajuda na ampliação da participação e autonomia dos funcionários na administração;
- distribuição mais eficaz de responsabilidades;
- melhoria da motivação dos funcionários;
- maior eficácia na programação de produção;
- simplificação dos sistemas de controle de produção;
- rápido atendimento e solução de problemas.

Isatto et al. (2000) também sugerem mais algumas formas de aplicar esse princípio:

- Remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes;
- utilização de dispositivos visuais, como cartazes, sinalização luminosa, demarcação de áreas, que disponibilizam informações relevantes para a gestão da produção, entre outros;
- emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis os atributos do processo, tais como nível de produtividade, número de peças rejeitadas entre outros;
- programas de melhoria da organização e limpeza, como o programa 5S e outros.

Um exemplo prático é observado na Figura 3.23 que apresenta um dispositivo de controle de utilização do espaço que mantém o ambiente de trabalho transparente, suscetível à observação (ISATTO et al, 2000).

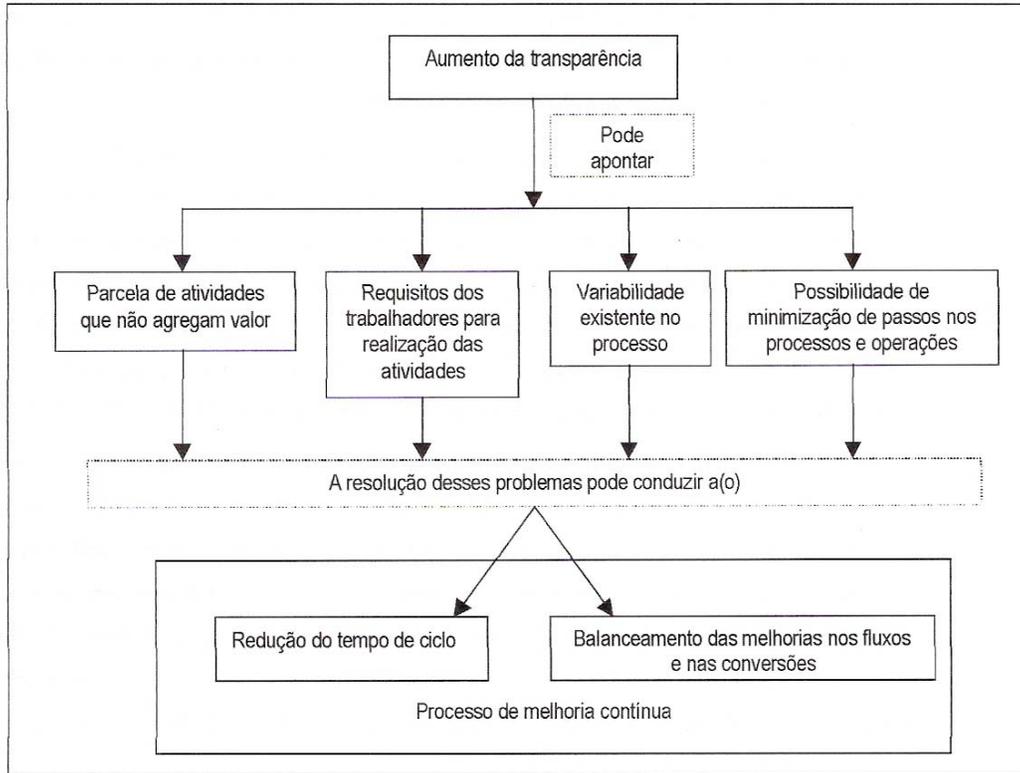


Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.23 – Exemplo de aplicação do princípio da transparência de processos

Santos et al. (2000) acrescentam a importância do planejamento adequado de *layout*, de iluminação ou de um planejamento melhor do fluxo das estações de trabalho, de modo a permitir a observação a partir do maior número possível de perspectivas e o conseqüente aumento da transparência. Reafirma a importância desse princípio, o qual deve ser praticado por gerentes e operários da construção civil, de modo a permitir também a aplicação plena de outros princípios.

A observação dos processos e operações pode resultar na eliminação das perdas existentes nos fluxos, por meio do melhor planejamento e controle dos mesmos. Isto pode conduzir à redução do tempo de ciclo, bem como ao balanceamento das melhorias a serem implementadas nos fluxos e conversões, dentro de um processo de melhoria contínua conforme mostra a Figura 3.24 (ALVES, 2000).



Fonte: Alves (2000)

Figura 3.24 – Relação entre o princípio da transparência e os princípios da construção *lean*

3.2.6.8 Focar o controle em todo o processo

Um dos grandes riscos dos esforços de melhorias é subotimizar uma atividade específica dentro de um processo, com um impacto reduzido (ou até negativo) no desempenho global do mesmo. Esta situação é muito comum em processos de produção fragmentados, como é a execução de uma obra, nos quais existem muitos projetistas, empresas subcontratadas e fornecedores independentes (ISATTO et al, 2000). Nesta linha, Shingo (1996), um dos idealizadores do Sistema Toyota de Produção, propõe que primeiro devam ser introduzidas melhorias nos processos (fluxo de montagem, de materiais e de informações) para depois serem estudadas melhorias nas operações (tarefas realizadas por pessoas e máquinas). Assim, é importante que o processo como

um todo seja controlado, deve haver um responsável por este controle. Dependendo da natureza do processo, se gerenciado pode apresentar a necessidade de envolver toda a cadeia produtiva neste esforço e não apenas uma única organização (ISATTO et al, 2000).

Koskela (1992) aponta duas causas de controle segmentado do fluxo. Na primeira, o fluxo atravessa diferentes unidades numa organização hierarquizada e, na segunda, cruza os limites da organização. Em ambos os casos, há risco de subotimização. Em obras, essa situação é comum por tratar-se de processos de produção fragmentados, nos quais existem vários projetistas (projetos arquitetônico, estrutural e vários outros dependendo do tipo de obra), empresas subcontratadas e fornecedores independentes.

Desta forma existem dois pré-requisitos para que haja controle sobre todo o processo. Primeiro o processo tem de ser avaliado como um todo e segundo, precisa haver uma autoridade para controlá-lo.

Diversas alternativas utilizadas, em organizações hierarquizadas, são apontados responsáveis para os processos de funções cruzadas, com responsabilidade para eficiência e eficácia do mesmo. Uma solução mais radical é deixar times autogeridos controlarem seus processos.

Para fluxos que vão além da organização, é necessário envolver toda a cadeia produtiva, realizando cooperações de longo prazo com fornecedores e organizando times com o objetivo de gerar benefícios mútuos, proporcionando um fluxo totalmente otimizado.

A aplicação deste princípio baseia-se fortemente na mudança de postura por parte dos envolvidos na produção, principalmente no que tange à percepção sistêmica dos problemas, procurando entender o processo como um todo, ao invés de um foco restrito em operações. Também requer uma disposição em estabelecer parcerias com fornecedores. Finalmente, envolve a definição clara de responsabilidade pelo controle global do processo (ISATTO et al, 2000).

Um exemplo prático é o custo da alvenaria que pode ser significativamente reduzido se houver um esforço de desenvolvimento integrado com o fornecedor de blocos, no sentido de introduzir a paletização conforme pode ser observado na Figura 3.25. Se a melhoria envolver o processo como um todo, pode-se obter diversos benefícios, tais como a redução do custo do carregamento e descarregamento, entregas com hora marcada, redução dos estoques na obra, entre outros ganhos. Esta melhoria é muito mais significativa se comparada com uma iniciativa individual de paletização, restrita apenas ao canteiro de obra.



Fonte: Isatto et al (2000)

Figura 3.25 – Exemplo de paletização praticada pelo fornecedor

3.2.6.9 Introduzir melhoria contínua no processo

O esforço contínuo reduz o desperdício e aumenta o valor na gestão de processos, por meio de uma atividade de caráter incremental e interna à organização. Esse princípio é um componente importante tanto da manutenção da qualidade total, quanto do *Just-in-Time*.

Isatto et al. (2000) apontam o trabalho em equipe e a gestão participativa como requisitos essenciais para a introdução de melhoria contínua nos processos. Além disso, sugerem a aplicação das seguintes medidas que

contribuem para direcionar o esforço de melhoria e consolidar os avanços obtidos:

- Utilização de indicadores de desempenho para monitorar o processo;
- definição clara de prioridades e metas a serem alcançadas;
- padronização de procedimentos, de forma a consolidar boas práticas e servir de referência para futuras melhorias;
- criação de uma postura de identificação das causas reais dos problemas e implementação de ações corretivas.

A utilização de ferramentas da qualidade, tais como, fluxograma, ciclo PDCA (*plan, do, check, act*), diagrama de Pareto, e outros, podem ser muito úteis na prática da melhoria contínua. A formação de times de melhoria também é uma boa prática, os quais vão mapear o processo, coletar dados referentes aos problemas mais freqüentes, discutir suas principais causas e propor um plano de ações corretivas.

3.2.6.10 Balancear melhoria do fluxo com melhoria de conversão

Na melhoria das atividades produtivas, tanto melhorias de fluxo quanto de conversão são importantes e devem ser avaliadas. Esse princípio propõe assim um equilíbrio dessas duas alternativas.

Todo processo produtivo possui aspectos de conversão e de fluxo, os quais possuem um potencial diferenciado para melhoria. Isatto et al. (2000) colocam que, quanto maior a complexidade do processo produtivo, maior o impacto da melhoria de fluxo; e que, quando existem perdas inerentes à tecnologia sendo utilizada, as melhorias no processamento (conversão) são mais vantajosas. Outro aspecto a ser considerado é que, em situações nas quais os fluxos foram negligenciados por décadas, o potencial para melhorias dos mesmos é maior do que para melhorias de conversão. Por outro lado, as melhorias de fluxo podem ser iniciadas com investimentos menores do que as melhorias de conversão, no entanto requerem um tempo maior para resultados.

Koskela (1992) coloca que as melhorias de fluxo e de conversão estão conectadas:

- Melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, por sua vez, menor investimento em equipamentos;
- fluxos mais controlados permitem a implementação de novas tecnologias de mais fácil conversão;
- novas tecnologias de conversão geram menor variabilidade e, portanto, benefícios de fluxo.

Para que haja o equilíbrio necessário entre melhorias nos fluxos e melhorias nas conversões, Isatto et al. (2000) propõem uma alternância entre a melhoria incremental, participativa, focada nas atividades de fluxo, e a inovação tecnológica, em geral de origem externa à organização, que envolve mudanças mais radicais nas organizações. A melhoria incremental requer liderança da gerência na condução das ações internas, e a inovação tecnológica, por sua vez, necessita de uma visão do ambiente fora da empresa, visando à identificação de inovações que podem se adaptar à sua realidade.

Pode-se citar a melhoria do desempenho na execução de sistemas de vedação vertical em alvenaria de blocos cerâmicos, o que requer um esforço de eliminação de perdas nas atividades de transporte, inspeção e estoques. A partir do momento que este processo atinge elevados níveis de racionalização, passa-se a avaliar a possibilidade de introduzir uma inovação tecnológica nas atividades de conversão, como, por exemplo, por meio da utilização de divisórias leves ou painéis pré-moldados. Uma vez introduzida esta inovação, há a necessidade de uma melhoria contínua, visando a aumentar o desempenho das atividades de fluxo (ISATTO et al, 2000).

3.2.6.11 Fazer *benchmarking*

Para Isatto et al. (2000), *Benchmarking* consiste em um processo de aprendizado a partir das práticas adotadas em outras empresas, consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção.

No entanto, a definição do conceito de *Benchmarking* possui várias interpretações, principalmente no que se refere à sua abrangência. No que diz respeito a essas diferentes definições, Santos et al. (1997) identificam alguns princípios de caráter fundamental, cujos principais são:

- É voltado para melhoria contínua;
- é um processo de médio e longo prazo;
- busca as razões das diferenças de desempenho;
- é pautado pela busca de ganhos competitivos.

Ao mesmo tempo, Santos et al. (1997) citam alguns aspectos que não podem ser identificados como *Benchmarking*:

- Análise competitiva: *Benchmarking* não pode ser entendido como análise competitiva, dado que não envolve apenas a investigação, mas também a análise e a descrição dessas práticas de referências e, no final do processo, a adaptação criativa;
- cópia: não se trata de copiar o sucesso de outras empresas, nem mesmo pode ser utilizado como meio de espionagem industrial. O objetivo real é construir performance superior por meio do aprendizado com os sucessos (e também as falhas) de outras empresas, reduzindo o desperdício de tempo e recursos;
- gerência pelos números: não é uma simples comparação de números, uma vez que se deve considerar o ambiente no qual o processo se desenvolve, assim como avaliadas as causas do desempenho elevado. Esta pode ser uma tendência por parte de alguns gerentes hábeis com a manipulação de números.

Camp (1989), citado por Koskela (1992), aponta os seguintes passos básicos para se fazer *Benchmarking*:

- Conhecer o processo, determinando os pontos fortes e fracos dos subprocessos;
- conhecer os líderes no segmento industrial ou os competidores, encontrando, entendendo e comparando as melhores práticas;
- incorporar o melhor, modificando ou incorporando as melhores práticas em seus próprios subprocessos;
- ganhar superioridade pela combinação dos pontos fortes existentes e das melhores práticas externas.

Este princípio de uma certa forma contrasta com o princípio relacionado à introdução da melhoria contínua a partir do esforço interno da empresa. Assim, a competitividade da empresa deve ser o resultado da combinação dos seus pontos fortes (internos), desenvolvidos principalmente a partir de um esforço de melhoria contínua, com boas práticas observadas (externas) em outras empresas e setores (ISATTO et al, 2000).