

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DIRETRIZES PARA A GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS EM CANTEIROS DE OBRAS**

**PROPOSTA BASEADA EM ESTUDOS DE CASO**

**Thaís da Costa Lago Alves**

**Orientador: Prof. Carlos Torres Formoso**

**Porto Alegre**

**2000**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

ESCOLA DE ENGENHARIA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**DIRETRIZES PARA A GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS EM CANTEIROS DE OBRAS:  
PROPOSTA BASEADA EM ESTUDOS DE CASO**

**Thaís da Costa Lago Alves**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia

**Orientador: Prof. Carlos Torres Formoso**

Porto Alegre

2000

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

**Prof. Carlos Torres Formoso** – Ph.D pela Universidade de Salford, Inglaterra  
Orientador

**Prof. Francisco de Paula Simões Lopes Gastal**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Jaime Evaldo Fensterseifer**

Ph.D. pela Universidade da Califórnia, Estados Unidos

**Profª. Cláudia Monteiro De Cesare**

Ph.D pela Universidade de Salford, Inglaterra

**Prof. Aguinaldo dos Santos**

Ph.D pela Universidade de Salford, Inglaterra

**Aos meus pais Jairo e Graça, e meus irmãos Thales e Thiago, em especial, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.**

**As minhas outras mães: Vovó Maria Trindade, pelo exemplo de vida; Tia Vera, Tia Izabel e Margô pela dedicação e carinho que sempre tiveram comigo.**

**A toda a minha Família que sempre esteve do meu lado, disposta a me ajudar e incentivar.**

**Dedico esse trabalho a todos vocês. Isso é muito pouco diante do que vocês fazem por mim, mas essa é a minha forma de dizer MUITO OBRIGADA!**

## AGRADECIMENTOS

- ✧ Ao professor Carlos Torres Formoso pela orientação deste trabalho e, em especial, pelas sugestões e críticas que contribuíram para a minha formação profissional e acadêmica neste mestrado.
- ✧ À professora Ercília Hitomi Hirota, grande amiga, pela participação e pelas contribuições inestimáveis em todas as etapas deste trabalho.
- ✧ Em especial, às companheiras de apartamento Mônica Batista Leite que conseguiu fazer uma tese no mestrado, e Valéria Gomes Álvares Pereira, a sorriso, pelo companheirismo, amizade e paciência que sempre tiveram comigo. A convivência com vocês tornou esses dias de trabalho mais alegres e produtivos.
- ✧ Aos amigos, da diretoria, Washington Moura, José de Paula Barros Neto e Andréa Barros pela amizade, carinho, e atenção no dia-a-dia em Porto Alegre.
- ✧ Aos colegas de turma: Antônio Eduardo Cabral, Patrícia Pedrozo, Andréa Kern, Graziella Oliari, Martha Alves e, em especial, a Keller Oliveira, Alessandra Brito e Jocelise Jacques companheiros dos estudos em gerenciamento da construção.
- ✧ Aos colegas do Projeto Perdas: prof. Eduardo Luís Isatto, os mestrandos Fabiana Rosa e Marcelo Kipper e os bolsistas Carolina Garcia e Luís Alberto Nascimento, pela união no trabalho de campo e nas discussões sobre a questão das perdas na construção civil.
- ✧ Ao doutorando Maurício Bernardes e ao auxiliar de pesquisa Evandro Fleck pelas contribuições e companheirismo durante a realização dos estudos de caso.
- ✧ Aos colegas Fábio Peixoto, Luís Fernando Oliveira e Carlos Alberto Rocha pelas discussões na hora do cafezinho.
- ✧ Aos colegas do NORIE: Elvira Lantelme, Tamara Avellan, prof<sup>a</sup>. Carin Schmitt, Maki Tokudome, Roberto Barbosa, Patrícia Tzortzopoulos, Lúcia Helena, Andréa Yuba, Marcelo Azambuja, Paulo Marchesan, Luciana Miron, Jairo Andrade, Daniel Pagnussat, Gustavo Moreira, Fabiano Messina, Anelise Hoffmann, Cristina Wayne, Aguida Abreu, Fernanda Vieira e Lucília B. Silva.
- ✧ Às empresas que participaram deste estudo.
- ✧ À CAPES, FINEP e SEBRAE/RS que financiaram o desenvolvimento desta pesquisa e os estudos em Porto Alegre.
- ✧ Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS.
- ✧ Aos mestres da UFRN, em especial, a Ana Adalgisa Paulino e a Aníbal Barbalho pela confiança e incentivo.
- ✧ A Deus que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE QUADROS.....	IX
LISTA DE SIGLAS .....	X
RESUMO .....	XI
ABSTRACT .....	XII
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto da pesquisa .....	1
1.2 Problema de pesquisa .....	4
1.3 Objetivos .....	5
1.3.1 Objetivo principal.....	5
1.3.2 Objetivos secundários .....	6
1.4 Hipóteses .....	6
1.5 Método de pesquisa .....	6
1.6 Delimitações do trabalho.....	7
1.7 Estrutura do trabalho .....	7
<b>2. CONSTRUÇÃO ENXUTA: UMA TEORIA EM FORMAÇÃO.....</b>	<b>8</b>
2.1 A evolução da administração da produção .....	8
2.1.1 Taylor e a Administração Científica.....	8
2.1.2 Henry Ford e a produção em massa.....	9
2.1.3 Evolução do pensamento estratégico na produção .....	10
2.2 O Sistema Toyota de Produção (STP) .....	11
2.2.1 Os pilares do Sistema Toyota de Produção.....	14
2.2.1.1 A Automação .....	14
2.2.1.2 O <i>Just-In-Time</i> (JIT).....	15
2.3 A Produção Enxuta e a Produção Convencional .....	17
2.4 Princípios da Produção Enxuta .....	21
2.5 A necessidade de uma teoria para construção civil – A Construção Enxuta .....	23
2.6 Princípios e abordagens da Construção Enxuta associados à gestão dos fluxos físicos .....	24
2.6.1 O princípio da transparência e a gestão dos fluxos físicos .....	26
2.6.1.1 A importância das medições para tornar os processos transparentes.....	28
2.7 Considerações finais .....	29
<b>3. PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....</b>	<b>30</b>

<b>3.1 Definição de planejamento</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2 Os objetivos do planejamento</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3 As dimensões do planejamento</b> .....	<b>32</b>
3.3.1 A dimensão horizontal do planejamento .....	32
3.3.2 A dimensão vertical do planejamento .....	34
<b>3.4 A importância do planejamento no combate à variabilidade e à incerteza</b> .....	<b>35</b>
3.4.1 A complexidade e a incerteza presentes na construção civil e o PCP .....	35
3.4.2 A necessidade do planejamento para combate à incerteza na construção civil .....	37
<b>3.5 O Processo de Planejamento no Sistema Toyota de Produção (STP)</b> .....	<b>38</b>
3.5.1 As funções gerenciais .....	38
3.5.2 O planejamento da produção no STP .....	39
<b>3.6 O Processo de Planejamento e Controle da Construção civil baseado na Nova Filosofia de Produção</b> .....	<b>40</b>
3.6.1 Planejamento do empreendimento .....	42
3.6.2 Planejamento <i>lookahead</i> .....	42
3.6.2.1 A importância do planejamento <i>lookahead</i> na proteção da produção.....	44
3.6.3 Planejamento de comprometimento.....	46
3.6.3.1 Requisitos de qualidade para a elaboração do planejamento de comprometimento .....	46
3.6.3.2 O planejamento de comprometimento e o monitoramento da produção.....	48
<b>3.7 A necessidade de diretrizes para a gestão dos fluxos físicos</b> .....	<b>48</b>
<b>3.8 Considerações finais</b> .....	<b>49</b>
<b>4. MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1 Delineamento da pesquisa</b> .....	<b>51</b>
<b>4.2 Descrição da pesquisa exploratória</b> .....	<b>52</b>
4.2.1 Seleção das empresas estudadas .....	53
4.2.2 Seleção dos processos a serem acompanhados.....	53
4.2.3 Seleção dos métodos e técnicas para a coleta de dados.....	54
4.2.3.1 Listas de verificação do canteiro, dos processos e dos materiais .....	54
4.2.3.2 Registro de imagens .....	54
4.2.3.3 Diagrama de processo e mapofluxograma .....	55
4.2.3.4 Indicadores de produção e produtividade.....	56
4.2.3.5 Indicador de consumo de materiais .....	57
4.2.4 Seleção de fontes de informação para o estudo exploratório .....	58
4.2.4.1 Observação participante .....	58
4.2.4.2 Caderno de campo .....	58
4.2.5 Coleta e avaliação dos dados .....	59
4.2.6 Considerações finais sobre a pesquisa exploratória.....	60
<b>4.3 Descrição dos estudos de caso</b> .....	<b>60</b>
4.3.1 Seleção das empresas pesquisadas.....	61
4.3.2 Seleção das fontes de evidência.....	62
4.3.2.1 Mapa de acompanhamento .....	62
4.3.2.2 Planilha para realização do planejamento semanal de tarefas .....	63
4.3.2.3 Planilhas para registro da utilização dos materiais.....	63
4.3.3 Seleção dos processos analisados.....	65
4.3.4 Periodicidade da coleta de dados .....	65
4.3.4.1 Visitas de campo .....	66
4.3.4.2 Reuniões do processo de Planejamento e controle da produção .....	66
4.3.5 Análise dos dados.....	67
4.3.5.1 Análise de dados semanal e mensal .....	67
4.3.6 Proposição das diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obra com base em estudos de caso ....	68

<b>5. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1 Estudo exploratório.....</b>	<b>69</b>
5.1.1 Estudo exploratório – Empresa A.....	69
5.1.1.1 Descrição da Empresa A .....	69
5.1.1.2 Seleção dos processos analisados e definição dos ciclos de avaliação .....	70
5.1.1.3 Diagnóstico inicial .....	71
5.1.1.4 Acompanhamento do processo de elevação de alvenaria .....	73
5.1.1.5 Acompanhamento do processo execução de revestimento interno .....	76
5.1.1.6 Considerações sobre a gestão dos fluxos físicos na Empresa A.....	78
5.1.2 Estudo exploratório – Empresa B.....	79
5.1.2.1 Descrição da Empresa B.....	79
5.1.2.2 Seleção dos processos e definição dos ciclos de avaliação .....	79
5.1.2.3 Diagnóstico inicial .....	80
5.1.2.4 Acompanhamento do processo de elevação de alvenaria .....	81
5.1.2.5 Considerações sobre a gestão dos fluxos físicos na Empresa B.....	85
5.1.3 Considerações finais sobre o estudo exploratório .....	86
<b>5.2 Estudos de caso .....</b>	<b>86</b>
5.2.1 Estudo de caso – Empresa A.....	86
5.2.1.1 Seleção dos processos a serem acompanhados e definição dos ciclos de avaliação.....	87
5.2.1.2 Acompanhamento do planejamento semanal.....	87
5.2.1.3 Acompanhamento do processo de assentamento de piso.....	89
5.2.1.5 Acompanhamento da produtividade do processo de execução de fachadas com pastilhas.....	101
5.2.1.6 Análise da programação da obra.....	102
5.2.1.7 Estudo da execução do piso da garagem com basalto .....	103
5.2.1.8 Estudo das tarefas relacionadas à execução da piscina.....	106
5.2.1.9 Considerações finais sobre o estudo de caso da Empresa A .....	107
5.2.2 Estudo de caso – Empresa C.....	109
5.2.2.1 Descrição da Empresa C.....	109
5.2.2.2 Diagnóstico inicial do canteiro .....	110
5.2.2.3 Definição dos ciclos de avaliação.....	113
5.2.2.4 Acompanhamento das reuniões do planejamento .....	114
5.2.2.5 Considerações finais sobre o estudo de caso da Empresa C.....	119
5.2.3 Considerações sobre os estudos de caso .....	120
<b>5.3 Proposta de diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras.....</b>	<b>121</b>
5.3.1 Minimização da incerteza e da variabilidade nos fluxos .....	121
5.3.2 Consideração das restrições de tempo e espaço .....	122
5.3.3 Continuidade e terminalidade.....	123
5.3.4 Níveis da gestão dos fluxos físicos .....	124
5.3.5 Transparência e a gestão dos fluxos físicos .....	125
5.3.6 Determinação de atribuições da administração da obra e dos subempreiteiros.....	125
5.3.7 Monitoramento e controle dos fluxos físicos .....	126
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>130</b>
6.1 Conclusões .....	130
6.2 Recomendações para trabalhos futuros.....	132
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>134</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Visão convencional do processo (KOSKELA, 1992) .....	19
Figura 2.2 - A estrutura da produção (SHINGO, 1996a) .....	20
Figura 2.3 – Relação entre o princípio da transparência e princípios apontados por KOSKELA (1992) dentro da gestão dos fluxos físicos .....	26
Figura 3.1 – O Processo de Planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987) .....	33
Figura 3.2 - Processo de planejamento da produção (adaptado de HOWELL e BALLARD, 1997a).....	41
Figura 4.1 – Etapas da pesquisa.....	51
Figura 4.2 – Símbolos adaptados neste trabalho para elaboração de diagramas de fluxo e mapofluxogramas .....	55
Figura 4.3 – Diagrama de processo e mapofluxograma .....	56
Figura 4.4 – Exemplo de cartão de produção .....	57
Figura 4.5 – Exemplo de mapa de acompanhamento.....	63
Figura 4.6 – Planilha para elaboração do planejamento semanal .....	63
Figura 4.7 – Modelo de planilha utilizada para registrar o destino dos materiais na obra.....	64
Figura 4.8 – Modelo de planilha utilizada para registrar a localização dos estoques e destino dos materiais.....	64
Figura 4.9 – Redução do período de coleta e disponibilização de informações ao longo do tempo.....	66
Figura 4.10 – Convergência das diferentes fontes de evidências no estudo da gestão do fluxos físicos (Baseado em YIN, 1994).....	67
Figura 5.1 – Desenho esquemático do térreo da edificação da Empresa A .....	72
Figura 5.2 – Desenho esquemático do subsolo da edificação da Empresa A .....	72
Figura 5.3 – Diagrama de processo para a elevação de alvenaria da Empresa A .....	74
Figura 5.4 – Blocos cerâmicos: (a) Descarregamento manual do caminhão(b) Transporte com paleteira para o estoque .....	75
Figura 5.5 – Mapofluxograma – revestimento interno argamassado .....	78
Figura 5.6 – Desenho esquemático do canteiro de obras da Empresa B .....	81
Figura 5.7 –Diagrama de processo da elevação da alvenaria (Empresa B) .....	83
Figura 5.8 – Transporte de blocos: (a) transporte para o posto de trabalho; (b) colocação dos blocos em andaime..	84
Figura 5.9 – Dados do processo (a) produção por subempreiteiro no período pesquisado; (b) produtividade dos pedreiros por subempreiteiro no período analisado .....	84
Figura 5.10 – Mapa de acompanhamento do processo de assentamento de piso nos pavimentos tipo .....	90
Figura 5.11 – Evolução da produção do processo de assentamento de piso nos pavimentos tipo .....	91
Figura 5.12 – Diagrama de processo da cerâmica .....	94
Figura 5.13 – Mapofluxograma correspondente à movimentação da cerâmica no pavimento .....	94
Figura 5.14 – Diagrama de processo para o granito .....	97
Figura 5.15 – Planilha para o controle de estoque e consumo dos materiais utilizados na cobertura e nos corredores .....	100
Figura 5.16 – Produtividade diária do processo de revestimento de fachadas com pastilhas .....	102
Figura 5.17 – Mapofluxograma do material basalto .....	105
Figura 5.18 – Atividades do processo de assentamento de piso basáltico: (a) estoque do material e transporte para o carrinho (a seta indica a rampa); (b) um dos operários sobe escada transportando o basalto e o outro transporta argamassa para o carrinho .....	106
Figura 5.19 – Mapofluxograma da argamassa para assentamento dos tijolos da piscina da cobertura .....	107
Figura 5.20– Desenho esquemático do canteiro de obras da Empresa C e mapofluxograma simplificado.....	111
Figura 5.21 – Vista da fachada sul.....	112
Figura 5.22 – Vista da fachada norte .....	112
Figura 5.23 – Planta plastificada .....	115
Figura 5.24 – Trabalho em progresso: execução do reservatório enterrado. ....	118

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Diferenças entre a produção em massa e a Produção Enxuta. (Baseada em WOMACK et al., 1992) ..	18
Quadro 5.1 – Horários das reuniões do planejamento e controle da produção .....	114
Quadro 5.2 – A gestão dos fluxos físicos e o processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) .....	127

## LISTA DE SIGLAS

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

SEBRAE/RS – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul

STP – Sistema Toyota de Produção

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PPC – Percentual de Planos Completos

PERT – *Program Evaluation and Review Technique* (Técnica de avaliação e revisão de programas)

CPM – *Critical Path Method* (Método do caminho crítico)

## RESUMO

O modelo de gerenciamento da produção normalmente adotado pelas empresas de construção negligencia os fluxos dos processos ao colocar ênfase nas conversões. Esse modelo assume a idéia de que um processo pode ser dividido em partes menores e que a melhoria do todo pode ser alcançada pela melhoria de cada uma das partes. Em função disto, as inter-relações entre as atividades e os processos não são adequadamente consideradas.

A Nova Filosofia de Produção, ou Teoria da Produção Enxuta, considera que os processos são formados por conversões, inspeções, transportes e esperas, e propõe que os fluxos e as conversões devam estar transparentes para que sejam gerenciados e as perdas combatidas. Diversos trabalhos têm sido dedicados à coleta e avaliação de dados dos processos produtivos, entretanto esses não propõem diretrizes para implementação de procedimentos rotineiros para combater as perdas na produção.

O objetivo deste trabalho consiste em propor diretrizes para a gestão dos fluxos de materiais e mão de obra em canteiros de obra, denominados neste trabalho de fluxos físicos, de forma integrada ao processo de planejamento e controle da produção da construção civil, tendo como base os conceitos da Nova Filosofia de Produção.

O método de pesquisa foi dividido em três etapas. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica. Em seguida, conduziu-se um estudo exploratório em dois canteiros de obras, com o objetivo de selecionar ferramentas que proporcionassem transparência aos fluxos físicos e identificar a forma como esses se desenvolviam em diferentes canteiros. A terceira etapa envolveu a realização de dois estudos de caso para investigar como a gestão dos fluxos físicos pode ser inserida no processo de planejamento e controle da produção. Ao final, foram propostas diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obra com base nos estudos realizados e na revisão bibliográfica.

Entre as principais conclusões deste estudo, constatou-se a necessidade de realizar a gestão dos fluxos físicos em diferentes níveis do planejamento e a viabilidade de utilizar-se ferramentas de fácil utilização e baixo custo que conferem transparência à produção e auxiliam no seu gerenciamento. Por outro lado, o estudo demonstrou que, para que os fluxos físicos sejam gerenciados de forma adequada, é preciso o comprometimento dos administradores para realizar o seu monitoramento e atuar nas causas dos desvios que ocasionam perdas na produção.

## ABSTRACT

The conceptual model that has been mostly used in construction emphasizes the management of conversions and abstracts away the process flows. This model assumes that a process can be divided in smaller parts and that process improvement can be achieved by improving each of its parts. As a result, the inter relations between activities and processes are not adequately considered.

The New Production Philosophy, or Lean Production Theory, considers that processes are formed by conversions, inspecting, moving and waiting activities, and that both flows and conversions must be visible in order to be properly managed and to reduce waste. Several research projects have been dedicated to the collection and analysis of production data, but have not proposed useful guidelines for implementing routine procedures to control waste in production.

The objective of this dissertation is to propose directives for managing materials and work flows in construction sites, named in this study as physical flows, as part of the production planning and control process in construction, based in the concepts of the New Production Philosophy.

The research method was divided in three phases. Initially, a bibliography review was performed. After that, an exploratory study was undertaken in two sites. The aim of this exploratory study was to select tools to make physical flows more transparent, and to investigate how these were managed in the industry. In the third phase, two case studies were carried out aiming to investigate how to integrate the management of physical flows in the production planning and control process. At the end of the study, based in the case studies and the literature review, guidelines were proposed for managing the physical flows in construction sites.

Among several conclusions, the study indicated that the management of physical flows must be performed at different hierarchical levels of planning and can be based on the use of relatively simple and inexpensive production management tools that increase process transparency. The study also indicated that the managers must be committed to the management, giving their support to the monitoring of processes and to the implementation of corrective actions.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A construção civil durante muitos anos tem desenvolvido suas atividades com base em um modelo de administração da produção que coloca ênfase nas atividades de conversão, as quais representam atividades de processamento ou modificação na forma ou substância de um material. Esse modelo negligencia as demais atividades envolvidas na realização de um processo. Inspeção, transporte e estoques não são considerados com a devida importância (KOSKELA, 1992).

Nesse modelo, o processo é visto como sendo formado por entradas que são processadas e então resultam em um produto (KOSKELA, 1992). Essa visão de processo, chamada por KOSKELA (1996) de modelo de conversão, tem como idéias centrais as seguintes: a produção é vista como a conversão de insumos em produtos; e cada processo pode ser dividido em partes menores, melhor gerenciáveis.

A idéia de que o processo pode ser subdividido em partes menores, conduz a um raciocínio de que a melhoria do todo pode ser obtida através da melhoria de suas partes componentes. Assim sendo, as interações entre as diferentes partes de um processo não são levadas em consideração. A falta de consideração e, conseqüentemente, de acompanhamento e medição das atividades negligenciadas pelo modelo de conversão tem deixado algumas perdas invisíveis nos processos da construção civil e mascarado a incerteza no processo construtivo (KOSKELA, 1997; HOWELL, 1997; SERPELL et al., 1997).

A adoção dessas idéias conduz a práticas que trazem problemas para a gestão da produção. No contexto da construção civil, devido a importância dada às atividades de conversão, o foco desta indústria está nos contratos, em detrimento do trabalho em equipe (HOWELL e BALLARD, 1997b). Cada equipe deve preocupar-se com o seu trabalho, e as inter-relações e interferências que possam existir durante a realização dos trabalhos não são devidamente consideradas. Conseqüentemente, esse tipo de conduta leva a resultados que podem estar subotimizados, pois não são levadas em conta as interações que devem ocorrer entre os diferentes agentes envolvidos, para que se obtenha um melhor desempenho no processo construtivo como um todo.

Outro aspecto relevante é a grande ênfase dada à programação formal do tempo, em detrimento da programação dos recursos e métodos. Cronogramas são elaborados para todo o horizonte de construção, em geral com base em técnicas de programação como PERT e CPM, as quais observam principalmente restrições tecnológicas e pouco consideram a existência de interferências entre as atividades, incerteza e limitações de recursos (LAUFER e TUCKER, 1987). Além disso, esse tipo de programação não garante a continuidade dos processos a serem executados pela mão-de-obra.

Contudo, os insucessos resultantes de ferramentas e técnicas de programação baseadas no modelo de conversão, são atribuídos a profissionais desmotivados e destreinados, e não à incerteza e à desorganização da produção, reais causas dos problemas que resultam no fracasso dos planos (HOWELL e BALLARD, 1997b; LAUFER e TUCKER, 1987).

De acordo com KOSKELA (1996), outro fator contribuinte para a persistência do modelo de conversão, na construção civil, tem sido o fato das partes componentes do mesmo não estarem explícitas e descritas de forma estruturada, sob a forma de conceitos e princípios. Desta forma, a contestação desse modelo torna-se uma tarefa difícil, pois o mesmo não dispõe de elementos para serem discutidos.

No entanto, a necessidade de uma teoria que explicasse de forma mais adequada as práticas da construção civil foi abordada por diversos autores (KOSKELA, 1992; ALARCÓN, 1997a; HOWELL e BALLARD, 1997b). KOSKELA (1992) apresentou ao setor a possibilidade de utilização de uma nova filosofia de produção<sup>1</sup>, também denominada Produção Enxuta (WOMACK et al., 1992). Uma das idéias que diferenciam a Produção Enxuta daquela baseada no modelo de conversão, é o fato de que a primeira considera os processos como sendo constituídos de atividades de conversão e de fluxo.

O surgimento e desenvolvimento da Produção Enxuta na indústria de manufatura se deu devido a mudanças no ambiente competitivo. De forma semelhante, a construção civil vem em busca de novas formas de gerenciar sua produção, tendo-se em vista as crescentes exigências para redução da duração dos empreendimentos e também dos custos associados aos mesmos, além da melhoria da qualidade e produtividade (HOWELL e BALLARD, 1997b; ALARCÓN, 1997b).

Segundo KOSKELA (1992), baseando-se nos conceitos da nova filosofia de produção, “a produção é um fluxo de materiais e/ou informações da matéria-prima ao produto acabado”. Para esse autor, durante o processo o material passa pelo processamento ou conversão (alterações no material), e ainda por inspeções, transporte e esperas, que constituem as chamadas atividades de fluxo da produção. Portanto, o gerenciamento de processos deve considerar estes dois tipos de atividades, procurando torná-las transparentes (KOSKELA, 1997; ALARCÓN, 1997b).

ALARCÓN (1997b) comenta que o foco dos administradores da construção nas atividades de conversão tem resultado na falta de controle das atividades de fluxo, incerteza para a produção e aumento das atividades que não agregam valor ao produto. No entanto, com a adoção das idéias da Produção Enxuta e adaptação das mesmas para a construção civil, surgindo a Construção Enxuta, passou a existir uma maior preocupação com o gerenciamento dos fluxos envolvidos nos processos desse setor, além da redução das perdas (KOSKELA, 1992; BALLARD e HOWELL, 1997a;1997b; ALARCÓN, 1997b). Porém, cabe destacar que a preocupação com a eliminação das perdas na

---

<sup>1</sup> É importante ressaltar que apesar da Produção Enxuta ter sido considerada uma “nova filosofia de produção” para a construção civil, as suas idéias foram originadas na década de 50 no Japão (KOSKELA, 1992).

construção civil vem desde os estudos de Frank Gilbreth (1868-1924) que realizou análises do trabalho de um pedreiro na execução da alvenaria (TAYLOR, 1990; HOPP e SPEARMAN, 1996).

Todavia, apesar da importância que a teoria da Construção Enxuta vem adquirindo no setor da construção civil, existem muitas dificuldades que impedem a sua maior difusão. De acordo com HOWELL e BALLARD (1998), muitos ainda têm objeções quanto à sua implantação no setor pois a identificam como uma técnica de manufatura que está sendo aplicada na construção. KOSKELA (1997) também aponta outros motivos pelos quais a nova filosofia de produção tem sido absorvida de forma lenta pela construção:

- (a) resposta tardia das instituições acadêmicas;
- (b) falta de competição internacional nesta indústria;
- (c) as aplicações já realizadas ocorreram na indústria de manufatura e a generalização para a construção não é uma tarefa fácil.

Esse último motivo apontado por KOSKELA (1997) vai ao encontro das idéias de LILLRANK (1995), que destaca a necessidade de adaptações de teorias, conceitos e ferramentas quando esses são transferidos de um contexto para o outro. LILLRANK (1995) salienta a importância da consideração de aspectos locais para que se possa implementar com sucesso o conteúdo transferido entre diferentes ambientes.

Portanto, a adaptação dos conceitos, técnicas e ferramentas da Produção Enxuta para a construção civil, deve ser feita considerando-se as características deste setor, uma vez que a grande complexidade e incerteza presentes na construção diferenciam-na da manufatura (BALLARD e HOWELL, 1997c).

No entanto, embora sejam necessárias adaptações dessa teoria, as peculiaridades da construção civil não impedem, nem tão pouco reduzem a importância da aplicação da Produção Enxuta nesta indústria (KOSKELA, 1997; ISATTO e FORMOSO, 1998). ALARCÓN (1997a) afirma que se apenas uma parte dos ganhos obtidos na indústria manufatureira fosse obtida para a construção civil isso já seria um grande incentivo para a utilização dos conceitos da Produção Enxuta.

KOSKELA (1999) afirma que se deve utilizar o que cada uma das teorias, a convencional e da Produção Enxuta, têm de melhor. O autor argumenta a favor de uma teoria que congregue os conceitos relativos à transformação e aos fluxos. Logo, a produção deve ser observada sob dois pontos de vista: na visão da conversão, é importante a definição da tarefa e sua realização da forma mais eficiente possível; na visão dos fluxos, a questão crucial é a eliminação das perdas nos fluxos. A importância da consideração das conversões e dos fluxos na administração da produção reside no seguinte ponto: "a realização das tarefas dependem fortemente dos fluxos, e o progresso dos fluxos por sua vez é dependente da realização das tarefas" (KOSKELA, 1999).



Após a apresentação do contexto no qual se insere este trabalho, a seguir são abordados aspectos relacionados ao problema de pesquisa.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A necessidade de redução de perdas em canteiros de obras foi abordada em diversos trabalhos (SOIBELMAN, 1993; SANTOS, 1995; COSTA, 1999; AGOPYAN et al., 1998). Em geral, grande atenção foi dispensada para a coleta e processamento de informações relacionadas aos materiais, as quais indicavam índices de consumo dos mesmos ao final de longos períodos de coleta. Contudo, apesar do grande esforço dedicado para obtenção dos dados e a análise dos mesmos, os estudos realizados não propõem diretrizes para a implementação de procedimentos rotineiros para prevenir a ocorrência das perdas.

O grupo de pesquisa em gerenciamento e economia da construção do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (NORIE/UFRGS), em cuja linha de pesquisa se insere este trabalho, tem realizado estudos nas áreas de planejamento e controle da produção na construção civil utilizando conceitos, técnicas e ferramentas relacionadas a Produção Enxuta (FORMOSO et al., 1999; OLIVEIRA, 1999; BERNARDES et al., 1998; REICHMANN et al., 1998). Os resultados desses estudos têm contribuído para a elaboração de um modelo de planejamento e controle da produção para a construção civil. No entanto, apesar da necessidade de gerenciamento dos fluxos envolvidos nos processos, como já foi ressaltado anteriormente, o modelo de planejamento do NORIE ainda não contempla essa questão.

FORMOSO et al. (1999) apresentam em seu trabalho, um "Modelo de Planejamento e Controle da Produção para empresas de construção civil", no qual são identificados três níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo) bem como as ações a serem realizadas em cada um dos níveis. Neste modelo estão explícitas as ações relacionadas à programação de recursos, tais como aquisição de materiais e equipamento e contratação de mão-de-obra, preparação e divulgação dos planos. Porém, somente no plano de curto prazo, aparece a consideração da alocação dos recursos e da mão-de-obra, não sendo verificada preocupação com o gerenciamento dos fluxos nos demais níveis do processo de planejamento e controle da produção. Também não se verifica a consideração de conflitos temporais e espaciais<sup>2</sup> relacionados à disposição das equipes e materiais durante a realização das atividades, os quais podem ocasionar atividades que não agregam valor à produção.

SOIBELMAN (1993) ressalta que a maior ou menor incidência de perdas de materiais nos canteiros de obra deve-se, principalmente, ao gerenciamento da obra. Outro problema a ser considerado são as movimentações desnecessárias devido à má localização das equipes, materiais e equipamentos no canteiro. Esse problema resulta em congestionamentos, variabilidade e prejuízos à

---

<sup>2</sup> Conflitos de tempo e espaço ocorrem quando duas ou mais atividades passam a necessitar de um espaço em comum, em um mesmo período de tempo, e a interferência entre elas pode afetar seu desempenho (AKINCI et al., 1998).

produtividade da mão-de-obra, e afeta diretamente os custos da produção (SANTOS, 1995; SAURIN, 1997; THOMAS et al., 1989; KOSKELA, 1999).

AKINCI et al. (1998) afirmam que “os conflitos temporais e espaciais são uma das maiores causas de perdas na produtividade em canteiros de obra, esses conflitos são evitáveis e gerenciáveis se identificados antes da construção.” Entretanto, as ferramentas tradicionais de gerenciamento de um empreendimento não consideram as necessidades de alocação de espaço. Na fase de planejamento, as decisões relacionadas aos métodos e seqüências das atividades são tomadas, enquanto que a alocação de espaço fica por conta dos engenheiros durante a fase de construção (AKINCI et al., 1998; TOMMELEIN e ZOUËIN, 1993).

Contudo, se as interferências entre as atividades fossem analisadas antes da elaboração do cronograma de execução, as restrições relativas a tempo e espaço seriam incorporadas ao mesmo, o que poderia aumentar a sua confiabilidade. Além disso, a alocação espacial das atividades poderia ser melhorada, e a parcela de atividades que não agregam valor, devido aos conflitos temporais e espaciais, poderia ser reduzida (TOMMELEIN e ZOUËIN, 1993).

Portanto, com base nos conceitos da Produção Enxuta, além da necessidade de administrar as conversões, observa-se a necessidade de planejar e gerir os fluxos de materiais e mão-de-obra, os quais doravante serão denominados fluxos físicos, relacionados aos processos a serem desenvolvidos dentro dos canteiros de obras, visando à redução das perdas nos processos construtivos. Para isso, KOSKELA (1992) ressalta a importância de tornar os processos observáveis através indicadores e dispositivos visuais que proporcionem transparência à produção, e desta forma envolvam as pessoas no combate às perdas e na busca pela melhoria contínua.

Contudo, além dos fluxos físicos estarem visíveis, a sua gestão deve estar inserida no processo de planejamento e controle da produção, de forma sistematizada, através da aplicação de meios simples e baratos que permitam aos administradores um gerenciamento adequado dos mesmos. Desta forma, esse trabalho busca formas de inserir a gestão dos fluxos físicos dentro do processo de planejamento e controle da produção na construção civil considerando os aspectos teóricos e práticos abordados neste capítulo.

Com base no que foi exposto acima, apresenta-se a seguir os objetivos a serem alcançados e hipóteses a serem comprovadas neste trabalho.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO PRINCIPAL**

Propor diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras, integrada ao processo de planejamento e controle da produção da construção civil, tendo como base os conceitos da Nova Filosofia de Produção - Produção Enxuta.

### 1.3.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- (a) Desenvolver e adaptar ferramentas, indicadores e dispositivos visuais que proporcionem maior transparência aos fluxos físicos dos processos realizados nos canteiros de obras.
- (b) Identificar as lacunas existentes no processo de planejamento e controle da produção que dificultam a gestão dos fluxos físicos.
- (c) Contribuir para a consolidação dos princípios, utilizados neste trabalho, relacionados à Construção Enxuta.

### 1.4 HIPÓTESES

- (a) A utilização de ferramentas, indicadores e dispositivos visuais, de baixo custo, podem auxiliar na integração da gestão dos fluxos físicos dos canteiros de obras com o processo de planejamento e controle da produção.
- (b) A gestão dos fluxos físicos, como o processo de planejamento e controle da produção, pode depender de definições estabelecidas nos diferentes níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo).
- (c) A inserção da gestão dos fluxos físicos no processo de planejamento da produção cria condições para reduzir as interferências entre equipes e a ocorrência de problemas no seqüenciamento dos processos, e também para eliminar as atividades que não agregam valor, bem como reduzir as perdas de materiais.

### 1.5 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa empregado no desenvolvimento dessa dissertação pode ser apresentado em três grandes etapas. A primeira delas compreendeu a realização de uma pesquisa bibliográfica e a condução de estudos exploratórios em duas pequenas empresas de construção civil de Porto Alegre, as quais participavam do projeto "Alternativas para a redução de perdas na construção civil" desenvolvido em parceria pelo NORIE e o SEBRAE/RS. O objetivo dessa primeira etapa foi a avaliação de ferramentas que pudessem ser utilizadas na gestão dos fluxos físicos e a compreensão da forma como eram tratados nas empresas estudadas.

As conclusões da revisão bibliográfica e dos estudos exploratórios motivaram a realização de uma segunda etapa de pesquisa, na qual foram conduzidos dois estudos de caso em empresas da Grande Porto Alegre. As empresas pesquisadas, nessa etapa, realizavam o planejamento semanal da produção, conforme indicado no item 3.6.3 desta dissertação. Nessa etapa, buscou-se a utilização de ferramentas, indicadores e dispositivos visuais para conferirem transparência aos fluxos físicos, como uma forma de facilitar a inserção da gestão dos fluxos físicos nos processos de planejamento e controle da produção desenvolvidos pelas empresas estudadas. Por fim, na terceira etapa, com base

nos estudos realizados nas etapas anteriores foram elaboradas diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras.

## **1.6 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO**

Esta dissertação foi realizada com base em estudos de caso conduzidos em empresas de pequeno porte da Grande Porto Alegre. As duas empresas estudadas atuavam no subsetor de edificações. Uma delas atuava na execução de obras para clientes privados, enquanto a outra realizava obras tanto para clientes privados quanto para órgãos públicos.

## **1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Essa dissertação apresenta-se dividida conforme a descrição indicada a seguir:

O presente capítulo aborda a contextualização do ambiente em que se desenvolveu esse trabalho e o problema de pesquisa, ambos embasados na bibliografia. Além disso, são apresentados os objetivos e hipóteses dessa dissertação.

O capítulo 2 apresenta a evolução da Nova Filosofia de Produção e o surgimento da Construção Enxuta, que se desenvolveu a partir da necessidade de uma teoria para a indústria da construção civil.

O capítulo 3 aborda o processo de planejamento e controle da produção na construção civil, bem como discute aspectos do modelo de planejamento proposto para a construção civil que têm origem na Nova Filosofia de Produção e a sua relação com a gestão dos fluxos físicos.

O capítulo 4 é dedicado à descrição detalhada do método de pesquisa elaborado para a condução dos trabalhos desta dissertação.

O capítulo 5 apresenta a descrição e os resultados dos estudos realizados em três empresas da grande Porto Alegre e a proposta de diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras.

No capítulo 6 se encontram as conclusões finais dessa dissertação e sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros relacionados ao tema estudado.

## 2. CONSTRUÇÃO ENXUTA: UMA TEORIA EM FORMAÇÃO

### 2.1 A EVOLUÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

A busca pela eficiência da produção vem sendo estudada há muitos anos por diferentes estudiosos. Os conceitos, as técnicas e os meios empregados para tal vêm evoluindo ao longo do tempo. No século 18, as primeiras idéias sobre uniformidade e intercambiabilidade de peças começaram a ser desenvolvidas, o que reduziu a necessidade de trabalhadores especializados. Desta forma, os operários também passaram a ser intercambiáveis, uma vez que trabalhadores sem habilidades especiais passaram a produzir produtos complexos. Isso também passou a exigir uma maior versatilidade por parte dos operários, pois as máquinas eram especializadas, mas o trabalhador deveria se adaptar às mudanças que ocorriam de uma máquina para outra (HOPP e SPEARMAN, 1996).

As formas de administrar a produção também foram sendo modificadas de acordo com o tempo e as necessidades de cada época. Para que se tenha uma idéia à respeito de aspectos que contribuíram para a evolução da administração da produção, e resultaram na necessidade de uma nova filosofia de produção, a seguir apresenta-se um breve histórico sobre o assunto.<sup>3</sup> Objetiva-se com essa revisão bibliográfica, descrever aspectos relacionados às formas de administração da produção, os quais contribuíram para o gerenciamento do trabalho baseado nas atividades de conversão. E ainda, apresentar conceitos relacionados à Produção Enxuta, como uma evolução à forma tradicional de gerenciamento da produção.

#### 2.1.1 TAYLOR E A ADMINISTRAÇÃO CIENTÍFICA

Frederick W. Taylor (1856-1915), o pai da administração científica, na busca pela maior eficiência da produção, baseou suas idéias no reducionismo, através do qual as atividades deveriam ser decompostas em partes menores, para serem melhor analisadas cientificamente. Taylor acreditava que ao se analisar as diferentes partes de uma determinada atividade, poder-se-ia alcançar a melhoria desta, e conseqüentemente a melhoria do sistema, do qual aquela atividade fazia parte. Ou seja, era a busca da melhoria do todo, através da melhoria de cada uma das partes envolvidas (TAYLOR, 1990).

Outros aspectos importantes da administração científica, desenvolvida por Taylor, era a seleção dos trabalhadores mais adequados para a execução de uma tarefa, o estudo e padronização das ferramentas e das tarefas a serem executadas, bem como a preocupação com a questão do desperdício de matérias-primas (ANTUNES JÚNIOR, 1995). Taylor ressaltava a necessidade de um

---

<sup>3</sup> É importante ressaltar que no item 2.1 trata-se da evolução da gestão da produção, no entanto, não são abordados aspectos da escola de recursos humanos por não ser o foco principal deste trabalho.

melhor gerenciamento do trabalho como uma das formas de combate aos desperdícios, no seu livro “Princípios de Administração Científica” (TAYLOR, 1990, p.22):

“Vemos e sentimos os desperdícios das coisas materiais; entretanto, as ações desastradas, ineficientes e mal orientadas dos homens não deixam indícios visíveis e palpáveis; a apreciação delas exige esforço de memória e imaginação. E por isso, ainda que o prejuízo diário, daí resultante, seja maior que o decorrente do desgaste das coisas materiais, este último nos abala profundamente, enquanto aquele apenas levemente nos impressiona.”

Taylor também preocupou-se com a divisão do pensar e executar, a fragmentação das tarefas, e a hierarquização das funções administrativas e, além disso, dispensava grande atenção aos números. Com isso, buscava sempre analisar as tarefas antes e depois da implementação de melhorias advindas do estudo científico, gerenciando assim a produção com base em informações (TAYLOR, 1990; HOPP e SPEARMAN, 1996).

#### 2.1.2 HENRY FORD E A PRODUÇÃO EM MASSA

Se por um lado Taylor preocupou-se com a padronização do trabalho, Henry Ford (1863-1947) voltou sua atenção para a padronização das peças, intercambiabilidade e facilidade de montagem na produção de automóveis. Também preocupou-se com a padronização do trabalho como forma de manter a uniformidade na execução das tarefas dentro de sua empresa (FORD, 1926; 1927).

Ao buscar a máxima eficiência dos recursos utilizados na fabricação de automóveis, Ford passou a preocupar-se com a questão dos desperdícios. Em seu livro “Hoje e amanhã”, ele afirma que “o trabalho rude deve caber às máquinas e não ao homem” (FORD, 1927, p. 89), e ainda que: “A indústria está obrigada perante a sociedade a conservar os materiais de todas as maneiras possíveis. Não só para reduzir o custo do artigo fabricado como para não desperdiçar materiais cuja produção e transporte constituem uma carga crescente para a sociedade” (FORD, 1927, p. 121).

Além da preocupação com o desperdício dos materiais, Ford voltou sua atenção também para o trabalho humano, uma vez que este era necessário para agregar valor aos materiais. Ou seja, os materiais, ao serem processados com a ajuda do trabalho humano, adquiriam certo valor e, ao serem desperdiçados, além da perda de material, havia uma quantidade de esforço humano também desperdiçado. Portanto, fazia-se necessário analisar os processos de produção para que fossem identificadas as causas das perdas dentro do sistema produtivo (ANTUNES JUNIOR, 1995).

Assim, surgiu o conceito de linha de montagem, a qual leva o trabalho ao operário e impõe um ritmo à produção, resultando em uma redução do tempo para a produção do automóvel. Desta forma, aumentou-se a produtividade, através da redução do esforço humano, da intensificação do trabalho e do aumento da eficiência. Ford também preocupou-se com a questão da diminuição dos custos do

veículo, alcançada através da melhoria da eficiência da produção e da fabricação de automóveis em larga escala (FORD, 1927).

No entanto, apesar dos ganhos com a produção em massa e o controle de todo o processo produtivo, desde a obtenção dos materiais até a sua distribuição, Ford não se preocupou com a diversificação de modelos para atender os clientes. As máquinas utilizadas nas fábricas da *Ford Motors Company* eram especializadas na produção de determinadas partes componentes do veículo. Cada máquina realizava uma tarefa só tarefa, e não havia a preocupação em diversificar os modelos, mesmo com o uso de peças padronizadas (FORD, 1926; HOPP E SPEARMAN, 1996; WOMACK et al., 1992).

A falta de atenção às exigências de introdução de novos modelos no mercado, juntamente com a forma de administração centralizada adotada por Ford, foram as principais causas da redução das vendas de sua fábrica no mercado (HOPP e SPEARMAN, 1996).

### 2.1.3 EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO ESTRATÉGICO NA PRODUÇÃO

O domínio das técnicas de produção e distribuição em massa, o grande mercado de consumo interno (com elevada renda per capita) e a alta produtividade deram aos americanos a condição de grandes produtores e vendedores de mercadorias no mundo, no período após a Segunda Grande Guerra (1939-1945). O vigor da economia americana contrastava com as condições da Europa e do Japão, devastados pela Segunda Grande Guerra. Os americanos, tendo larga vantagem quando comparados ao Japão e a Europa, passaram a descuidar da melhoria contínua dos seus produtos e processos de fabricação. Além disso, passaram a preocupar-se com as questões relacionadas ao marketing e às finanças, esquecendo assim das áreas ligadas à produção (HILL, 1992; HOPP e SPEARMAN, 1996).

Devido ao treinamento de especialistas nos moldes Tayloristas, a produção era gerenciada visando a eficiência técnica através da melhoria de ferramentas e equipamentos, e também do controle de custos. Desta forma, os administradores cultuavam a gestão da produção, e esqueciam-se dos clientes que iriam consumir os produtos por eles produzidos (SKINNER, 1969). Ou seja, os gerentes olhavam para dentro e não para fora das suas fábricas, sempre preocupados com a melhoria da eficiência interna, mas sem observar as exigências do mercado. No entanto, de acordo com WHEELWRIGHT (1984), a eficácia de uma operação da produção não consiste apenas no alcance da máxima eficiência ou perfeição técnica, mas sim na sua capacidade de colaborar para o alcance das metas da organização e de melhorar a sua vantagem competitiva. E essa característica não era devidamente observada.

Já em 1969, Skinner ressaltava a importância de se olhar para o mercado, e não apenas para dentro das fábricas. Esse autor sugeria que a produção deveria ser gerenciada de cima para baixo, através da formulação de uma estratégia, a qual deveria definir a política da produção e guiar o

trabalho dos operários, especialistas e engenheiros (SKINNER, 1969). Contudo, os gerentes das indústrias despendiam grande parte do tempo resolvendo problemas do dia-a-dia, sem se preocuparem com as considerações estratégicas de longo prazo (HILL, 1992).

Em meados da década de 70, com a recessão e a crise energética, o foco das atenções passou para as contas e finanças (HILL, 1992). Os gerentes passaram a preocupar-se com o seu desempenho funcional, devendo cada departamento cuidar das suas responsabilidades e ser eficiente, além de manter os custos baixos (HILL, 1992; SKINNER, 1992). Essa visão departamental, e não sistêmica, levava a bons resultados de forma isolada para cada área da empresa. Todavia, a eficiência global da organização nem sempre era alcançada.

GOLDRATT (1998) afirma que a abordagem tradicional voltada para custos visa ao alcance das metas globais através de otimizações locais. Esse autor, fazendo uma analogia de processo ou organização com uma corrente, sugere que, não se pode fortalecer apenas um elo da corrente, se um outro está fraco. Caso o elo mais fraco seja solicitado, essa ligação se rompe por não suportar a solicitação e a corrente se rompe. Desta forma, observa-se que todas as partes do processo são importantes, bem como as interações entre as mesmas para o alcance das metas de uma organização (GOLDRATT, 1998).

SKINNER (1992) relata a realização de uma pesquisa, no ano de 1984, com 60 executivos da área de produção de 20 empresas, e aponta a falta de visão sistêmica como um dos problemas que dificultam a introdução de uma estratégia empresarial para a produção. O autor constatou a falta de integração entre os gerentes, os quais se preocupavam somente com problemas relacionados aos seus departamentos, e também só desempenhavam funções relativas às suas áreas. Além disso, a falta de visão sistêmica juntamente com a implementação de programas de melhorias de qualidade e produtividade, que visam à redução de custos e aumentos na produtividade de determinadas áreas da empresa, podem resultar na priorização de metas de curto prazo em detrimento dos objetivos de longo prazo da empresa (SKINNER, 1996).

## **2.2 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)**

A visão sistêmica dos japoneses, as restrições internas do Japão e as exigências competitivas do mercado internacional resultaram em uma nova forma de gerenciar a produção, denominada Produção Enxuta, a qual dispensava maior atenção aos detalhes e visava eliminar os desperdícios.

As idéias sobre Produção Enxuta surgiram por volta da década de 50, quando Taiichi Ohno passou a pensar em novas formas de gerenciar a produção na *Toyota Motor Company*, indústria japonesa fabricante de automóveis. Nesta época, o Japão havia perdido a Segunda Grande Guerra (1945), e Toyoda Kiichiro, presidente da Toyota, estabeleceu como meta alcançar os Estados Unidos em 3 anos ou, de outra forma, a indústria automobilística japonesa não sobreviveria. No entanto, dizia-



se que a produtividade americana era nove vezes superior à japonesa. Desta forma, como os japoneses poderiam alcançar os americanos em três anos? (OHNO, 1997)

Os japoneses passaram a pensar na existência de desperdícios, que poderiam estar reduzindo a sua capacidade produtiva, e imaginaram que, uma vez eliminadas as perdas da sua produção, a sua produtividade deveria aumentar. Foi essa a idéia que marcou o início do Sistema Toyota de Produção - STP (OHNO, 1997). Assim sendo, pode-se observar que a base desse sistema é a total eliminação dos desperdícios. Outro aspecto a ser destacado dentro do STP, é a visão sistêmica japonesa e a atenção aos detalhes, o que permitiu a análise do sistema como um todo e a sua melhoria (HOPP e SPEARMAN, 1996).

ANTUNES JUNIOR (1995), ao tratar do conceito de perdas como abordado por Taiichi Ohno, afirma que: "pode-se conceituar perdas como sendo "tudo" (atividade ou não atividade) que gera custos porém não adiciona valor ao produto/serviço". Antunes Junior complementa afirmando que para se compreender melhor o conceito de perdas deve-se analisar o conceito de trabalho. Para esse autor, o trabalho é constituído de três componentes:

- (a) trabalho efetivo – é aquele no qual as atividades modificam fisicamente os produtos/serviços, agregando valor aos mesmos;
- (b) trabalho adicional – composto por atividades que não agregam valor, geram custos, no entanto suportam o trabalho efetivo;
- (c) perda – atividade que gera custos e não adiciona valor ao produto.

Uma vez abordados os três componentes do trabalho, os quais auxiliam no estudo e eliminação das perdas existentes no sistema produtivo, passa-se então para a identificação das perdas que podem ocorrer durante o desenvolvimento do trabalho. Segundo OHNO (1997) para que se implemente o STP, primeiramente devem ser identificadas as perdas, as quais são classificadas por OHNO (1997) e SHINGO (1996b) como sendo:

- (a) perda por superprodução – pode ocorrer de duas formas: a superprodução quantitativa, na qual uma quantidade superior a necessária é produzida, ou ainda, a superprodução por antecipação, quando são produzidos itens em um momento anterior ao necessário. O nivelamento das quantidades a serem produzidas e a sincronização entre os processos pode ser uma forma de eliminar a ocorrência de superprodução e a conseqüente geração de estoques intermediários (ANTUNES JUNIOR, 1995). ;
- (b) perda por transporte – a sua ocorrência está relacionada à movimentação de materiais que gera custos, mas não agrega valor ao produto (ANTUNES JUNIOR, 1995). Segundo SHINGO (1996a), a redução da necessidade de transporte pode ser alcançada através de melhorias no *layout*;

- (c) perda no processamento em si – está relacionado a realização de parcelas de processamento que não agregam valor ao produto final e, portanto, podem ser eliminadas sem afetar as características ou funções do produto/serviço (GUINATO, 1996). SHINGO (1996a) lembra que para eliminar esse tipo de perda, deve-se questionar a necessidade de fabricação de determinado produto, ou ainda, o método sendo empregado para produzir o mesmo.
- (d) perda por estoque disponível (estoque) – apesar de ser utilizado para amortecer instabilidades na produção, o estoque é considerado dentro do STP como um mal absoluto (SHINGO, 1996b). A sua eliminação pode ser alcançada através da eliminação das condições que geram variabilidade e da produção em pequenos lotes (SHINGO, 1996a);
- (e) perda devido à produção de produtos defeituosos – acontece quando um produto é fabricado e não atende as especificações contidas no projeto. Para que não sejam fabricados produtos defeituosos, deve ser melhorada a função inspeção<sup>4</sup>, a qual deve impedir a ocorrência de problemas que resultam em produtos com defeito.
- (f) perda por movimento – relacionado às movimentações desnecessárias realizadas pelos trabalhadores no desenvolvimento dos trabalhos. SHINGO (1996b) ressalta que a melhoria dos movimentos pode ser obtida através da consideração de fatores humanos, de fisiologia e psicologia do trabalho durante a designação das tarefas;
- (g) perda de tempo disponível (espera) – ocorre quando trabalhadores e máquinas não estão sendo utilizados de forma produtiva, mas existem custos associados aos mesmos. Diversas técnicas e ferramentas podem ser utilizadas para combater essa forma de desperdício, dentre elas: a troca rápida de ferramentas, a utilização de *kanbans* para facilitar a sincronização da produção, e ainda a manutenção produtiva total de máquinas e equipamentos, como forma de aumentar a confiabilidade do sistema produtivo (ANTUNES JUNIOR, 1995) ;

A análise desses diferentes tipos de perda<sup>5</sup> permite a identificação dos pontos onde as perdas estão ocorrendo no processo, e guia as ações de melhoria na busca pelo aumento da eficiência das operações e do processo como um todo. Entretanto, as sete perdas propostas por OHNO (1997) e SHINGO (1996a), estão mais relacionadas ao projeto do processo produtivo, e não ao projeto de produto (ANTUNES JUNIOR, 1995)<sup>6</sup>. Como pode ser observado, a preocupação dos autores com o

---

<sup>4</sup> A função inspeção sob a forma de dispositivos poka-yoke, abordada em seguida neste capítulo, pode impedir a fabricação de produtos defeituosos. Portanto, essa seria uma forma proativa da função inspeção, a qual inibe a fabricação de produtos com defeito.

<sup>5</sup> Além das perdas indicadas por Ohno e Shingo, COSTA (1999) aponta a perda por substituição e outras, tais como: vandalismo, roubo, acidentes.

<sup>6</sup>De acordo com ANTUNES JUNIOR (1998), as 5 primeiras perdas estão relacionadas com a função-processo pois visam a melhoria do fluxo do objeto de trabalho no tempo e no espaço, enquanto que as duas últimas relacionam-se com a função-objeto pois o seu foco é o sujeito do trabalho.

sistema produtivo aparece relacionada a aspectos do chão de fábrica, que garantam a fabricação do produto da forma mais eficaz, e com reduzida parcela de atividades desnecessárias. Além disso, é importante ressaltar que o combate as perdas deve estar relacionado ao princípio da redução de custos, o que no STP é entendido como o “princípio do não-custo”<sup>7</sup>. A idéia central desse princípio é a questão do preço de venda ser determinado pelo mercado e o lucro ser um resultado da redução de custos por parte da empresa ( $\text{Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo}$ ). Desta forma, o aumento dos lucros resulta da diminuição dos custos que é obtida através da melhor utilização dos recursos para a produção de um bem ou serviço (GUINATO, 1996).

### 2.2.1 OS PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O STP é sustentado por dois pilares: o *Just-In-Time* (JIT) e a Autonomia, ou automação com um toque humano (OHNO, 1997). Ambos, têm características distintas, porém complementares, as quais serão descritas a seguir.

#### 2.2.1.1 A Autonomia

A necessidade da autonomia surgiu quando Ohno, que até 1943 trabalhara com têxteis, tornou-se encarregado de uma das oficinas da Toyota. Como primeiro passo para melhorar sua produção, buscou estabelecer um sistema de fluxo sincronizado na fábrica, no qual cada trabalhador deveria ser responsável por várias máquinas (OHNO, 1997).

A idéia por trás da autonomia, é dar inteligência às máquinas para que as mesmas sejam capazes de detectar possíveis falhas e possam interromper a produção de forma autônoma, o que permite que apenas um trabalhador supervisione diversas máquinas (SHINGO, 1996b). É importante ressaltar que a autonomia está mais relacionada com o conceito de autonomia do que com o conceito de automação. A autonomia, do trabalhador ou da máquina, para a parada da linha quando os problemas ocorrem é uma condição fundamental e, além disso, muitas das máquinas automatizadas necessitam da ação humana para que os problemas sejam solucionados (GUINATO, 1996).

Para que os defeitos não ocorram na linha de produção e sejam propagados de forma despercebida, existe o método de controle de qualidade zero defeito ou poka-yoke, tendo como objetivo a função inspeção (SHINGO, 1996b). Existem duas formas de utilização do método de controle de qualidade zero defeito, o método de advertência apenas sinaliza a ocorrência do problema com a produção, permitindo a continuação do mesmo até que alguém o resolva. Já o método de controle é o mais eficaz, pois impede a produção de produtos defeituosos através da parada da máquina (SHINGO, 1996a). Desta forma, todas as peças produzidas são inspecionadas na fonte a um baixo custo, pois

---

<sup>7</sup> Os objetivos do princípio do não-custo são: eliminação completa das perdas; minimização do trabalho adicional e sua possível eliminação a longo prazo; aumento da densidade de trabalho humano ou seja, aumentar o tempo de trabalho que realmente agrega valor ao produto (ANTUNES JUNIOR, 1998).

esse tipo de inspeção dispensa a necessidade de inspetores na linha de produção (SHINGO, 1996a; 1996b).

CORRÊA e GIANESI (1993, p. 65) afirmam que “a filosofia JIT coloca a ênfase da gerência no fluxo de produção, procurando fazer com que os produtos fluam de forma suave e contínua através das diversas fases do processo produtivo”. Assim sendo, quando problemas ocorrem, e são detectados, os mesmos são sinalizados em um quadro, chamado andon, que indica a parada da linha ou a solicitação de ajuda por parte um trabalhador (OHNO,1997). O andon, também informa as metas diárias de produção, o número de carros fabricados até o momento, faltas de pessoal entre outras informações, que ficam visíveis para todos os trabalhadores (WOMACK et al., 1992). Após a detecção e divulgação de um defeito na produção, o mesmo é analisado para que se encontre a raiz do problema. OHNO (1997, p.131) afirma que “a base da abordagem científica da Toyota é perguntar-se cinco vezes por quê sempre que nos depararmos com um problema”.

#### 2.2.1.2 O *Just-In-Time* (JIT)

As raízes que explicam a filosofia Just-in-time são encontradas na realidade japonesa. Devido à falta de recursos naturais e espaço, as perdas são muito combatidas pelos japoneses (SCHROEDER, 1992; HOPP e SPEARMAN, 1996). Esses consideram que qualquer coisa que não agregue valor ao produto, deve ser considerada como perda. Portanto, estoques em excesso, retrabalhos e refugos devem ser combatidos e eliminados.

O *Just-In-Time* é um meio de se alcançar a produção com estoque zero, e atingir o objetivo de aumentar os lucros através da constante eliminação de perdas (SHINGO, 1996b). Para isso, os processos devem receber os itens necessários no tempo certo e na quantidade necessária, o que irá eliminar a existência de estoques e as perdas por superprodução, pois somente serão produzidos os itens realmente necessários, quando realmente houver necessidade (SHINGO, 1996a; 1996b; HOPP e SPEARMAN, 1996).

Para SLACK et al.(1997), além de ser uma filosofia de produção, o JIT também abrange um conjunto de ferramentas e técnicas que são utilizadas para suportar essa filosofia. A ferramenta utilizada para operar o STP é o *kanban* a qual, na sua forma mais freqüente, constitui-se em um pedaço de papel em um envelope de vinil (OHNO, 1997).

A idéia do *kanban* surgiu da observação dos supermercados americanos por Taiichi Ohno, na década de 50. Ohno relacionou o supermercado com o *just-in-time* da seguinte forma: as pessoas vão ao supermercado conforme a sua necessidade de obter determinado produto, no tempo certo e em quantidade necessária. No sistema *just-in-time*, o processo final (cliente) vai ao processo inicial (supermercado) para se abastecer dos elementos que lhe são necessários, somente quando forem necessários e na quantidade certa. Uma vez que o processo final foi abastecido pelas peças retiradas do processo inicial, esse produz a quantidade de peças retiradas, o que seria o reabastecimento das

peças retiradas da prateleira de um supermercado. Ou seja, o processo inicial repõe apenas o que foi retirado (SHINGO, 1996a; OHNO, 1997).

De acordo com SHINGO (1996b), o *kanban* indica: o que, quanto e quando produzir, além de informar para onde devem ser levados os produtos. O *kanban* também controla a quantidade de bens atravessando a produção. Esse controle dos bens produzidos, efetuado pelo *kanban* evita a superprodução e a geração de estoques, os quais são tidos com um mal absoluto no STP (SHINGO, 1996a). Os estoques são vistos como um problema no STP pois isolam os estágios de produção, e possibilitam que os estágios trabalhem de forma independente, assim sendo os problemas demoram a aparecer pois são amortecidos pelos estoques entre as estações de trabalho (SLACK et al., 1997). Desta forma, observa-se que a busca pela produção com estoque zero exige que os produtos sejam elaborados com qualidade e que se faça as coisas certas na primeira vez (SCHROEDER, 1992).

Para que seja alcançada a produção com estoque zero SHINGO (1996a; 1996b) sugere três estratégias:

- (a) Redução dos ciclos de produção: essa redução é alcançada pela eliminação de esperas através da sincronização do processo; adoção de fluxos de peças unitárias<sup>8</sup> para o transporte; e da fabricação de pequenos lotes de produtos.
- (b) Eliminação das quebras e defeitos, atacando as causas dos problemas: a eliminação desses defeitos pode ser alcançada através da utilização de métodos *poka-yoke* para inspeção dos produtos na fonte; e ainda da manutenção produtiva total das máquinas e equipamentos, realizada pelos próprios funcionários, a qual tem o objetivo de manter as máquinas e equipamentos em bom estado de funcionamento para que não causem problemas à produção, tais como paradas ou fabricação de produtos defeituosos;
- (c) Redução dos tempos de setup: permite a produção em pequenos lotes, e a resposta rápida às variações na demanda. Essa redução nos tempos de *setup*, segundo o autor, pode ser obtida através da troca rápida de ferramentas. A troca rápida de ferramentas pode ser alcançada, entre outras formas, com a utilização de dispositivos que permitam o encaixe entre as diferentes peças de uma máquina de forma rápida.

A redução do tamanho dos lotes, é um aspecto de grande importância dentro do STP. Devido a possibilidade da troca rápida de ferramentas, pequenas quantidades de diferentes tipos de produtos podem ser fabricadas em curtos intervalos de tempo. Assim sendo, os erros, que por ventura ocorram, são detectados rapidamente, ficando assim a produção melhor observável. Com isso, pode-se impedir a propagação dos erros, evitando-se os problemas com a qualidade do produto, e, por fim, reduzindo-

---

<sup>8</sup> O fluxo de peça unitária consiste na produção de uma única unidade em um fluxo de trabalho sem interrupção (GALSWORTH, 1997).

se os custos através da eliminação das perdas (SCHROEDER, 1992; HOPP e SPEARMAN, 1996; SLACK et al., 1997).

Entretanto, o alcance do objetivo principal do JIT exige o envolvimento dos operários com a melhoria contínua e o combate às perdas. Os operários devem ter mais habilidades para lidar com diferentes máquinas ao mesmo tempo, e ainda realizar os *setups* das máquinas e a manutenção destas, fato que ajuda a reduzir as interrupções na produção e aumentar a responsabilidade dos trabalhadores com relação aos equipamentos utilizados na produção (SCHROEDER, 1992; CORRÊA e GIANESI, 1993). Deve ainda existir intensa coordenação, disciplina e trabalho em equipe, pois não existem estoques para amortecer os impactos de problemas na produção. Os trabalhadores devem estar comprometidos em somente produzir no momento em que as peças são necessárias, e com a qualidade especificada. (SCHROEDER, 1992).

### 2.3 A PRODUÇÃO ENXUTA E A PRODUÇÃO CONVENCIONAL

Em 1990 foi publicado um estudo sobre a indústria automobilística mundial, o qual analisou a forma de administração de 90 montadoras de automóveis, bem como as práticas produtivas adotadas pelas mesmas, a forma de desenvolvimento de projetos, relações com fornecedores e clientes, entre outros aspectos (WOMACK et al., 1992). Este estudo apontou as diferenças entre a produção de automóveis em massa e o estilo de produção japonês desenvolvido pela Toyota, ou Sistema Toyota de Produção (STP). A essa forma de produção japonesa, os autores deram o nome de Produção Enxuta, e justificaram o uso do adjetivo enxuta para descrevê-la:

“A Produção Enxuta é “enxuta” por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do esforço para a fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos de metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.” (WOMACK et al., 1992, p.3)

Em plantas enxutas, a redução de custos advém de melhorias na qualidade e atendimento às necessidades do cliente de forma mais eficaz, com uma estratégia de manufatura bem definida, enquanto nas plantas tradicionais, a redução de custos é alcançada através da redução de pessoal e da qualidade dos produtos (BROWN, 1998). Porém, as diferenças entre a produção em massa e a Produção Enxuta não foram percebidas apenas nos resultados ou benefícios advindos dessa nova forma de administrar a produção (Quadro 2.1). Pode-se explicitar conceitualmente, as formas como a produção é encarada nos dois modelos de administração da produção.

Quadro 2.1 - Diferenças entre a produção em massa e a Produção Enxuta. (Baseada em WOMACK et al., 1992)

PRODUÇÃO EM MASSA	PRODUÇÃO ENXUTA
Elevado número de trabalhadores indiretos	Inexistência de trabalhadores indiretos
Existência de espaço para as áreas de reparos e estoques	Quantidade de espaço mínima dentro da fábrica, para facilitar a comunicação e evitar os estoques; quase inexistência de áreas de retrabalho
Distribuição de trabalho desigual – ritmos de produção diferentes	Peças fluindo uniformemente, e tarefas de produção com ritmo equilibrado
Produção em grandes lotes	Produção em pequenos lotes
Elevadas quantidades de estoque junto às estações de trabalho	Inexistência de almoxarifados de peças; e junto às estações de trabalho encontram-se apenas as quantidades de peças requisitadas
Pouca flexibilidade – máquinas dedicadas (exigem tempo para a realização de modificações no tipo de produto a ser fabricado)	Existência de flexibilidade na produção. Devido aos baixos tempos de setup diferentes produtos podem ser fabricados, em curtos intervalos de tempo
Investigação e correção de defeitos no produto já pronto (retrabalho)	Investigação e correção do problema até a última causa (5 porquês), antes que o erro se propague na linha de montagem
Somente os gerentes seniores podem parar a linha	Os trabalhadores podem parar a linha quando um problema é encontrado

No modelo baseado nas idéias de Taylor, no qual as atividades e processos são subdivididos e têm suas partes constituintes analisadas e melhoradas isoladamente, existe a tendência perder a visão do todo. A adoção da abordagem reducionista, por vezes ignorava as inter-relações entre as partes constituintes de uma organização ou processo (Figura 2.1). A eficiência da produção era buscada através da melhoria de máquinas e equipamentos utilizados para a elaboração de um produto, da máxima utilização da força de trabalho e por fim do controle custos, os quais deveriam ser mantidos baixos.

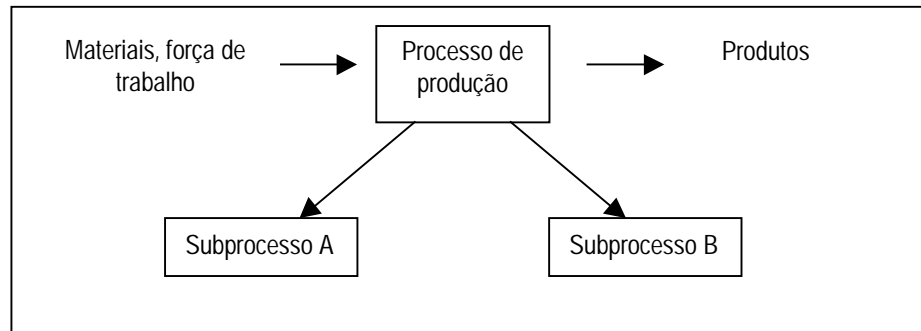


Figura 2.1 - Visão convencional do processo (KOSKELA, 1992)

SHINGO (1996b) critica a forma ocidental de analisar a produção, afirmando que os processos são vistos como grandes unidades de análise enquanto que as operações são consideradas pequenas unidades de análise. Segundo o autor, essa relação entre processo e operação conduz à idéia de que a melhoria do processo poderia ser obtida através de melhorias nas operações de forma isolada. No entanto, Shingo afirma serem as melhorias no processo as que primeiro devem ser consideradas, para só então partir-se para a melhoria das operações, sendo esse um aspecto fundamental para o desenvolvimento de novos sistemas de produção, e também para o entendimento do STP (SHINGO, 1996a).

De acordo com SHINGO (1996a, p.37):

“Um processo é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço; é a transformação da matéria-prima em componente semi-acabado e daí a produto acabado. Por seu turno, as operações podem ser visualizadas como o trabalho realizado para efetivar essa transformação - a interação do fluxo de equipamento e operadores no tempo e no espaço.”

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 2.2. Essa rede de processos e operações é chamada por SHINGO (1996a) de Mecanismo da Função Produção (MFP), que corresponde à produção. Logo, pode-se dizer que **“toda produção é definida como um mecanismo da função produção”**<sup>9</sup> (GUINATO, 1996, p. 64). O processo é formado por quatro elementos (SHINGO, 1996a; 1996b):

- (a) processamento – alterações na forma ou composição do material, é a única que pode agregar valor ao produto;
- (b) inspeção – comparação com um padrão;
- (c) transporte – movimentação dos materiais ou produtos, modificando a sua posição;
- (d) espera – período de tempo durante o qual não ocorre nenhum processamento, inspeção ou transporte. O autor ainda divide as esperas em: espera do processo e espera de lote.

<sup>9</sup> Grifo do autor.



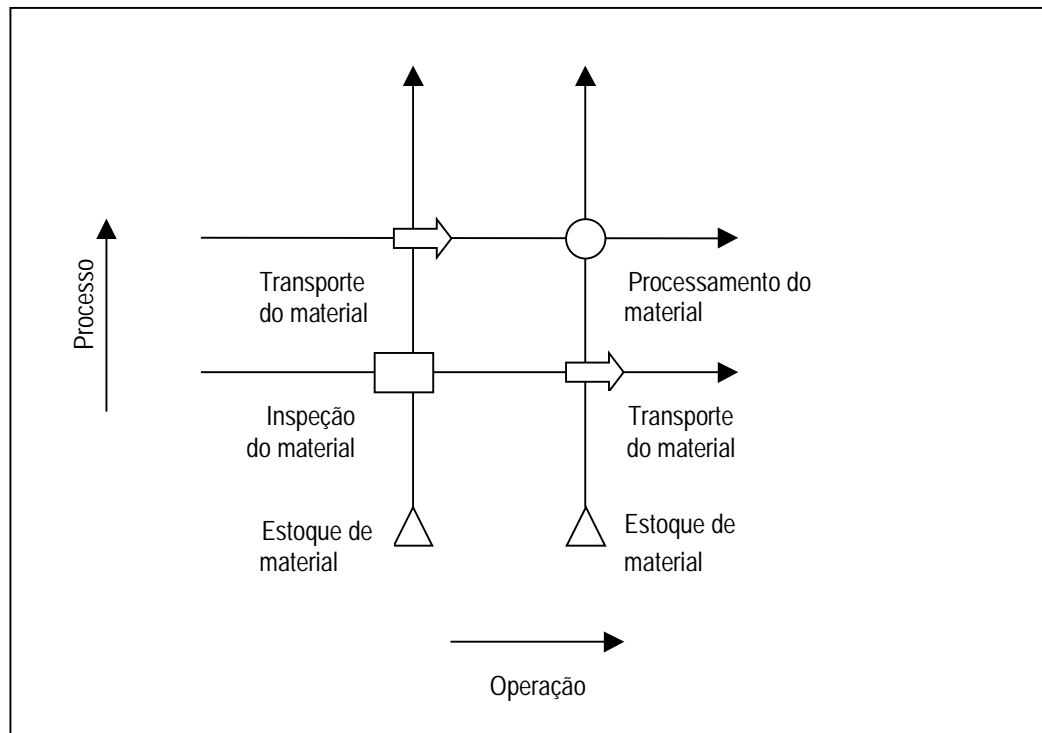


Figura 2.2 - A estrutura da produção (SHINGO, 1996a)

Com relação às operações, SHINGO (1996b) as divide em diferentes tipos:

(a) preparação, pós-ajuste: preparação para se iniciar uma tarefa (*setup*), limpeza e organização após a execução da tarefa;

(b) operações principais: operações que no decorrer do trabalho, podem ser:

- ♦ operações essenciais, são realmente necessárias para a execução do serviço;
- ♦ operações auxiliares, são necessárias para a execução da tarefa;

(c) folgas por fadiga: paradas que ocorrem devido à fadiga

(d) folgas para higiene pessoal

(e) folgas de operação: são utilizadas para manutenção de equipamentos e máquinas, limpeza;

(f) folgas entre operações, esperas e paradas por algum problema.

Durante a análise das operações, deve-se buscar sempre a sua melhoria, tornando mais eficientes aquelas que são realmente necessárias para a produção, e buscando a eliminação das demais operações sejam elas auxiliares ou folgas, sempre que possível.

ANTUNES JUNIOR (1998) ressalta que os conceitos relacionados ao MFP ocasionam um “rompimento conceitual” com a administração da produção norte-americana baseada nas idéias de Taylor / Gilbreth’s / Ford, que analisavam os processos como sendo um conjunto de operações.

De acordo com GUINATO (1996, p.69):

“A otimização da produção é o próprio enxugamento da estrutura (rede), através da redução ou eliminação de atividades que não agregam valor ao produto, como é o caso do transporte, inspeção e armazenagem. Desta forma não só os espaços entre as intersecções devem ser diminuídos ou eliminados como também o número de intersecções existentes.”

Com base no acima exposto, verifica-se a existência de uma diferença conceitual entre a estrutura convencional de análise da produção e a estrutura proposta por Shigeo Shingo. A estrutura da produção vista como uma rede de fluxos mostra a existência de dois eixos que se cruzam, os quais representam os processos e as operações.

## 2.4 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA

WOMACK e JONES (1998) identificam cinco princípios do pensamento enxuto nas organizações, que visam à eliminação das perdas (*muda*<sup>10</sup>), lembrando que se deve começar 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, p.3), “a cadeia de valor consiste em todas as ações (ambas agregadoras e não agregadoras de valor) normalmente necessárias para conduzir um produto através dos principais fluxos essenciais para todo produto: (a) o fluxo de produção da matéria-prima até o consumidor; (b) o fluxo de projeto da concepção ao lançamento.”

WOMACK e JONES (1998) entendem ser a cadeia de valor o conjunto de ações que conduzem um determinado produto pelas 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.

---

<sup>10</sup> A palavra *muda* em japonês significa desperdício (WOMACK e JONES, 1998) .

- tarefa de gerenciamento da informação: inicia-se com o recebimento do pedido, seguindo um cronograma detalhado, indo até 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 concepção do mesmo, 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 toda a cadeia produtiva. As atividades devem fluir gerando valor de uma etapa para outra (fluxo contínuo) e não ficar 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 / 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);

Ao se utilizar essas abordagens, pode-se visualizar toda a cadeia produtiva e identificar quais os passos e partes que necessitam ser revistos, para que permitam um fluxo contínuo. O estudo do fluxo pode ser conduzido através do mapeamento do fluxo de valor, através do qual analisa-se toda a cadeia de valor e não apenas 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<sup>11</sup> (ROTHER e SHOOK, 1998).

(d) *Produção puxada*

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

(e) *Perfeição*

Ao se alcançar o sucesso na 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.

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 permeie todas as etapas da cadeia produtiva, visando à obtenção da perfeição no atendimento aos requisitos dos clientes.

Abstraindo-se esses princípios para um canteiro de obras, pode-se imaginar dois clientes. Primeiramente, pode-se analisar os requisitos de um operário para realizar um produto: executar a tarefa sem interrupções, com o mínimo de movimentação entre o local de trabalho e os materiais, com ferramentas e equipamentos adequados, tendo o projeto e as instruções detalhadas para realizar seu trabalho, em um ambiente limpo e seguro. Em seguida, tem-se as especificações do cliente final, o usuário da edificação: os elementos constituintes da edificação devem ser duráveis, de fácil manutenção, livres de defeitos, construídos de acordo com o projeto e o preço final deve ser acessível. Assim sendo, ao serem analisados os requisitos de ambos os clientes, observa-se a necessidade de alinhamento das atividades a serem desempenhadas dentro do canteiro, de forma que se tenha um fluxo contínuo de trabalho.

## **2.5 A NECESSIDADE DE UMA TEORIA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL – A CONSTRUÇÃO ENXUTA**

Os conceitos sobre novas formas de gerenciamento da produção, advindos do setor automobilístico, passaram a permear vários outros setores, dentre eles o setor da construção civil, o qual teve no trabalho seminal de KOSKELA (1992) os fundamentos para o surgimento de uma teoria na construção civil. Segundo esse autor, a construção civil não tem uma teoria que explique os seus

---

<sup>11</sup> Fluxo de informação refere-se às informações que cada processo deve receber determinando o que deve ser feito pelo mesmo, em um determinado período (ROTHER e SHOOK, 1998).

processos. Entretanto uma teoria é necessária para explicar o que está acontecendo, e para prever as conseqüências de determinadas ações. Além disso, serve de base para elaboração de ferramentas para projetar e controlar o desenvolvimento do trabalho, e também para apontar pontos potenciais de melhoria (KOSKELA, 1999).

Em seu trabalho sobre "Aplicação da nova filosofia de produção na construção civil", KOSKELA (1992) descreve onze princípios para o projeto, controle e melhoria do fluxo do processo:

- (a) Redução da parcela das atividades que não agregam valor.
- (b) Aumento do valor de saída através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes.
- (c) Redução da variabilidade.
- (d) Redução do tempo de ciclo.
- (e) Simplificação através da redução do número de passos, partes e ligações.
- (f) Aumento da flexibilidade de saída.
- (g) Aumento da transparência do processo.
- (h) Foco do controle no processo como um todo.
- (i) Construção da melhoria contínua no processo.
- (j) Balanceamento de melhorias nos fluxos e nas conversões.
- (k) Realização de *benchmarking*.

A análise destes princípios mostra que o autor sintetizou diversos aspectos da nova filosofia de produção, e tornou-os ainda mais explícitos. As práticas desenvolvidas no STP são voltadas para a redução do custo, através da eliminação das perdas no sistema produtivo, contudo, observa-se que diversos princípios estão por trás do gerenciamento e desenvolvimento das atividades desse sistema.

Com relação aos princípios destacados por WOMACK e JONES (1998), verifica-se que KOSKELA (1992) aprofundou-se ainda mais na questão de como realizar as melhorias na cadeia de valor, para reduzir as perdas e atender aos desejos dos clientes. Esses onze princípios, estando descritos de forma genérica, podem ser aplicados em diversas áreas que compõem a disciplina de gerenciamento da construção, desde a concepção e projeto da edificação, passando pelo planejamento e construção, até a entrega do produto final ao cliente.

## **2.6 PRINCÍPIOS E ABORDAGENS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA ASSOCIADOS À GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS**

Baseando-se nos conceitos e princípios da nova filosofia de produção, observa-se a importância que deve ser dada aos fluxos de materiais e mão-de-obra dentro do ambiente de produção. Neste trabalho, esses fluxos são chamados de fluxos físicos, para diferenciá-los do fluxo informação.

A gestão dos fluxos físicos é entendida, no presente estudo, como sendo o planejamento e controle desses fluxos associados à realização das tarefas da produção. Com relação ao fluxo de materiais, verifica-se a necessidade do planejamento da aquisição, alocação temporal e espacial, e distribuição/movimentação dos materiais no canteiro e nos postos de trabalho, bem como o controle da sua utilização dentro de cada processo.

A gestão do fluxo de mão-de-obra engloba, além da designação das tarefas para as equipes, a consideração da melhor seqüência de execução do processo, respeitando-se os requisitos técnicos, a continuidade do processo, a capacidade produtiva das equipes, a carga de trabalho a ser designada para as mesmas e o efeito aprendido. Também são consideradas na gestão do fluxo de mão-de-obra, as restrições de tempo e espaço, bem como o controle do desenvolvimento das tarefas, as quais devem ser comparadas como os ritmos (quociente entre unidade de produção e unidade de tempo) especificados para cada processo.

O principal objetivo a ser alcançado com a gestão dos fluxos físicos é a eliminação ou redução das perdas inerentes aos mesmos. Para isso, primeiramente, faz-se necessário tornar os processos diretamente observáveis, e expor os seus problemas e limitações para que possam ser identificados e solucionados (KOSKELA, 1992). Assim sendo, é importante a utilização do princípio da transparência como forma de dar visibilidade à produção. Através da observação dos processos e operações, pode ser possível:

- (a) a identificação da parcela de atividades que não agregam valor ao produto final;
- (b) a identificação dos requisitos dos trabalhadores para a realização das atividades (os clientes internos devem ter suas necessidades analisadas para que possam executar suas atividades da melhor forma possível);
- (c) a análise da variabilidade existente no processo;
- (d) possibilidade de minimização de passos nos processos e operações.

A observação dos processos e operações pode resultar na eliminação das perdas existentes nos fluxos, através do melhor planejamento e controle dos mesmos. Isso 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 (FIGURA 2.3).

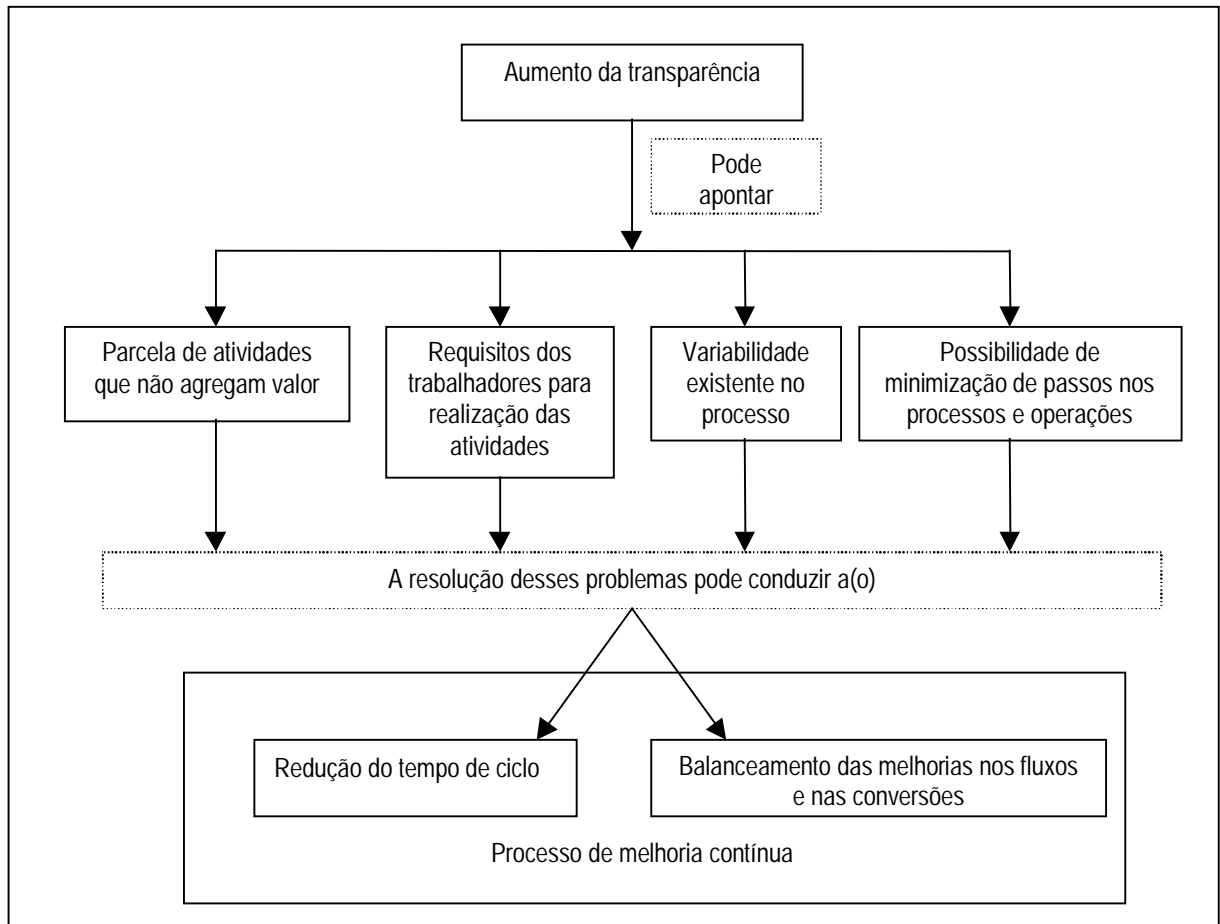


Figura 2.3 – Relação entre o princípio da transparência e princípios apontados por KOSKELA (1992) dentro da gestão dos fluxos físicos

A aplicação do princípio da transparência, ao conferir visibilidade à produção e possibilitar a identificação das perdas, também pode contribuir para aumentar o grau de continuidade e a terminalidade dos processos e operações. A continuidade refere-se à realização de processos e operações sem paralisações, de forma que ocorra um fluxo contínuo de atividades sendo realizadas ao longo do tempo. A terminalidade consiste na finalização dos processos e operações sem a necessidade de retrabalhos ou arremates que exigem visitas posteriores por parte de uma equipe ao mesmo posto de trabalho, prolongando o tempo de realização de uma tarefa. Portanto, a terminalidade está relacionada a conclusão das tarefas e ao fazer certo pela primeira vez, sendo de grande importância para a continuidade dos processos e operações.

#### 2.6.1 O PRINCÍPIO DA TRANSPARÊNCIA E A GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

A transparência pode ser definida como “a habilidade de um processo produtivo (ou suas partes) em se comunicar com as pessoas” (SANTOS et al., 1998). A transparência constitui-se em um passo fundamental na busca pela excelência nos sistemas produtivos (GALSWORTHY, 1997). Contudo, esse princípio é pouco aplicado na construção civil, quando comparado com os demais setores da

indústria (SANTOS et al, 1998; 1999). No STP, por exemplo, OHNO (1997) salienta que “nas linhas de produção em que se usa o Sistema Toyota de Produção, o controle visual, ou gerenciamento pela visão, é obrigatório”, os erros devem aparecer para todos.

Os estudos realizados por SANTOS et al. (1998) e OLIVEIRA (1999) mostram que a implementação da transparência na construção civil pode ser uma forma de melhorar a comunicação do processo construtivo com os administradores e operários, e também de estabelecer um ambiente de trabalho mais produtivo, organizado e seguro. Na construção civil, devido à falta de organização dos canteiros, materiais são desperdiçados e uma preciosa parcela do tempo é gasta pelos operários, devido à esperas e deslocamentos na busca por materiais, ferramentas, equipamentos e informações não disponíveis no posto de trabalho (SANTOS, 1995; SANTOS et al., 1999; SOIBELMAN, 1993).

GALSWORTH (1997) faz uma analogia dos fluxos do ambiente de trabalho com o fluxo de água. A autora comenta que a existência de pedras, árvores e obstáculos no fluxo da água exige que os mesmos sejam contornados, e isso adiciona tempo ao percurso a ser realizado pela água. Similarmente, quando os fluxos de materiais e pessoas circulam por uma área obstruída, uma parcela de tempo é adicionada para que esses se movimentem no ambiente de trabalho. Portanto, ao se realizar o planejamento do local onde serão desempenhadas as atividades, deve-se primeiramente compreender as relações funcionais que cada elemento do ambiente tem com os fluxos e, então, determinar o seu posicionamento (GALSWORTH, 1997).

AKINCI et al. (1998), ao tratarem dos conflitos de tempo e espaço que podem ocorrer no desenvolvimento das tarefas diárias, afirmam que o primeiro passo a ser dado é representar os requisitos espaciais de cada atividade ao longo do tempo, para que as interferências sejam identificadas. RILEY e SANVIDO (1995) identificam diferentes tipos de espaços requisitados pelas atividades: elementos do trabalho, *layout* da área, área de descarregamento, caminho do material, caminho das pessoas, área de estocagem, área de montagem, área de pré-fabricação, área de trabalho, área de ferramentas e equipamentos, área de entulho, área protegida e área de risco. Deve-se observar, porém, que nem todas as interferências entre atividades irão causar conflitos. Outro aspecto importante, é a observação das características dos espaços necessários para cada atividade, pois essa caracterização irá auxiliar na identificação do tipo de conflito de tempo e espaço que se tem, e se o mesmo realmente pode causar problemas ou não (AKINCI et al., 1998).

A representação dos requisitos espaciais e temporais do ambiente de trabalho consiste em uma forma de dar visibilidade à produção, porém outras abordagens podem ser utilizadas com esta finalidade. Neste sentido, KOSKELA (1992) identifica seis abordagens através das quais o princípio da transparência pode ser implementado na construção civil:

- (a) estabelecimento de um programa básico de manutenção para eliminar a desordem;
- (b) utilização de sinalização e *layout* adequados para tornar o processo diretamente observável;



- (c) utilização de medições para tornar atributos da produção visíveis;
- (d) incorporação de informações do processo nas áreas de trabalho, ferramentas, contêineres, materiais e sistemas de informação;
- (e) utilização de controles visuais para habilitar qualquer pessoa a reconhecer de forma imediata os padrões e os desvios;
- (f) redução das interdependências das unidades de produção.

Neste trabalho, foi dada uma ênfase para a utilização da abordagem referente à utilização de medições para tornar os atributos da produção visíveis. Esta escolha foi feita para que o desenvolvimento dos fluxos físicos nos canteiros de obras pudesse ser registrado e analisado, de modo que problemas fossem identificados e soluções pudessem ser propostas. No trabalho realizado por SANTOS et al. (1998) pode-se encontrar uma apresentação mais detalhada das demais abordagens para implementação do princípio da transparência na construção civil.

#### 2.6.1.1 A importância das medições para tornar os processos transparentes

De acordo com HARRINGTON (1993) “as medições são fundamentais. Se você não puder medir o processo, não poderá controlá-lo; se não puder controlá-lo, não poderá gerenciá-lo; e se não puder gerenciá-lo, não poderá aperfeiçoá-lo.”

A necessidade de medições que dêem transparência aos fluxos físicos torna-se mais importante quando observa-se que, de acordo com SERPELL et al. (1997), na maioria dos casos os administradores da construção não reconhecem os fatores causadores de perdas, bem como não têm medições que possibilitem a tomada de ação para solucioná-los. Por esse motivo, diversos trabalhos têm tratado da questão de medições relacionadas aos processos construtivos (SOIBELMAN, 1993; LANTELME, 1994; SANTOS, 1995; SERPELL et al, 1996; ALARCÓN, 1997b; OLIVEIRA, 1999).

LAUFER e TUCKER (1987) afirmam que a coleta de dados relacionados à produção constitui-se em uma das etapas do processo de planejamento, e a mesma deve ser realizada através do processamento de dados de desempenhos anteriores, visando orientar o processo de tomada de decisão e preparação de planos futuros. MCTIGUE (1991) afirma que as medições devem ser utilizadas para acompanhar o desenvolvimento das atividades e permitir a rápida correção de desvios, caso eles estejam acontecendo.

OLIVEIRA (1999), ao implementar indicadores no processo de planejamento e controle da produção da construção civil, constatou que a utilização de gráficos, cores e símbolos facilitam a compreensão e tornam transparentes os resultados desse processo. GREIF (1991) propõe ainda a utilização de imagens para auxiliar no entendimento do que está sendo acompanhado. A utilização de

listas de verificação também é uma forma de registrar aspectos relacionados à produção, e auxiliar no processo de identificação de problemas e sugestões de ações de melhoria.

## 2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi apresentado um breve histórico da evolução da administração da produção, com intenção de ressaltar as mudanças conceituais ocorridas desde Taylor e Ford até o surgimento do Sistema Toyota de Produção (STP), alvo de diversos estudos e cujas práticas têm sido difundidas em empresas dos cinco continentes. Uma das grandes diferenças entre o modelo de administração do STP e os modelos baseados nas idéias de Taylor e Ford (modelo tradicional) consiste na forma de visualizar a produção. Este último considera os processos como sendo constituídos por operações, enquanto que no STP os processos e as operações são considerados como pertencentes a eixos distintos que se cruzam. No modelo convencional as atividades de conversão são consideradas com maior ênfase e as demais são negligenciadas. Além disso, as melhorias focalizam-se nas operações como forma de alcançar melhorias nos processos, ou seja é a busca da melhoria do todo através da melhoria das suas partes constituintes.

A forma como a Toyota administra a sua produção, também chamada de Produção Enxuta (WOMACK et al., 1992), revela uma grande preocupação com a eliminação das perdas na produção e a melhoria contínua, baseada no comprometimento dos operários com os padrões e regras estabelecidos pela empresa e ampla divulgação de informações, análise e controle da produção. Também é marcante a importância dada dentro do STP aos detalhes, os quais se desconsiderados podem trazer prejuízos aos fluxos produtivos.

Devido ao fato da construção civil não ter uma teoria e ainda adotar práticas relacionadas ao modelo tradicional de administração da produção, o qual negligencia os fluxos, surgiu a necessidade de desenvolvimento de uma teoria para a construção. KOSKELA (1992), ao analisar a Produção Enxuta, identificou princípios que podem ser aplicados para a melhoria do setor da construção civil e servirem de base para estudos na busca por uma teoria para esse setor. Dentre esses, o princípio da transparência destaca-se para o estudo dos fluxos físicos da produção pois, objetiva conferir visibilidade à esta e auxiliar na sua compreensão e estudo, além de favorecer a tomada de decisões com base em dados e fatos. Embora, esse princípio seja de grande importância para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obra, a sua utilização deve estar vinculada a um processo maior, como o processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) da construção civil. Desta forma, a transparência pode ser utilizada para auxiliar no estabelecimento de diretrizes para a gestão dos fluxos físicos, propiciando visibilidade a esses fluxos e permitindo assim o seu planejamento, acompanhamento e controle integrados ao PCP.

### 3. PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

#### 3.1 DEFINIÇÃO DE PLANEJAMENTO

Embora seja freqüentemente definido como um processo de tomada de decisão, o planejamento consiste em mais do que isso (LAUFER et al., 1994). Para LAUFER & COHENCA (1990, p.135), "planejamento refere-se à determinação do que tem que ser feito, a prescrição de como cada tarefa de trabalho deve ser desempenhada, a seqüência e tempo de execução, a enumeração dos recursos necessários e seus custos dentro da organização do contratante, antes do início da construção." Além disso, o planejamento também produz diretrizes que governam os processos (HOWELL & BALLARD, 1996)

De acordo com LEWITT (1986) apud FORMOSO (1991, p.18), "o planejamento do processo de construção é uma tarefa altamente complexa que envolve um grande número de atividades, um alto grau de incerteza, estando usualmente submetido a um número de restrições conflitantes, tais como tempo, espaço, custo e disponibilidade de recursos.<sup>12</sup>"

Partindo-se das definições descritas acima, pode-se dizer que: *o planejamento é um processo complexo que produz diretrizes para governar os processos. Determina o que deve ser feito e como, sua forma de execução e seqüência, a qual deve permitir a execução de forma mais eficiente possível considerando-se aspectos técnicos. Além disso, deve identificar restrições conflitantes, os recursos necessários para a realização das atividades e o seu custo para a empresa.*

#### 3.2 OS OBJETIVOS DO PLANEJAMENTO

O planejamento abrange vários objetivos que devem contribuir para um propósito principal, que consiste em auxiliar o gerente no desempenho de suas funções diárias (LAUFER e TUCKER, 1987). Dentre esses objetivos pode-se destacar: execução, coordenação, controle, previsão e otimização.

Com relação a execução, o planejamento deve ser responsável pela elaboração de planos de ação que definam as equipes de trabalho bem como as atividades a serem desempenhadas pelas mesmas. Além disso, devem ser determinados os locais onde serão desempenhadas as atividades e quais os materiais, equipamentos e ferramentas necessários para tal propósito (LAUFER et al., 1994). A execução deve garantir que os planos preparados tornem-se tarefas para a produção ou, pelo menos, em linhas gerais possam auxiliar no processo de tomada de decisão no nível operacional (LAUFER e TUCKER, 1987).

A coordenação do projeto é uma função que exige intensa comunicação entre as equipes. De acordo com THOMAS et al. (1998), a comunicação entre os participantes de um projeto deve ser bem

conduzida visando ao sucesso do empreendimento. Para tanto, as informações relevantes devem ser identificadas e disseminadas. Nesse sentido, a coordenação deve acontecer nos diferentes níveis do planejamento, nas diversas funções da empresa e em todas as etapas, visando à integração desses para o alcance de uma melhor tomada de decisão (LAUFER et al., 1994). A comunicação entre os envolvidos no projeto também tem a função de superar deficiências em pontos isolados e contribuir para a melhoria no processo de planejamento (ANDERSSON e JOHANSSON, 1996).

O controle está relacionado com o acompanhamento do desempenho das atividades para que se tenha uma visão realista das mesmas, partindo-se de medições efetuadas durante o seu desenvolvimento. Além disso, faz parte do controle a tomada de ação corretiva, quando necessário, e não somente o acompanhamento da evolução dos trabalhos. As medições auxiliam no processo de tomada de decisão, estabelecendo prioridades, apontando desvios e contribuindo para previsões mais realistas (HARRINGTON, 1993). O nível de controle dedicado a um empreendimento depende do seu porte, da sua complexidade, do grau de incerteza e do nível de conclusão do projeto (concepção das partes constituintes do empreendimento) (COHENCA et al., 1989; FANIRAN et al., 1994).

A previsão deve ser conduzida a fim de evitar decisões erradas através da investigação das implicações futuras de decisões atuais (LAUFER et al., 1994). Com base em informações coletadas para o controle do empreendimento devem ser elaboradas previsões à respeito do desempenho do projeto, para que possa ser avaliado se as metas estabelecidas serão atingidas no futuro (LAUFER e TUCKER, 1987). Além disso, podem ser realizadas simulações semanas antes do início das atividades para que sejam identificados os melhores métodos, seqüências e meios para se alcançar os objetivos, bem como a determinação da organização dos elementos do canteiro que abrigará as atividades (BALLARD e HOWELL, 1997a; TOMMELEIN e ZOUEN, 1993)

A melhoria do desempenho dos processos construtivos é um dos objetivos do planejamento que pode ser alcançado por diferentes meios: através da observação de questões relacionadas à construtividade no projeto; do planejamento dos processos, para que sejam avaliadas formas de minimizar a utilização de recursos com vistas a alcançar um desempenho preestabelecido, ou maximizar o desempenho da produção utilizando-se dos recursos disponíveis; ou ainda, através do planejamento contingencial, que é preparado por meio da análise de diferentes situações possíveis que poderão ocorrer no decorrer do projeto e do estabelecimento de planos que possam ser utilizados caso essas situações ocorram (LAUFER e TUCKER, 1987).

Entretanto, a função de otimização recebe pouca atenção dos administradores, que se preocupam mais com a alocação do tempo do que com a seleção de estratégias de construção alternativas que visam aumentar a eficiência produtiva (FANIRAN et al., 1994).

---

<sup>12</sup> LEWITT, R.E. Expert systems in construction. In: KIM, S.S. et al. (Eds.) **Survey of the state-of-the-art expert/knowledge based systems in civil engineering**. Champaign, Illinois, US Army Corps of Engineers. Ch 2

Adicionalmente, deve-se ressaltar a existência de diferentes clientes e propósitos a serem alcançados, relacionados a cada um dos objetivos inseridos no planejamento, em diferentes níveis e funções dentro de uma empresa. Nesse sentido, LAUFER et al. (1994) destacam os princípios da multiplicidade, que o planejamento deve atender para que seja eficaz e satisfaça aos seus diversos clientes:

- (a) princípio da hierarquia – o planejamento deve destinar-se a diferentes propósitos e usuários;
- (b) princípio da compreensividade – o planejamento requer planos e formatos variados;
- (c) princípio da continuidade – o planejamento deve ser elaborado para momentos e horizontes de tempo distintos;
- (d) princípio da cooperação – o planejamento requer o envolvimento de vários participantes do empreendimento e diferentes formas de preparação.

### **3.3 AS DIMENSÕES DO PLANEJAMENTO**

#### **3.3.1 A DIMENSÃO HORIZONTAL DO PLANEJAMENTO**

De acordo com LAUFER e TUCKER (1987), a dimensão horizontal do planejamento compreende etapas distintas, quais sejam: planejamento do processo de planejamento, coleta de informações, preparação dos planos, difusão das informações e avaliação do processo de planejamento (Figura 3.1).

A figura 3.1 revela dois ciclos dentro do processo de planejamento, um realizado de forma contínua durante o empreendimento e outro intermitente compreendendo a preparação do processo e a sua avaliação. Este último ocorre quando existe a necessidade de uma análise do desempenho deste processo e, eventualmente, a sua re-estruturação.

A etapa de planejamento do processo de planejamento deve estabelecer quais são as etapas do processo, a frequência de atualização, os horizontes de tempo, os níveis de detalhe e de controle dos planos (LAUFER e TUCKER, 1987).

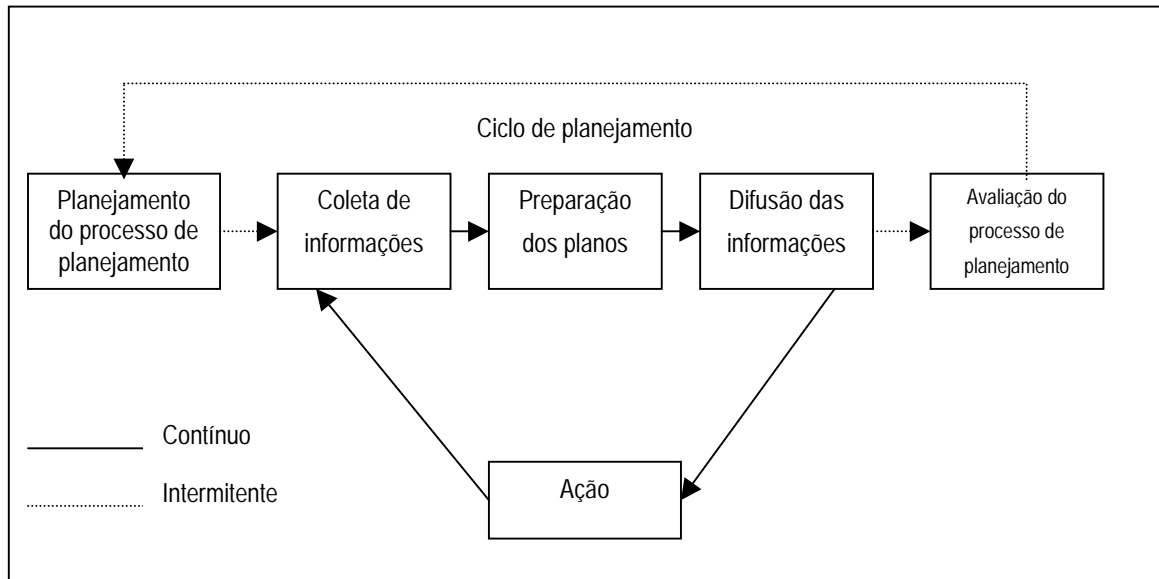


Figura 3.1 – O Processo de Planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987)

A coleta de informações para o planejamento requer bastante tempo, habilidade, esforço e competência, pois devem ser analisados contratos, restrições, especificações, tecnologia construtiva, recursos disponíveis e condições do local. Além disso, durante o desenvolvimento do empreendimento, os trabalhos das equipes devem ser acompanhados e dados sobre a sua produtividade documentados (LAUFER e TUCKER, 1987; LAUFER e TUCKER, 1988).

Durante a fase de preparação dos planos, os dados reunidos na etapa anterior são analisados e servem de base para a elaboração de novos planos através da utilização de técnicas de planejamento e programação. Nesta etapa, soluções alternativas podem ser consideradas (FORMOSO, 1991).

Na etapa de difusão das informações, os planos são divulgados de acordo com as necessidades dos envolvidos no empreendimento (FORMOSO, 1991). Nessa fase, devem ser observados aspectos relacionados à comunicação das informações tais como: acurácia ou existência de procedimentos para disseminação das mesmas e barreiras que possam dificultar a sua divulgação (THOMAS et al., 1998). Esses aspectos devem ser observados e problemas relacionados aos mesmos devem ser contornados, para que seja realizada a efetiva divulgação dos planos.

A avaliação do processo de planejamento consiste na etapa em que é realizada uma análise para verificar o desempenho do processo, bem como para identificar melhorias para outros ciclos de planejamento dentro de um mesmo empreendimento, quando o seu período de execução for longo, ou em obras futuras (FORMOSO et al., 1999).

Após a difusão das informações e implementação dos planos, deve existir uma retroalimentação, a qual irá servir como base para a preparação de planos futuros, bem como para a elaboração de relatórios para avaliação do desempenho do empreendimento (FORMOSO, 1991).

### 3.3.2 A DIMENSÃO VERTICAL DO PLANEJAMENTO

As decisões a serem tomadas no ambiente organizacional variam com a escala de tempo, embora sejam relacionadas às mesmas questões e devam ser consistentes ao longo do tempo. Desta forma, é essencial estabelecer diferentes horizontes de tempo para o processo de planejamento e controle da produção, os quais variam de acordo com os níveis e o tipo de organização (HOPP e SPEARMAN, 1996).

HOPP e SPEARMAN (1996) identificam três níveis na dimensão vertical do planejamento, os quais relacionam horizonte de tempo e escopo das decisões.

- (a) Estratégico - Neste nível as decisões estão relacionadas a questões de longo prazo tais como: o que, como e onde produzir; como financiar e vender a produção; onde obter os materiais; e como operacionalizar e conduzir a produção. O nível estratégico deve providenciar um ambiente capaz de alcançar os objetivos definidos para um determinado projeto, planejando a capacidade e local produção e a força de trabalho, com base em previsões.
- (b) Tático – Decisões relacionadas a um período de tempo intermediário, entre o longo e curto prazos, são tomadas neste nível. O que deve ser produzido, quem vai trabalhar na produção e quais ações devem ser conduzidas para realizar a manutenção dos equipamentos são algumas das questões a serem solucionadas neste nível. O estabelecimento das quantidades de trabalho a ser realizado, bem como a sua programação e seqüência em períodos pré-determinados também são decisões deste nível. Essas decisões precisam estar dentro dos limites estabelecidos no nível estratégico.
- (c) Operacional<sup>13</sup> – A designação dos trabalhos para as equipes, o controle do processo e reparos em equipamentos são aspectos que recebem maior atenção neste nível do processo de planejamento e controle da produção. Uma detalhada programação da produção é preparada para controlar a produção em um curto prazo. Neste nível também podem ser realizadas simulações de situações que possam trazer problemas para a produção, para que sejam analisadas e, ações sejam tomadas no sentido de projetar um sistema de planejamento que possa superar esses problemas e solucioná-los.

É importante ressaltar que a manutenção da consistência entre os níveis estratégico e tático e entre tático e operacional deve ser considerada quando os planos são preparados. Nesse sentido, podem ser adicionados estoques de tempo e capacidade às programações, os quais devem ser eliminados ou reduzidos com o passar do tempo, visando absorver o impacto da variabilidade que traz incerteza à produção. Esses estoques visam dar segurança à produção para que as quantidades

---

<sup>13</sup> HOPP e SPEARMAN (1996) chamam esse último nível do Planejamento e Controle da Produção (PCP) de "Control" (controle) que corresponde ao planejamento de curto prazo. Entretanto, nesta dissertação, convencionou-se chamá-lo de operacional pois o controle, conforme definido neste trabalho, acontece em todos os níveis do PCP.

programadas possam ser produzidas a tempo, mesmo que ocorram problemas tais como: quebra de máquinas, falta de operários, tempo excessivo de *setup* (HOPP e SPEARMAN, 1996).

### 3.4 A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO NO COMBATE À VARIABILIDADE E À INCERTEZA

A redução da variabilidade consiste em um dos princípios da Produção Enxuta, apresentado no item 2.6 deste trabalho, que está relacionado à gestão dos fluxos físicos. De acordo com KOSKELA (1992), existem dois motivos para que a variabilidade seja reduzida: um produto uniforme é melhor para o cliente e, a variabilidade que ocorre nos tempos produtivos tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor ao produto final.

A ocorrência da variabilidade nos tempos produtivos tem diferentes fontes: variabilidade natural devido a diferenças entre operadores, máquinas e materiais; falta de recursos, quebras aleatórias e paradas; *setups*; disponibilidade de operadores e retrabalhos. Além dessas, a variabilidade também pode ser ocasionada por um mau controle da produção (HOPP e SPEARMAN, 1996). As operações manuais também são responsáveis por grande parte da variabilidade que ocorre nos sistemas produtivos (ANTUNES JUNIOR, 1998).

A ocorrência da variabilidade e falta de controle no ambiente produtivo pode causar congestionamentos na produção, longos tempos de ciclo, altos níveis de trabalho em processo e perda da capacidade produtiva devido à baixa utilização de recursos. Além disso, deve-se ressaltar que a variabilidade é mais nociva quando ocorre no início de uma seqüência de atividades, portanto os esforços para a sua redução devem estar concentrados no início dessas seqüências, para que a incerteza devido à variabilidade não venha a influenciar no desenvolvimento das atividades subseqüentes (HOPP e SPEARMAN, 1996).

Para lidar com a variabilidade é necessário que exista planejamento visando à antecipação aos problemas com base em dados e fatos coletados da produção e da cadeia de fornecedores que trabalham com a organização. Deste modo, pode-se preparar o ambiente produtivo para conviver com a incerteza, de forma que as atividades não sejam prejudicadas.

#### 3.4.1 A COMPLEXIDADE E A INCERTEZA PRESENTES NA CONSTRUÇÃO CIVIL E O PCP

As atividades da construção civil são marcadas por grande complexidade e incerteza (BALLARD e HOWELL, 1997c). Na construção civil uma das grandes fontes de variabilidade e incerteza consiste em iniciar um empreendimento com um baixo grau de conclusão do projeto (COHENCA et al., 1990). MELLES e WAMELINK (1993) apontam outras fontes que ocasionam incerteza no ambiente da construção civil no setor de edificações: mudanças nas especificações de projeto durante a fase de construção; baixo grau de conclusão do projeto devido à problemas técnicos ou de inconsistências nas soluções adotadas pelo mesmo; solicitações de mudanças nas fases de



acabamento da edificação por parte dos clientes; variabilidade decorrente do fornecimento de materiais e mão-de-obra por parte dos fornecedores; e problemas com trabalhos em ambientes desprotegidos, sujeitos às intempéries.

Além dos problemas supracitados, grande parte da incerteza envolvida no planejamento de um empreendimento tem origem em níveis hierárquicos mais elevados e em um estágio situado no início do projeto (LAUFER et al., 1994). Em uma pesquisa realizada por HOWELL e BALLARD (1997b) com mais de 170 gerentes da construção civil, foi constatado que em 85% dos projetos os gerentes subestimaram o grau de incerteza presente nos empreendimentos. Os gerentes tendem a planejar com um elevado nível de detalhe mesmo em ambientes instáveis.

Apesar da existência de incerteza na construção e da mesma tornar difícil o gerenciamento dos fluxos, o modelo de administração de empreendimento tradicionalmente utilizado na construção civil negligencia os fluxos e mascara a incerteza, o que acaba gerando perdas (HOWELL, 1997). A seguir são apresentadas algumas características das práticas gerenciais correntes na construção civil:

- (a) é assumido que a coordenação dos contratados pode ser alcançada apenas através da programação realizada em cronogramas e em contratos (BALLARD e HOWELL, 1998);
- (b) as equipes subcontratadas devem conduzir seus trabalhos de qualquer forma, contanto que executem dentro do que foi estabelecido em contrato (BALLARD e HOWELL, 1998);
- (c) a distribuição espacial e temporal das equipes e materiais não é planejada, e o resultado é a ocorrência de interferências (TOMMELEIN e ZOUENIN, 1993; AKINCI et al., 1998).
- (d) as tarefas são liberadas para a produção mesmo quando os recursos e pré-requisitos necessários para a sua realização não estão disponíveis (HOWELL e BALLARD, 1997b);
- (e) as taxas de utilização de recursos são desconhecidas o que dificulta o dimensionamento de estoques para proteger a produção (HOWELL e BALLARD, 1997a);
- (f) as variações na produção não são analisadas e utilizadas para a tomada de decisão (HOWELL e BALLARD, 1996);

Desta forma, observa-se que essas práticas só trazem mais incerteza para as atividades dessa indústria. Porém, os administradores da construção só percebem a importância da consideração da incerteza no planejamento quando as condições que envolvem um projeto são interpretadas e consideradas como tendo impacto nas atividades da empresa (COHENCA et al., 1989). Esse impacto é verificado quando passam a ocorrer interferências entre equipes, problemas na realização das tarefas que não são concluídas no prazo estabelecido e falta de recursos devido à programação inadequada e ao desconhecimento das taxas de utilização dos mesmos. A partir do momento em que esses problemas passam a dificultar o desenvolvimento dos trabalhos da empresa, os administradores passam a observar a importância da consideração da incerteza inerente à construção e a necessidade do planejamento para lidar com a mesma.

### 3.4.2 A NECESSIDADE DO PLANEJAMENTO PARA COMBATE À INCERTEZA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com MELLES e WAMELINK (1993), para cada tipo de empreendimento (construções residenciais e comerciais, estradas, pontes, entre outros) uma forma diferente de controle deve ser planejada, levando-se em consideração as suas diferentes características e o esforço necessário para coletar informações confiáveis, eliminando ao máximo a incerteza.

Uma das formas de combater a incerteza ocasionada pela variabilidade é através do planejamento. Uma pesquisa realizada por FANIRAN et al. (1994), com empresas construtoras australianas em 26 empreendimentos de construção, foi detectada uma relação entre reduções na variação de custos e durações ocasionada pelo o aumento do tempo dedicado ao planejamento. Os autores também verificaram uma relação entre a redução na variação das horas trabalhadas e uma maior ênfase em métodos construtivos, ou seja quanto maior foi o tempo gasto com o planejamento dos métodos construtivos utilizados, menor foi a variação nas horas trabalhadas pelas equipes. A pesquisa ainda detectou uma redução dos custos relacionada a uma maior frequência de revisão dos planos, que consiste em uma forma de lidar com a incerteza através da adequação e adaptação dos planos às situações que se apresentam no decorrer dos trabalhos.

KOSKELA (1992) afirma que a variabilidade deve ser medida e a sua redução é um dos focos do processo de melhoria contínua. HOWELL e BALLARD (1996), visando à redução da variabilidade, sugerem que os gerentes devem antecipar-se ao que será executado e acompanharem como está o andamento do fluxo de materiais, desenhos, especificações, equipamentos e mão-de-obra como uma forma de garantir a disponibilidade desses recursos para a realização das tarefas planejadas no decorrer do tempo. Além disso, no processo de tomada de decisão, esses autores afirmam que os problemas devem ser avaliados confrontando-se a capacidade de produção das equipes com os objetivos e prazos a serem alcançados, para que as decisões possam ser tomadas com base em estimativas da capacidade produtiva e fluxos de recursos; e, por fim, o planejamento deve estabelecer diretrizes que garantam a execução das atividades.

Segundo HOWELL e BALLARD (1997a), a minimização da incerteza no fluxo de decisões e informações necessárias ao planejamento é tão importante quanto minimizar a incerteza no fluxo de recursos necessários à produção. Por esse motivo, as informações a serem utilizadas no PCP devem estar disponíveis em diferentes níveis de detalhamento, para que estejam adequadas ao grau de incerteza associado ao horizonte de tempo compreendido entre a análise de informações / elaboração dos planos e a sua execução.

LAUFER e TUCKER (1988) afirmam que quanto maior é o horizonte de tempo considerado em um plano, maior é a incerteza presente e menor é a precisão do mesmo. Nesse sentido, o nível de detalhamento dos planos deve variar conforme o horizonte de planejamento e o nível hierárquico que

irá utilizá-lo (HOPP e SPEARMAN, 1996). Quanto mais alto o nível hierárquico dentro de uma empresa mais abstratos devem ser os planos e maior é a incerteza envolvida nas decisões (FORMOSO, 1991).

### 3.5 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO NO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

As práticas enxutas adotadas no Sistema Toyota de Produção não se restringem à gestão produção propriamente dita, mas também permeiam o processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Assim sendo, neste item são apresentados conceitos relacionados ao PCP utilizados na Toyota visando a elucidar conceitos nos quais está apoiado o PCP da construção civil baseado na Produção Enxuta, abordado no item seguinte.

O entendimento da forma como se dá o PCP dentro do STP exige que sejam abordados aspectos teóricos e conceituais, bem como a observação de práticas adotadas na Toyota. Com relação às formas de controle da produção dentro do STP, estas foram abordadas no item 2.2 deste trabalho, e apenas a parte relacionada aos conceitos da função controle e da função monitoramento são abordadas no presente item. Os conceitos e práticas relacionadas a função planejamento são apresentados neste item.

#### 3.5.1 AS FUNÇÕES GERENCIAIS

SHINGO (1996b) afirma que a administração pode ser dividida em três funções: planejamento, controle (execução) e monitoramento que apresentam diferentes características.

No STP a função *planejamento* pressupõe a elaboração de planos e determinação de padrões preparados de forma cuidadosa através de estudos baseados na estatística, descritos em folhas de instrução, que posteriormente também são utilizadas pela função controle. Esses padrões também podem ser utilizados como diretrizes para implementação de novas formas de trabalho. A importância do estabelecimento de padrões adequados reside no fato de que após a realização das atividades deve ser feita uma comparação dos resultados obtidos com os padrões determinados, que consiste em uma tarefa da função do controle (SHINGO, 1996b).

SPEAR e BOWEN (1999) ressaltam a importância do treinamento dos funcionários da Toyota e do incentivo dado ao processo de melhoria contínua dentro da empresa. Apesar da definição de padrões, os operários são estimulados a questionar os mesmos e realizar melhorias com base em experimentações. Esses autores sugerem quatro regras básicas, que estão implícitas no STP, as quais guiam o planejamento e padronização das atividades de projeto, operação e melhoria de cada atividade, bem como as conexões e os caminhos percorridos por cada produto ou processo.

(a) Regra 1 - Todo trabalho deve ser altamente especificado com relação ao conteúdo, seqüência, tempo e produto.

- (b) Regra 2 - Cada conexão entre cliente-fornecedor deve ser direta, e deve haver uma forma clara de serem efetuadas as solicitações e respostas aos pedidos.
- (c) Regra 3 - O caminho especificado para cada produto e serviço deve ser simples e direto.
- (d) Regra 4 - Qualquer melhoria deve ser feita de acordo com o método científico, sob a orientação de um professor, no mais baixo nível possível da organização.

Todos os funcionários trabalham sob a influência da função controle, e devem implementar medidas para correção de desvios quando esses ocorrem. De acordo com SHINGO (1996b, p.190), “o *controle* é uma atividade dinâmica, envolvendo instrução, motivação e continuidade, de maneira que a implementação seja feita de acordo com o plano”. O autor enfatiza que parte dos defeitos que ocorrem na fase de execução têm origem na fase de planejamento e implementação, desta forma, o sucesso das atividades da produção é determinado pelo sucesso do planejamento e da implementação que, por sua vez, são influenciados pela função controle.

Após a completa implementação dos planos, os resultados obtidos da função controle e execução são comparados com as informações do planejamento para que sejam determinadas as origens dos problemas que resultaram em desvios na produção. Esse é o processo de monitoramento ou verificação, o qual deve apontar os problemas bem como implementar ações que objetivem a eliminação das suas causas (SHINGO, 1996b). A função monitoramento desempenha importante papel na identificação de pontos de melhoria nos processos (GUINATO, 1996).

### 3.5.2 O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO NO STP

De acordo com SHINGO (1996a), o planejamento da produção no STP ocorre em três estágios:

- (a) plano agregado de produção – este plano é de longo prazo e apoia-se em pesquisas de mercado que fornecem estimativas para a planta e seus fornecedores, dois meses antes da fabricação. Esses valores não oficiais são confirmados um mês mais tarde, e utilizados para realizar a programação semanal e diária.
- (b) plano mestre de produção – especifica a quantidade total de peças a serem produzidas em um determinado período, que deverá ser transformada para taxas diárias e até horárias para cada equipe (HOPP e SPEARMAN, 1996). Por exemplo, se em um mês devem ser produzidas 2000 peças em 20 dias de trabalho, logo a produção diária deverá ser de 100 peças por dia. Após a transformação nas taxas diárias necessárias de peças a serem produzidas, passa-se então para o seqüenciamento da produção, de acordo com os tipos de peças solicitados.
- (c) plano detalhado – contempla uma seqüência detalhada e balanceada de peças a serem produzidas a cada intervalo de tempo para atender a demanda (HOPP e SPEARMAN, 1996). É de grande

importância para a flexibilidade da produção, visto que diariamente podem ser efetuadas modificações na programação da produção. Esse plano é preparado para uma semana, três dias ou um dia.

HOPP e SPEARMAN (1996) ressaltam que devido a utilização da filosofia *just-in-time* no STP, a qual trabalha com um fluxo contínuo de peças e sem folgas na programação para lidar com quebras de máquinas ou mudanças na programação, os japoneses utilizam-se de *buffers* (estoques de segurança) para lidar com problemas desse tipo.

O *buffer* de capacidade é um recurso utilizado na Toyota para lidar com a incerteza. A programação do tempo de trabalho é elaborada considerando-se um número inferior as 24 horas diárias, desta forma, caso ocorram problemas na produção, o tempo extra é então utilizado para alcançar os valores planejados. Quando as quantidades previstas são produzidas no tempo especificado, os trabalhadores são liberados, ou remanejados para outras atividades (HOPP e SPEARMAN, 1996). Estoques de materiais entre os trabalhadores também são utilizados pois, apesar do cuidadoso planejamento das operações, alguns desvios ocorrem. Quando um trabalhador realiza o seu trabalho antes do tempo previsto, ele passa a processar os produtos estocados. Quando um operário está atrasado, o próximo se utiliza do seu estoque, e o seu atraso deverá ser compensado através da realização do trabalho de forma mais rápida no próximo ciclo de produção (SHINGO, 1996a).

Assim sendo, pode-se verificar a existência de uma hierarquia dentro do PCP do Sistema Toyota de Produção, com relação aos planos. Além disso, observa-se que existe uma intensa participação dos funcionários na elaboração dos padrões bem como no cumprimento dos mesmos, auxiliados pela função controle. A correção dos problemas e a tomada de ação ocorre baseada nas informações providenciadas pela função monitoramento, a qual objetiva evitar a recorrência de erros e sugerir pontos de melhorias com base em dados e fatos.

### **3.6 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA CONSTRUÇÃO CIVIL BASEADO NA NOVA FILOSOFIA DE PRODUÇÃO**

TOMMELEIN e BALLARD (1997) sugerem que o processo de planejamento da produção da construção civil envolva três níveis: planejamento do empreendimento, planejamento *lookahead* e planejamento de comprometimento (Figura 3.2). Os dois últimos níveis utilizam-se efetivamente de práticas da Construção Enxuta, e buscam a proteção da produção através da consideração de requisitos de qualidade para a elaboração dos planos e liberação das tarefas para a produção, em horizontes de planejamento distintos.

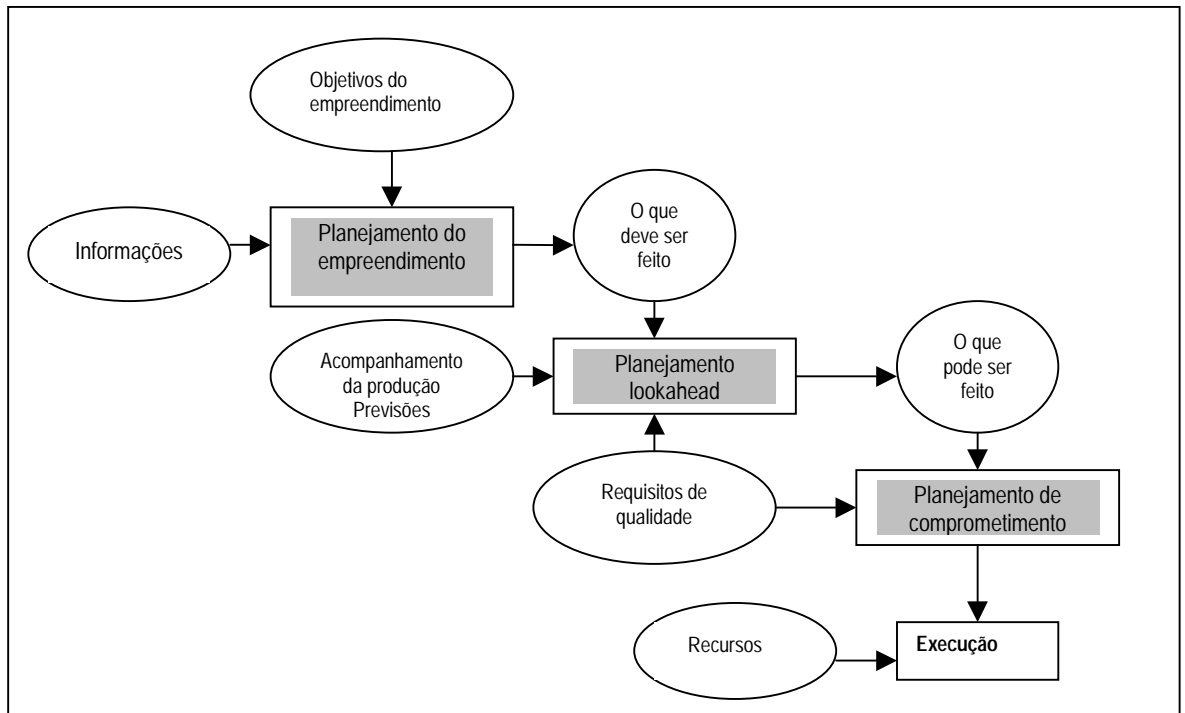


Figura 3.2 - Processo de planejamento da produção (adaptado de HOWELL e BALLARD, 1997a)

Com relação ao planejamento do empreendimento, observa-se que a bibliografia aponta para uma necessidade de estudos voltados para as questões estratégicas ligadas a implementação das práticas do Sistema Toyota de Produção (ZIPKIN, 1991; ADAM e SWAMIDASS, 1992; BROWN, 1998). Essa necessidade que se apresenta na Produção Enxuta também deve ser considerada na Construção Enxuta, tendo-se em vista que essa busca implementar os conceitos, princípios e práticas da primeira, os quais no âmbito estratégico ainda necessitam de um aprofundamento.

A seguir são apresentados os três níveis de planejamento propostos para a construção, bem como as técnicas que visam protegê-la dos efeitos da incerteza, que é uma característica marcante desse setor. Entretanto, é importante ressaltar que, dentro do escopo desse trabalho, maior atenção será dedicada ao planejamento *lookahead* e ao planejamento de comprometimento, os quais oferecem oportunidades de estudo e melhoria para os fluxos físicos mesmo após o início de uma obra.

Deve ser salientado, porém, que algumas decisões relacionadas ao empreendimento são tomadas em etapas anteriores ao planejamento de longo prazo. A identificação de restrições relacionadas ao empreendimento, de acordo com FORMOSO et al. (1999), consiste em uma etapa da preparação do processo de planejamento e controle da produção, anterior ao planejamento de longo prazo, na qual devem ser observadas, por exemplo: as dificuldades de acesso a obra e arranjo físico, e limitações de recursos.

O estudo do leiaute do canteiro para as diferentes fases do empreendimento deve ser feito antes do início da obra com base na programação definida ou, devem ser avaliados e resolvidos, durante a elaboração do cronograma, os conflitos temporais e espaciais que possam vir a ocorrer para

uma dada programação (TOMMELEIN e ZOUJIN, 1993; AKINCI et al., 1998; RILEY e SANVIDO, 1995). Esse estudo começa a ser realizado ainda na etapa de projeto, em seguida, com o início da obra e o andamento dos trabalhos, novas análises são conduzidas e as modificações são implementadas, ao longo do tempo, objetivando adequar o canteiro às atividades que se desenvolvem no mesmo.

### 3.6.1 PLANEJAMENTO DO EMPREENDIMENTO

A etapa de planejamento do empreendimento deve estabelecer datas marco, indicando início e fim de grandes etapas da obra, tais como: conclusão da superestrutura, início da execução das vedações externas, entre outras (FORMOSO et al., 1999). Os recursos relacionados à execução das atividades, o orçamento e o fluxo de caixa da obra também devem ser especificados (TOMMELEIN e BALLARD, 1997; FORMOSO et al., 1999).

De acordo com TOMMELEIN e BALLARD (1997), neste nível, a programação do trabalho a ser executado obedece a critérios de decomposição que estão ligados à natureza dos elementos construtivos e às relações funcionais ou estruturais entre eles (alvenaria estrutural x colocação de lajes – as lajes devem estar concluídas para que a alvenaria possa ser executada), bem como às diferentes especialidades dos empreiteiros que irão executar as atividades (equipes de instalações elétricas; equipes de execução de gesso acartonado, entre outras).

O planejamento do empreendimento pode ser realizado através da utilização de diferentes técnicas de planejamento e programação tais como: gráficos de Gantt, redes de precedência, linhas de balanço (LAUFER e TUCKER, 1987; OLIVEIRA, 1999).

A programação resultante deste nível do planejamento é um plano mestre que contém de forma geral todo o trabalho que será realizado na obra, no qual aparecem os grandes grupos de atividades, tais como: fundações, superestrutura, alvenaria (TOMMELEIN e BALLARD, 1997). Os ritmos de execução dos trabalhos e a estratégia de ataque à obra devem ser definidos neste nível (FORMOSO et al., 1999). HOWELL e BALLARD (1997a) ressaltam que deve existir um monitoramento deste plano para que as possíveis mudanças sejam detectadas e divulgadas para as equipes que irão conduzir as atividades.

### 3.6.2 PLANEJAMENTO *LOOKAHEAD*

O *lookahead* consiste em um elo entre o planejamento do empreendimento e o planejamento semanal (ou de comprometimento) e tem as funções de detalhar e ajustar o que foi programado no planejamento do empreendimento procurando manter essa programação em dia (MENDES JUNIOR e HEINECK, 1999 ;CHUA et al., 1999).

O planejamento *lookahead* é elaborado para permitir que o administrador possa identificar quais os trabalhos que deverão ser realizados nas próximas semanas (normalmente entre quatro e seis

semanas), e tome as providências necessárias para que os mesmos possam ser executados ou, realize uma reprogramação daqueles que não estão prontos para serem conduzidos (BALLARD, 1997). Esse plano tem um caráter móvel, ou seja, a cada semana inclui-se uma nova semana no horizonte de planejamento em questão e, o plano referente à semana atual serve de base para a preparação do plano de comprometimento.

Neste nível do planejamento são preparados os pacotes de trabalho, os quais definem uma determinada quantidade de trabalho a ser realizada com base em informações de projeto e recursos (CHOO et al., 1998). Esses pacotes de trabalho tornar-se-ão tarefas quando atenderem a requisitos de qualidade<sup>14</sup> especificados e forem designados a uma equipe de trabalho.

Com relação a designação ou não dos pacotes de trabalho para as equipes durante a preparação do *lookahead*, parte da bibliografia consultada sugere que as equipes não sejam identificadas neste nível de planejamento, somente as tarefas e recursos são designados (TOMMELEIN e BALLARD, 1997; CHUA et al., 1999). Entretanto, nos trabalhos de BALLARD (1997) e MENDES JUNIOR e HEINEICK (1999) as equipes aparecem designadas nas planilhas para a preparação do plano *lookahead*. Deste modo, neste trabalho são aceitas as duas formas para preparação deste plano, tendo-se em vista essa questão não modificar os objetivos a serem alcançados com a elaboração do mesmo. Contudo, a especificação das equipes no planejamento de médio prazo pode auxiliar na programação de cada subempreiteiro, os quais passam a planejar antecipadamente a necessidade de recursos e organização do trabalho.

Além das funções descritas acima, o planejamento *lookahead* tem outros propósitos identificados por BALLARD (1997):

- (a) modelar o fluxo de trabalho na melhor seqüência para que os objetivos do empreendimento sejam alcançados;
- (b) realizar o ajuste entre a mão-de-obra e os demais recursos necessários para a realização dos trabalhos;
- (c) elaborar e manter um estoque de pacotes de trabalho que deverão ser realizados quando aqueles originalmente planejados não puderem ser executados;
- (d) agrupar os trabalhos que são interdependentes para que possam ter o seu método de execução planejado de forma conjunta; e,
- (e) identificar os trabalhos que devem ser planejados de forma conjunta por diferentes equipes.

Contudo, CHUA et al. (1999) ressaltam que, para a elaboração do plano *lookahead*, os envolvidos no empreendimento devem providenciar informações sobre as relações existentes entre os processos, além daquelas relacionadas aos recursos a serem utilizados. Essa reunião de informações



visa à elaboração dos planos levando em consideração todas as interdependências entre as atividades bem como os fluxos existentes entre elas. A etapa de elaboração desse plano dá início à proteção da produção através do processo de tornar os pacotes de trabalho prontos para serem executados (BALLARD e HOWELL, 1998).

### 3.6.2.1 A importância do planejamento *lookahead* na proteção da produção

HOWELL e BALLARD (1997b) afirmam que, dentro da teoria da Produção Enxuta, as perdas devem ser reduzidas através da redução da incerteza e que a estabilidade do processo deve ser alcançada através da negociação eficiente entre os fins e os meios. Diante dessa afirmação, verifica-se a importância do *lookahead* para o alcance de uma produção estabilizada e com perdas reduzidas, pois é através da reunião de informações sobre a produção e seus fornecedores e da análise destas que, com base em critérios pré-estabelecidos, os pacotes de trabalho que podem ser executados são liberados para as equipes de trabalho, e as seqüências de execução podem ser melhor selecionadas (BALLARD e HOWELL, 1997a).

Algumas práticas observadas na preparação deste plano reduzem a incerteza e contribuem para a elaboração de planos mais confiáveis:

- (a) Realização de triagem (*screening*): a triagem consiste na utilização de critérios de decisão para verificação de quais tarefas poderão estar contempladas no horizonte de tempo considerado no plano *lookahead* e quais as que deverão ficar de fora (TOMMELEIN e BALLARD, 1997). Uma análise desse processo de triagem permite compará-lo com a parada de linha que ocorre no Sistema Toyota de Produção (STP) quando os problemas ocorrem (HOWELL e BALLARD, 1997b). O fato de não permitir, em determinado período, o planejamento de pacotes de trabalho que não podem ser executados, pois propagariam problemas na produção, contribui para que as pessoas se questionem sobre os problemas que impedem a sua execução e busquem a uma solução para os mesmos.
- (b) Utilização do mecanismo empurrar – puxar (*push-pull*): está relacionado à reprogramação de tarefas conforme a necessidade e as condições de desenvolvimento do projeto. Empurrar está relacionado ao planejamento das tarefas de acordo com as estimativas futuras de demanda ou de disponibilidade de recursos. Os pacotes de trabalho que deveriam ser executados mas não possuem todos os recursos e pré-requisitos necessários para a sua realização são postergados, até que possam aparecer dentro do horizonte de tempo coberto pelo plano de médio prazo. O mecanismo puxar entra em ação quando um pacote de trabalho deve ser executado, mesmo que todos os recursos não estejam disponíveis, pois existe uma necessidade de que parte desses seja processada para que não venha a comprometer o andamento de tarefas subsequentes. Entretanto, para que o pacote de trabalho seja realizado é necessário que os recursos, restrições e demais

---

<sup>14</sup> Os requisitos de qualidade são abordados no item 3.6.3 deste trabalho.

tarefas sejam identificados e analisados de modo que se possa dar prosseguimento aos trabalhos que têm prioridade sobre os demais (TOMMELEIN e BALLARD, 1997).

- (c) Estabelecimento de *buffers*: *buffers* consistem em folgas na programação, na capacidade produtiva, ou em estoques de matérias-primas ou semi-processadas que são utilizados para proteger a produção de variações. Ou seja, os *buffers* funcionam como amortecedores que isolam por um certo tempo a produção da incerteza proveniente da disponibilização de recursos por fatores internos ou externos à mesma. Desta forma, o administrador, com base no desempenho da sua produção e da cadeia de fornecedores, pode estabelecer folgas e quantidades mínimas de recursos para que seja dado início à execução de uma atividade, além de poder optar por diferentes seqüências para a realização dos trabalhos durante a elaboração do *lookahead*. Ao agir deste modo, o gerente pode contribuir para a proteção e estabilidade da produção que, provavelmente, não será interrompida por falta de recursos, pois parte deles já foi assegurada até que venha uma nova remessa, e as equipes podem trabalhar sem interrupções (HOWELL e BALLARD, 1997a).
- (d) Realização de estudos piloto (*first run studies*): essas experiências consistem no estudo de métodos adequados e eficazes para a produção. O planejamento dos métodos das operações de trabalho ocorre em todos os três níveis do planejamento e vai ficando mais detalhado na medida em que o momento de execução está mais próximo (BALLARD e HOWELL, 1997a). A preparação do *lookahead* pode representar um bom momento para a realização de experiências. Antes do início de cada processo pode ser feito um estudo detalhado da forma como este será realizado, sugestões e idéias são requisitadas e experiências são conduzidas para se encontrar melhores formas de execução. Para realizar esses estudos podem ser utilizados diagramas de processo, os quais são abordados no Capítulo 4, como forma de representar os processos e atividades analisados. Essa prática é importante para analisar, projetar e padronizar métodos de trabalho visando à diminuição das variações na execução das atividades, e a melhoria das condições de segurança das equipes, da qualidade, do tempo e do custo; e ainda, contribuir para uma maior eficiência e previsibilidade da produção (BALLARD e HOWELL, 1997a).

É importante ressaltar que devido à proximidade da execução, estudos para a alocação do recurso espaço também podem ser conduzidos com base na situação dos processos em andamento, das áreas já executadas, disposição das equipes e da seqüência de execução estabelecida (RILEY E SANVIDO, 1995). Esses estudos devem ser feitos considerando-se os requisitos espaciais de cada atividade, descritos no item 2.6.1 deste trabalho, para que sejam reduzidas as interferências que causam problemas para as equipes.

Essas medidas podem contribuir para uma melhor organização do canteiro e das equipes que nele trabalham, eliminando a variabilidade e os tempos improdutivos.

A observação das práticas abordadas acima indicam o potencial que o planejamento realizado neste nível tem para realizar a proteção da produção através da redução da incerteza. Através da análise criteriosa da produção e dos seus fornecedores, os pacotes de trabalho são planejados e liberados para fazerem parte do plano semanal. Entretanto, após essa seleção, nova análise é feita para que os pacotes de trabalho transformem-se em tarefas, o que geralmente ocorre no plano semanal.

### 3.6.3 PLANEJAMENTO DE COMPROMETIMENTO

O planejamento de comprometimento ou plano de curto prazo é responsável pela designação dos pacotes de trabalho às equipes da produção, informando-as onde as tarefas devem ser conduzidas e disponibilizando materiais, ferramentas e equipamentos necessários para a execução das tarefas (TOMMELEIN e BALLARD, 1997). O horizonte de tempo adotado neste nível é, em geral, considerado em dias ou semanas.

O comprometimento dos responsáveis pela elaboração do plano de curto prazo é de grande importância para a sua implementação de forma eficaz. Os planejadores devem estar comprometidos em somente selecionar pacotes de trabalho que foram designados pelo planejamento *lookahead*, o qual oferece um estoque de pacotes de trabalho que devem e podem ser executados. Além disso, deve existir o compromisso de somente programar atividades que estejam de acordo com os critérios de qualidade para a elaboração do plano de curto prazo (BALLARD e HOWELL, 1997b), os quais são expostos no sub-item seguinte. Ou seja, os pacotes de trabalho que passaram pela avaliação no nível anterior, devem ser verificados novamente para que, somente aqueles que realmente podem ser executados sejam liberados para as equipes de produção.

#### 3.6.3.1 Requisitos de qualidade para a elaboração do planejamento de comprometimento

A proteção da produção pode ser alcançada através da designação no plano de curto prazo somente de tarefas que podem ser executadas e para as quais existe um comprometimento por parte das equipes. Essa prática pode resultar em uma maior confiabilidade dos planos e na redução da incerteza relacionada à execução dos trabalhos, pois as tarefas programadas têm todos os recursos disponíveis e os pré-requisitos necessários à sua execução satisfeitos. A estabilidade dos fluxos de trabalho também pode ser um dos resultados alcançados com essa proteção pois as equipes passam a trabalhar sem interrupções. De acordo com BALLARD e HOWELL (1998), o planejamento de comprometimento protege a produção quando as tarefas atendem aos seguintes critérios ou requisitos de qualidade:

- ♦ Definição: as tarefas devem estar definidas de forma que seja possível coordenar as equipes, identificar a quantidade de recursos utilizados ao final de um período, bem como verificar se a tarefa foi finalizada dentro do prazo estabelecido.

- ♦ **Confiabilidade:** esse critério relaciona-se com a questão da segurança que se deve ter ao programar uma tarefa. O planejador deve providenciar os recursos necessários e estar certo da sua disponibilidade para a realização das tarefas. Além disso, deve-se garantir que as tarefas predecessoras estejam concluídas para permitir a realização dos trabalhos planejados.
- ♦ **Seqüência:** as tarefas selecionadas devem ter prioridade de execução diante das demais, a sua ordem de realização deve obedecer a critérios técnicos estabelecidos em projeto e de interdependência entre equipes.
- ♦ **Dimensionamento:** as tarefas devem ser dimensionadas de maneira que possam ser executadas, dentro do prazo estabelecido, pela equipe designada, e forneçam para a equipe seguinte uma quantidade de trabalho que esteja de acordo com as suas necessidades.
- ♦ **Aprendizado:** esse requisito está relacionado com a possibilidade dos administradores aprenderem com os planos anteriores. Após a implementação do plano devem ser verificados quais os fatores que contribuíram para a realização das tarefas, e quais os problemas que impediram a realização das mesmas e, então, as causas dos problemas devem ser eliminadas para que não voltem a ocorrer.

O plano de comprometimento deve ser elaborado com base nesses critérios para que a produção seja protegida da incerteza e a ocorrência de ações que geram perdas sejam evitadas. Desta forma, os trabalhadores passam a ocupar-se somente do que é realmente necessário para a execução das tarefas (BALLARD e HOWELL, 1998). Novamente, pode-se fazer uma analogia do processo de seleção e rejeição dos pacotes de trabalho com a parada de linha do STP. Quando não se tem a segurança de que a produção irá transcorrer sem problemas durante a realização das atividades, os pacotes não são liberados e os problemas com esses devem ser resolvidos.

Com relação ao critério dimensionamento, BALLARD (1999) sugere uma forma de proteger a produção que consiste em designar para as equipes da produção uma quantidade de trabalho menor do que a sua capacidade produtiva, o que resulta em *buffers* de capacidade. Por capacidade de produção entende-se que é a quantidade de trabalho que uma equipe pode realizar em condições determinadas e com recursos disponíveis.

BALLARD (1999) recomenda que só se deve contar com 100% da capacidade produtiva quando esta tiver sido determinada de forma precisa. O fato de subestimar a capacidade produtiva das equipes traz, segundo o autor, um aumento da produtividade das equipes com o passar do tempo, pois as tarefas passam a ser concluídas com mais freqüência e toda a produção se beneficia disto. Entretanto, a subestimação da capacidade produtiva das equipes pode ser conduzida com cuidado para que não ocorram atrasos na programação.

### 3.6.3.2 O planejamento de comprometimento e o monitoramento da produção

Após a seleção dos pacotes que devem ser executados, o planejador passa a distribuí-los em ordem de prioridade de execução entre as equipes. Ao final da distribuição, as tarefas que restarem devem ser designadas como tarefas reservas, para o caso de problemas de execução com as tarefas originalmente planejadas ou das equipes excederem as expectativas (BALLARD e HOWELL, 1998).

O plano é então implementado e, diariamente, o responsável pela produção deve realizar o acompanhamento da realização das tarefas. Caso as tarefas planejadas não sejam executadas, devem ser registradas as causas que impediram a sua realização e as tarefas reservas devem ser desempenhadas. Ao final do período estabelecido pelo plano, é verificado o número de tarefas que foram planejadas e concluídas no período, aquelas que não foram executadas e as respectivas causas que impediram a sua realização (BALLARD e HOWELL, 1998).

As informações sobre a realização das tarefas, documentadas no plano semanal, são então utilizadas para cálculo do indicador Percentual de Planos Completos (PPC), o qual consiste no quociente entre o número de tarefas planejadas e executadas e o número total de tarefas planejadas, expresso em percentagem (BALLARD e HOWELL, 1998).

O monitoramento da produção através do indicador PPC permite que sejam identificadas variações na produção. Entretanto, como afirma SHINGO (1996b), o monitoramento deve ser seguido de ações que visem a eliminar os problemas que causaram danos à produção para que os mesmos não voltem a ocorrer. De acordo com OHNO (1997) e SHINGO (1996a; 1996b), a detecção de problemas pela função monitoramento deve disparar um processo de análise até a derradeira causa do problema, para que a mesma seja eliminada.

Assim sendo, a medição do PPC, juntamente com a análise e atuação nas causas que impediram a execução das tarefas, consiste em um ponto de partida para a realização de melhorias no processo de planejamento, pois possibilita a tomada de ação baseada em dados da produção e evita a recorrência de erros (BALLARD e HOWELL, 1997a). Este aspecto está de acordo com o que foi verificado no planejamento do STP, origem da Produção Enxuta.

## 3.7 A NECESSIDADE DE DIRETRIZES PARA A GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

De acordo com o que foi apresentado sobre o Sistema Toyota de Produção e sobre o Processo de Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil, respectivamente no capítulo anterior e neste, observa-se um ponto que ambos buscam resolver através da utilização de conceitos, princípios e técnicas: a eliminação das perdas.

Através do PCP e do envolvimento de funcionários, diversas ações são implementadas na Toyota no sentido de eliminar as fontes que geram perdas na produção, dentre elas a incerteza causada pela variabilidade nos processos e operações. Para isso existe uma hierarquia de

planejamento e de controles no STP. Exemplos disso são os padrões para realização de tarefas e os *poka-yokes*, utilizados para reduzirem ou eliminarem a ocorrência de erros.

A grande atenção dedicada pelos japoneses aos detalhes pode estar relacionada ao fato de que essas minúcias, quando ignoradas podem resultar em perdas para a produção. O modelo de administração da produção adotado pela construção civil, em sua maioria, negligencia os fluxos entre as atividades (KOSKELA, 1992) e conseqüentemente os detalhes que se concentram nos mesmos. Desta forma, além de tornar esses detalhes visíveis para que possam ser gerenciados (ALARCÓN, 1997a; 1997b), faz-se necessária a existência de diretrizes para administrá-los dentro do PCP visando à eliminação das perdas que podem ocorrer nos fluxos físicos.

De acordo com BALLARD e HOWELL (1998), as diretrizes que são estabelecidas pelo processo de PCP têm grande influência na proteção da produção, pois estas podem reduzir a incerteza nos fluxos relacionados à produção e, conseqüentemente, melhorar a produtividade das equipes que são administradas com base nessas diretrizes. Portanto, as diretrizes para a gestão dos fluxos físicos utilizadas no PCP devem procurar impedir a geração de planos que causem perdas e problemas à produção.

Enquanto as questões relacionadas aos fluxos físicos não estiverem resolvidas em cada nível do planejamento, as diretrizes atuarão em cada um deles impedindo que os pacotes de trabalho sejam destinados às equipes da produção. Isso pressupõe a existência de uma hierarquia na gestão dos fluxos físicos associada ao PCP, ou seja, o produto plano só é liberado para o processamento no nível seguinte quando todos os seus problemas relacionados aos fluxos físicos estiverem resolvidos.

A importância das diretrizes consiste em dotar as pessoas com autonomia para decidir e parar o processamento dos planos, tendo como base diretrizes que ajudem a garantir que somente o que é certo será realizado. Em seguida, a análise dos problemas deve ser conduzida para que suas causas sejam eliminadas. Nesse sentido, deve existir o comprometimento dos envolvidos no PCP para que o produto plano não apresente defeitos durante a implementação, pois a obediência às diretrizes é voluntária.

### **3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste capítulo, apresentou-se noções gerais sobre o que é o processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP), bem como as suas diferentes dimensões. Foram abordados aspectos relacionados à incerteza existente no ambiente produtivo em geral e, principalmente na construção civil. Em seguida, a forma como é realizado o planejamento da produção no Sistema Toyota de Produção foi apresentada para que fossem verificados aspectos que são abstraídos e aplicados no contexto em que se desenvolve o PCP da Construção Enxuta.

Desta forma, pode-se observar que diversos conceitos e técnicas que estão sendo utilizados para construir uma teoria para a construção civil advêm do STP. A realização de estudos para padronização de operações e para melhoria da produção, a utilização de *buffers*, a realização da triagem dos pacotes de trabalho como forma de parar a linha de produção são formas encontradas pela Toyota para combater as perdas na produção que estão sendo utilizadas na construção civil com a mesma finalidade. Outro aspecto a ser ressaltado é a realização do processo de planejamento em diferentes níveis, visando lidar com as incertezas do ambiente de produção e ajustar os planos à medida que o momento de execução se aproxima, como é caso do plano no STP e do planejamento de comprometimento na Construção Enxuta.

Por fim, foram abordadas as diretrizes relacionadas ao PCP para a gestão dos fluxos físicos, as quais são de grande importância para inibir as variações que ocorrem nestes e resultam em incerteza e perdas para a construção civil.

## 4. MÉTODO DE PESQUISA

### 4.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta dissertação faz parte das pesquisas realizadas pelo grupo de Gerenciamento e Economia da Construção do NORIE/UFRGS. Dentre as diferentes linhas de pesquisa desse grupo, encontram-se trabalhos nas áreas de produção e de planejamento e controle da produção na construção civil aos quais está relacionada essa dissertação.

A pesquisa em campo deste trabalho foi realizada em duas etapas: uma de caráter exploratório, na qual a pesquisadora fazia parte do grupo de pesquisa<sup>15</sup> na área de produção que, dentre outras atribuições, estudava a questão das perdas em canteiros de obras e; uma segunda etapa, na qual, a partir das conclusões da etapa exploratória, foram desenvolvidos estudos de casos para estudar com maior profundidade a gestão dos fluxos físicos. A terceira etapa da pesquisa compreende a proposição de diretrizes para a gestão dos fluxos físicos, com base nos estudos realizados nas etapas anteriores (Figura 4.1).

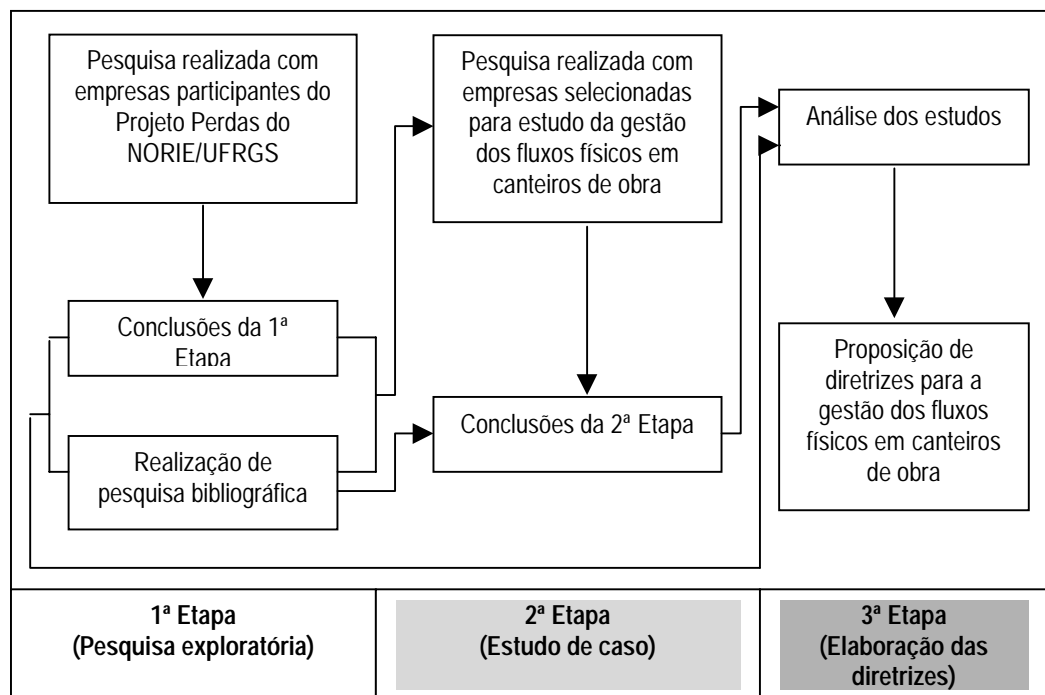


Figura 4.1 – Etapas da pesquisa

A estratégia selecionada para a pesquisa foi o estudo de caso pois, de acordo com YIN (1994), é a mais adequada quando se quer responder a questões de pesquisa que envolvem “por quê” e

<sup>15</sup> O grupo de pesquisa era coordenado pelo professor Eduardo L. Isatto e constituído pelos seguintes componentes: Ercília H. Hirota, Fabiana P. Rosa, Marcelo K. da Silva e Thaís da C.L. Alves (autora desta dissertação). O grupo contava com a ajuda de dois auxiliares de pesquisa: Carolina Garcia e Luís Alberto H. do Nascimento.



“como” os fenômenos estudados apresentam-se no decorrer do tempo. Essa estratégia de pesquisa permite que sejam observados aspectos temporais e contextuais do fenômeno em estudo, além de permitir a utilização de formas qualitativas e quantitativas de análise, sem exigir, no entanto, a documentação de frequência ou incidência dos fenômenos estudados ao longo do tempo ou a manipulação dos mesmos (YIN, 1994; MEREDITH, 1998)

YIN (1994) ressalta que, antes de se iniciar um estudo de caso, é importante que seja feita uma revisão bibliográfica para que seja desenvolvida uma base teórica a respeito do fenômeno que será analisado. De acordo com WACKER (1998), a pesquisa bibliográfica é de grande importância para a construção de uma teoria pois fornece informações a respeito de domínios de aplicação desta, as relações entre os seus elementos constituintes e suas definições e, além disso, indica quais são as relações importantes a serem investigadas no desenvolvimento de uma pesquisa.

A base teórica, além de guiar a coleta e análise dos dados, irá auxiliar na generalização dos resultados obtidos com o estudo de caso (YIN, 1994). Desta forma, mesmo que exista uma dificuldade em replicar as mesmas condições contextuais de um estudo de caso para outro, uma mesma teoria pode servir de base para outros estudos e ser testada em ambientes com diferentes condições que irão sustentar um mesmo conjunto de conceitos e princípios (MEREDITH, 1998).

Outro aspecto que deve ser ressaltado é o fato do estudo de caso ser considerado uma estratégia de pesquisa adequada para o desenvolvimento de uma teoria (MEREDITH, 1998) e, portanto, poder auxiliar no alcance de um dos objetivos específicos deste trabalho, o qual consiste em contribuir para a consolidação dos princípios da Nova Filosofia de Produção utilizados nesta pesquisa.

#### **4.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA EXPLORATÓRIA**

A realização da pesquisa exploratória ocorreu durante o desenvolvimento dos trabalhos do Projeto “Alternativas para a redução de perdas na construção civil: *benchmarking* de processos” desenvolvido pelo NORIE/UFGRS em parceria com o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul (SEBRAE/RS), doravante chamado de Projeto Perdas. Nesse projeto, buscou-se desenvolver uma forma sistemática de coleta e avaliação de dados relacionados à produção para empresas de pequeno porte, objetivando a redução das perdas. Através da coleta de dados em canteiros de obras, processamento e análise dos mesmos, buscou-se auxiliar aos gerentes das obras a perceber os desperdícios que ocorrem na produção e indicar pontos de melhorias, além de permitir o aprendizado com base na avaliação das ações implementadas.

O objetivo do estudo exploratório foi entender os problemas que as empresas tinham para controlar a produção e identificar as perdas. Através da realização do estudo exploratório, buscou-se identificar um foco, relacionado à área de produção na construção civil em empresas de pequeno porte, para a realização deste trabalho de dissertação. Ao longo da pesquisa exploratória, verificou-se que as

empresas não planejavam nem controlavam os fluxos físicos dos seus canteiros de obras de forma adequada, o que podia gerar perdas nos processos produtivos. Com base na bibliografia analisada e no estudo exploratório, a gestão dos fluxos físicos foi selecionada para ser o foco desta pesquisa dada a sua importância para o bom desempenho dos processos produtivos da construção civil, conforme apresentado no Capítulo 1.

A seguir, encontra-se a descrição da forma como o Projeto Perdas foi conduzido. Entretanto, é importante ressaltar que as etapas, ferramentas e os critérios adotados nesse estudo foram definidos de forma conjunta pela equipe de pesquisa, da qual a pesquisadora fazia parte. As exceções estão destacadas ao longo do texto.

#### 4.2.1 SELEÇÃO DAS EMPRESAS ESTUDADAS

As empresas estudadas foram selecionadas após uma reunião com as mesmas no NORIE. Nessa reunião, foi apresentado o Projeto Perdas e solicitado que as empresas interessadas em participar do estudo se manifestassem, indicando seu interesse pela pesquisa bem como as obras que poderiam ser estudadas. Após essa reunião, foi selecionado um grupo três empresas, as quais tinham em comum o desenvolvimento de programas de qualidade ou a participação em trabalhos anteriores com o NORIE. Duas das empresas selecionadas eram de micro porte e uma de médio porte, de acordo com a classificação do SEBRAE<sup>16</sup>. Todas elas apresentavam condições mínimas de organização, que permitiam a realização da pesquisa.

#### 4.2.2 SELEÇÃO DOS PROCESSOS A SEREM ACOMPANHADOS

Em cada obra selecionada para ser estudada, foram escolhidos processos para serem acompanhados ao longo da pesquisa. Essa seleção foi realizada de forma conjunta entre a equipe de pesquisa e o responsável pela obra, após uma visita ao canteiro de obras para verificar os processos em andamento. Os seguintes critérios foram considerados nesta seleção:

- (a) os processos selecionados não deviam estar em fase final. A preferência recaía sobre aqueles processos que estivessem sendo iniciados no período da pesquisa, para que houvesse oportunidades de melhorias, caso a empresa optasse por efetuar modificações com base nos dados coletados em campo;
- (b) os processos selecionados para estudo deviam ter dados relacionados à produção, produtividade e consumo de materiais coletados pela empresa. Portanto, os processos que não eram acompanhados pelas empresas, nesta etapa, não foram escolhidos.

---

<sup>16</sup> De acordo com o critério adotado pelo SEBRAE, empresas com até 19 funcionários são consideradas de micro porte; de 20 a 99 funcionários são de pequeno porte; de 100 a 499 são de médio porte e acima de 500 funcionários são consideradas empresas de grande porte.

#### 4.2.3 SELEÇÃO DOS MÉTODOS E TÉCNICAS PARA A COLETA DE DADOS

Um conjunto de ferramentas foi definido pela equipe da pesquisa para ser utilizado como uma forma de coletar dados relativos à produção. As ferramentas selecionadas, apresentadas nos itens 4.2.3.1 ao item 4.2.3.5, são de fácil utilização e não necessitam de investimentos elevados para a sua utilização e processamento dos dados coletados.

##### 4.2.3.1 Listas de verificação do canteiro, dos processos e dos materiais

As listas de verificação são apontadas pela bibliografia como tendo diversas funções: planejamento de uma tarefa (OGLESBY et al., 1989); identificação de atribuições de um determinado funcionário (GALSWORTH, 1997); identificação de pontos críticos a serem verificados em um dado equipamento antes do início de uma atividade (GREIF, 1991), verificação de pontos nos quais podem ser realizadas melhorias em um processo (MCTIGHE, 1991), entre outras.

Neste trabalho, foi utilizada uma lista de verificação para a avaliação do canteiro. A lista utilizada durante a realização da pesquisa foi desenvolvida por SAURIN (1997) e aplicada apenas no início da coleta de dados em cada canteiro pesquisado. A utilização da referida lista teve como principal objetivo caracterizar os canteiros estudados e verificar aspectos relacionados ao sistema de movimentação de materiais, instalações provisórias e segurança do trabalho.

Além da referida lista, foram utilizadas listas de verificação referentes aos materiais e processos. As primeiras objetivavam registrar as práticas relacionadas ao recebimento, estoque, manuseio e utilização dos materiais, enquanto a segunda documentava a forma de execução dos processos, as ferramentas e equipamentos empregados, a existência de padrões e especificações, bem como a organização do posto de trabalho.

##### 4.2.3.2 Registro de imagens

De acordo com YIN (1994), as imagens aumentam o poder de comunicação das informações além de, constituírem-se em um importante registro das características do estudo de caso. Outros autores (GALSWORTH, 1996; GREIF, 1991) ressaltam a importância do registro de imagens como um meio de documentar a forma como as atividades são desempenhadas. Esse registro pode servir ainda, como base para a realização de melhorias e para a divulgação de boas práticas da empresa.

Neste trabalho, o registro fotográfico foi utilizado para documentar a forma como as atividades eram desenvolvidas no canteiro, bem como para documentar práticas correntes no trato com estoques e movimentação de materiais, utilização de ferramentas e equipamentos e para registrar a ocorrência de interferências entre diferentes equipes realizando tarefas em uma mesma área.

#### 4.2.3.3 Diagrama de processo e mapofluxograma

O diagrama de processo e o mapofluxograma são utilizados para documentar a forma como um processo desenvolve-se através do uso de gráficos e símbolos, o que, de acordo com ISHIWATA (1991), torna mais fácil o entendimento dos processos e ajuda a combater os três grandes problemas que ocorrem entre as diferentes atividades, quais sejam: perdas, atitudes impensadas e inconsistências.

O diagrama de processo representa a seqüência das diferentes atividades que compõem um processo. O mapofluxograma ou diagrama de fluxo, além de indicar as diferentes atividades desempenhadas, registra o local onde as mesmas se desenvolveram, pois os símbolos utilizados para a representação das atividades são posicionados em uma planta, indicando a sua localização (ISHIWATA, 1991; SOUZA, 1997). Através da utilização dos símbolos descritos na Figura 4.2, os problemas e os pontos de melhoria são identificados e alterações podem ser realizadas nos processos visando ao combate às perdas. Entretanto, deve-se ressaltar que nem todos os tipos de perdas<sup>17</sup> podem ser identificados pelo diagrama de fluxo (LEE et al., 1999) e o mapofluxograma.





Símbolo	Significado
	Conversão – altera a forma ou substância do material em processamento
	Estoque – o material em análise está parado aguardando para ser utilizado
	Transporte – representa uma mudança na localização de material
	Inspeção – o material é inspecionado, em termos qualitativos ou quantitativos, de acordo com um padrão pré-determinado para aceitação

Figura 4.2 – Símbolos adaptados neste trabalho para elaboração de diagramas de fluxo e mapofluxogramas

É importante ressaltar que esses símbolos foram adaptados da bibliografia (ISHIWATA, 1991; DIAS, 1993; SHINGO, 1996a), que trata da análise de processos, para serem utilizados na elaboração dos diagramas de fluxo e mapofluxogramas utilizados nessa pesquisa. Não é intenção da pesquisadora discutir aspectos teóricos e/ou a conveniência da utilização da simbologia proposta por cada um dos autores identificados. Entretanto, esses símbolos foram adotados pela equipe do Projeto Perdas e, assim sendo, a mesma simbologia foi adotada nesta dissertação. A Figura 4.3 apresenta um exemplo da utilização do diagrama de processo e do mapofluxograma.

<sup>17</sup> Os diferentes tipos de perdas são abordados no item 2.2 deste trabalho.

Processo: Assentamento de piso cerâmico

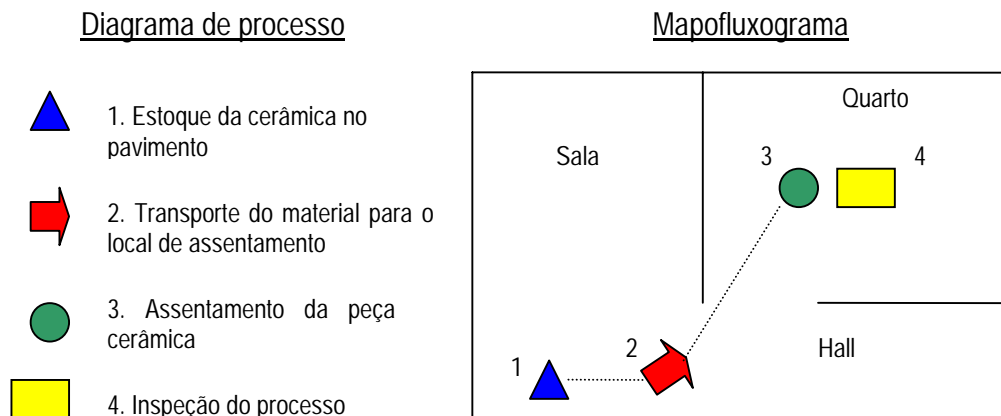


Figura 4.3 – Diagrama de processo e mapofluxograma

Os diagramas de processo e os mapofluxogramas foram utilizados nesta pesquisa para documentar a forma como os processos se desenvolviam no canteiro e para simular possíveis melhorias tendo como base as considerações de ISHIWATA (1991):

- (a) estudar o processo;
- (b) encontrar os pontos onde as perdas estão ocorrendo;
- (c) considerar a possibilidade de redefinir o processo com uma seqüência mais eficiente;
- (d) considerar se os fluxos são contínuos o bastante e se existem problemas no leiaute ou no sistema de transporte;
- (e) analisar se as atividades desenvolvidas no processo são realmente necessárias e o que aconteceria se atividades supérfluas fossem removidas do mesmo.

Entretanto, é importante ressaltar que a elaboração do diagrama de processo e/ou mapofluxograma ocorria apenas uma vez para cada processo ou posto de trabalho analisado. A menos que modificações fossem efetuadas, novas análises não eram realizadas.

#### 4.2.3.4 Indicadores de produção e produtividade

Foi utilizado um índice de produtividade para acompanhamento dos processos ao longo do tempo. Esse índice foi calculado como sendo o quociente entre a quantidade total produzida e a quantidade total de horas trabalhadas pelas equipes no mesmo período.

Após o cálculo desse índice, o valor real obtido através da apropriação de dados das equipes e do processo executado era, então, comparado ao valor orçado. O objetivo dessa comparação consistia em avaliar o desempenho das equipes frente ao que estava planejado em cronogramas e orçamentos e observar tendências no desenvolvimento de um determinado processo ao longo do tempo. Além

disso, caso as equipes analisadas realizassem as atividades em condições de trabalho semelhantes, uma comparação entre os índices de produtividade das diferentes equipes poderia ser conduzida visando a identificar as práticas que conduziram aos melhores índices.

A coleta do índice de produção, que consiste na apropriação da quantidade total produzida em um processo durante determinado período, era conduzida para acompanhar a evolução da produção desse processo ao longo do tempo objetivando analisar variações, além de investigar e discutir as causas que ocasionaram tais variações.

Esses indicadores eram coletados através da utilização do cartão de produção que continha o registro das quantidades produzidas e das quantidades de horas trabalhadas para a sua execução (Figura 4.4).

CARTÃO DE PRODUÇÃO			
Empresa:	Obra:	Observador:	Data:
Equipe	Item	Produção	Horas

Figura 4.4 – Exemplo de cartão de produção

Na coluna equipe eram designados os funcionários envolvidos no processo, bem como as suas atribuições na obra, se eram oficiais ou serventes. Para indicação do que havia sido produzido, as colunas item e produção documentavam, respectivamente, o que havia sido produzido (alvenaria, reboco, piso) e a quantidade executada pela equipe analisada. Por fim, na coluna horas apropriadas eram documentadas as quantidades de horas trabalhadas no processo.

#### 4.2.3.5 Indicador de consumo de materiais

Os indicadores de consumo dos materiais foram coletados para avaliação das perdas que ocorriam nos processos estudados. O cálculo do consumo de materiais se dava da seguinte forma: eram apropriadas as quantidades de material que teoricamente deveriam ser utilizadas para a execução de um produto, através de levantamentos *"in loco"*<sup>18</sup> e, em seguida, registradas as quantidades de material efetivamente consumidas para a realização daquele produto. O resultado entre o quociente da quantidade de material teoricamente necessária e a quantidade efetivamente gasta para realizar o produto fornecia o consumo do material, o qual era comparado com o valor orçado.

A comparação entre os valores de consumo do orçamento e aqueles apropriados em campo podia não revelar grandes problemas, pois no orçamento são adicionadas folgas no consumo para

<sup>18</sup> É importante ressaltar que a apropriação da quantidade teoricamente necessária para a realização de um processo pode ser levantada a partir dos projetos referentes à execução do mesmo. Entretanto, durante a etapa de produção podem ocorrer desvios em relação ao projetado, os quais ocasionam diferenças entre o projetado e o executado. Essas diferenças podem ou não resultar em perdas de material, e perdas de valor do produto final.

absorver as perdas que ocorrem na produção. Assim sendo, os valores apropriados podiam estar situados dentro dos limites de consumo impostos pelo orçamento. Deste modo, procedia-se ao cálculo do índice de perdas para que a Empresa Conhecesse em termos percentuais qual era a quantidade de material desperdiçada em seus processos. O índice de perdas era calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{Perda (\%)} = ((C_{\text{real}} - C_{\text{teórico}})/C_{\text{teórico}}) \times 100 \quad (1)$$

Perda (%) = índice percentual de perdas

$C_{\text{real}}$  = Consumo de material efetivamente utilizado para executar um produto

$C_{\text{teórico}}$  = Consumo de material teoricamente necessário para realizar um produto

A análise deste índice fornecia, em termos percentuais, o valor de material desperdiçado em um determinado processo. Podia-se, inclusive, de posse do índice de perdas, avaliar a eficiência de diferentes processos construtivos na utilização dos materiais, bem como a eficiência da utilização de certos tipos de materiais para a execução de determinados ambientes.

#### 4.2.4 SELEÇÃO DE FONTES DE INFORMAÇÃO PARA O ESTUDO EXPLORATÓRIO

Além das ferramentas selecionadas pela equipe de pesquisa do Projeto Perdas, a pesquisadora adotou outras duas formas de coletar dados para a realização do estudo exploratório: a observação participante e o caderno de campo, descritos nos itens 4.2.4.1 e 4.2.4.2.

##### 4.2.4.1 Observação participante

De acordo com YIN (1994), a observação participante consiste em uma forma de observação na qual o pesquisador não se apresenta apenas como um observador passivo. Segundo EASTERBY-SMITH et al. (1991), durante a realização da observação participante o pesquisador deve estar ciente do papel que está desempenhando no ambiente em que coleta os dados. No caso dessa pesquisa, o papel de pesquisadora esteve explícito durante o desenvolvimento do trabalho. Ou seja, a empresa e seus funcionários tinham conhecimento da realização da pesquisa e, deste modo, a pesquisadora realizava observações e questionava determinadas ações quando apropriado.

##### 4.2.4.2 Caderno de campo

Esse caderno consiste em uma espécie de diário da pesquisa, no qual são registradas as ações relacionadas ao fenômeno estudado observadas em campo, além de idéias e reflexões do pesquisador. As anotações contidas em um caderno de campo constituem-se em registros qualitativos que podem auxiliar na análise dos dados coletados (EASTERBY-SMITH et al., 1991).

Durante a realização da pesquisa, o caderno de campo foi utilizado para documentar as visitas realizadas aos canteiros. Nele, eram realizadas observações sobre o desenvolvimento de atividades, e registradas as condições e forma como eram desempenhadas. Além disso, o caderno de campo era utilizado para o registro de questionamentos realizados junto aos funcionários e das atividades desempenhadas pela pesquisadora durante as visitas e seus resultados.

O caderno de campo também era utilizado para o registro dos resultados e conclusões advindos das reuniões com as empresas, bem como para documentar as decisões tomadas nessas reuniões e seus resultados em campo.

#### 4.2.5 COLETA E AVALIAÇÃO DOS DADOS

Após a análise do Projeto “Alternativas para a redução do desperdício de materiais em canteiros de obras” coordenado pela USP, que estudou aproximadamente 70 canteiros em 12 estados do Brasil (AGOPYAN et al., 1998), a coordenação do Projeto Perdas avaliou que o tempo entre a coleta e a disponibilização das informações não devia ser longo.

No Projeto coordenado pela USP, o período compreendido entre a coleta e o processamento de dados foi muito extenso, atingindo períodos de até seis meses. Desta forma, quando as informações sobre um processo eram repassadas para a empresa o mesmo já havia sido concluído e, assim sendo, não havia possibilidade de implementação de melhorias para a redução do desperdício. Esse longo ciclo de coleta, processamento e divulgação dos dados talvez se devesse ao caráter exploratório da pesquisa coordenada pela USP. Seu objetivo foi apresentar um panorama nacional sobre as perdas na construção brasileira, de forma a auxiliar o setor a se mobilizar para combater o desperdício.

Deste modo, adotou-se o ciclo de coleta e análise de dados (ciclo de avaliação) igual a um mês. No início do estudo em cada empresa foi realizada uma auditoria preliminar para caracterizar o canteiro e os processos a serem estudados. Em seguida, a equipe de pesquisadores do NORIE passava a realizar visitas periódicas ao canteiro visando observar em campo o desenvolvimento dos processos e os fluxos físicos do canteiro. A coleta e avaliação de dados envolvia a participação de pessoal da empresa e pesquisadores do NORIE.

Os dados eram analisados e discutidos pela equipe de pesquisadores do NORIE, à medida em que eram coletados. Ao final de um ciclo de coleta (um mês), as informações resultantes das análises realizadas eram discutidas com os diretores das empresas e os responsáveis pelo gerenciamento das obras. Eram investigadas as causas de bons ou maus desempenhos da produção, para que os responsáveis pela administração das obras tivessem a oportunidade de aprender com os resultados anteriores e implementassem melhorias na produção quando possível. Contudo, é importante salientar que os dados processados pela equipe de pesquisa não eram analisados em detalhes, pois a Empresa deveria se encarregar de aprofundar a análise dos dados, durante as reuniões de discussão. Deste



modo, os pesquisadores esperavam que a Empresa aprendesse a realizar autonomamente questionamentos sobre a produção em busca das reais causas do desempenho dos processos.

#### 4.2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A PESQUISA EXPLORATÓRIA

Embora fossem realizadas reuniões para apresentação dos dados coletados e processados, em cada ciclo de avaliação, não havia um vínculo deste estudo com o processo de planejamento e controle da produção. Este fato acabou limitando bastante o impacto das ações corretivas definidas a partir da análise dos dados, chegando-se à conclusão de que o controle da produção e o combate aos desperdícios que ocorriam nos fluxos de materiais e mão-de-obra deveriam ocorrer de forma integrada ao planejamento da obra. Uma discussão mais profunda desta necessidade de integração está apresentada no Capítulo 5.

As reuniões com as empresas, a coleta de dados nos canteiros e as discussões com o grupo de pesquisadores do Projeto Perdas resultaram em uma série de conclusões, as quais contribuíram para a definição do escopo da segunda etapa deste estudo (estudos de casos), que está apresentada nos itens seguintes.

Contudo, deve ser relatado que apenas dois dos estudos realizados nas três empresas participantes do Projeto Perdas são apresentados nesta dissertação. O terceiro estudo foi excluído pelo fato de que precisou ser interrompido devido à uma mudança na administração da obra, tendo sido realizado apenas um ciclo de coleta e avaliação. Também deve ser ressaltado que uma das obras analisadas na primeira etapa (Empresa B) foi concluída no mesmo período em que foram encerradas as atividades de pesquisa relacionadas ao Projeto Perdas. Com relação a outra obra analisada no estudo exploratório (Empresa A), esta pôde ser acompanhada mesmo após o encerramento do Projeto Perdas, tendo-se em vista que ainda havia serviços em execução durante a etapa de estudo de caso.

#### 4.3 DESCRIÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Foram realizados dois estudos de caso em obras de empresas distintas, para que fosse possível coletar dados e realizar observações em sistemas de produção com diferentes características, afim de aumentar a confiabilidade das conclusões sobre a gestão dos fluxos físicos.

Os estudos de caso foram conduzidos no período de junho à dezembro de 1999. A Empresa A, também estudada na etapa exploratória, realizava o planejamento semanal de atividades, bem como reuniões para avaliação e elaboração dos planos. Durante o estudo de caso, foram coletados dados referentes aos processos escolhidos, os quais eram discutidos nas reuniões que a empresa fazia para elaboração e análise dos planos semanais. As informações coletadas eram discutidas com a empresa e algumas delas eram utilizadas para efetuar a programação semanal da obra. Os dados processados objetivavam dar transparência à produção, para que os fluxos pudessem ser analisados e considerados

durante o planejamento de curto prazo. Ao mesmo tempo, o acompanhamento das reuniões possibilitava à pesquisadora uma melhor compreensão da forma como os fluxos eram gerenciados. Contudo, é importante ressaltar que a tomada de decisão dependia inteiramente do comprometimento da administração da obra.

Devido ao término da obra de uma das empresas (Empresa B) analisadas na primeira etapa deste trabalho, outra obra foi selecionada para ser acompanhada na etapa de estudo de caso. A oportunidade de estudar uma obra de outra empresa surgiu quando a Empresa C procurou o NORIE para a realizar um trabalho na área de Planejamento e Controle da Produção (PCP) a ser desenvolvido por um doutorando desta mesma área de pesquisa. Em uma reunião com dois diretores da empresa, ambos também se mostraram interessados na realização da pesquisa sobre a gestão dos fluxos físicos. Após essa reunião, iniciou-se as atividades desta pesquisa no mesmo canteiro definido para a realização do trabalho relacionado ao processo de PCP. Deste modo, no mesmo período de realização do estudo de caso, a Empresa C iniciou a implementação a formal do planejamento de curto e médio prazo, com a orientação de um doutorando do NORIE, chamado doravante de consultor. Durante esse estudo, foram feitas visitas ao canteiro de obras e houve o acompanhamento e participação das reuniões de elaboração dos planos. O objetivo desse estudo foi observar a forma como a questão dos fluxos físicos era considerada no planejamento da obra, e quais os problemas verificados no canteiro que podiam ser detectados com a utilização de ferramentas que dessem transparência à produção.

No estudo de caso na Empresa C, não foram selecionados processos da produção para serem acompanhados semanalmente como na Empresa A. O foco dos estudos na Empresa C foi a análise do processo de planejamento nos níveis operacional e tático e sua ligação com a gestão dos fluxos físicos do canteiro, tendo-se em vista que na Empresa A apenas o planejamento operacional foi acompanhado. Essa necessidade do estudo do planejamento de médio prazo surgiu devido à constatação de que definições relacionadas aos fluxos físicos não devem ser tomadas apenas no plano de curto prazo.

#### 4.3.1 SELEÇÃO DAS EMPRESAS PESQUISADAS

Para a realização do estudo de caso foi estabelecido como critério para seleção das empresas que as mesmas deviam realizar, pelo menos, o planejamento e controle da produção de curto prazo, conforme apresentado no item 3.6.3 deste trabalho. Esse critério era de grande importância para a pesquisa, tendo-se em vista que o objetivo principal desta dissertação constitui-se na proposição de diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras, integrada ao processo de planejamento e controle da produção. Além disso, cabe ressaltar que as empresas estudadas mantinham bom relacionamento com a equipe de pesquisadores do NORIE, que, inclusive, já havia realizado trabalhos anteriores nessas empresas.

#### 4.3.2 SELEÇÃO DAS FONTES DE EVIDÊNCIA

De acordo com WACKER (1998), um bom processo de construção de teoria deve ter "(...) evidências empíricas para sugerir por quê a teoria tem alguma legitimidade no mundo empírico". Assim sendo, para que os dados sobre a gestão dos fluxos físicos fossem coletados nas obras selecionadas, diferentes fontes de evidência foram selecionadas. O uso de múltiplas fontes de evidência permite ao pesquisador a obtenção de informações relacionadas a um mesmo fenômeno, advindas de diversos pontos de observação, os quais podem revelar aspectos distintos do mesmo e contribuir para a convergência e validação dos resultados do estudo de caso (YIN, 1994).

Para a realização do estudo de caso, os métodos e técnicas para coleta de dados e informações apresentados nos itens 4.2.3 e 4.2.4 deste capítulo foram selecionados para representarem as fontes de evidência utilizadas nesta pesquisa. Além das fontes descritas no item 4.2.3 e 4.2.4, foram utilizados o mapa de acompanhamento, a planilha de realização do planejamento semanal e as planilhas para registro da utilização dos materiais descritas a seguir.

##### 4.3.2.1 Mapa de acompanhamento

O mapa de acompanhamento foi utilizado para registrar a execução de um determinado produto ao longo do tempo. Na medida em que o produto vai sendo realizado, são registradas as partes concluídas no mapa de acompanhamento. Esta prática pode evitar a ocorrência de erros no levantamento de partes já executadas de um produto, pois impede que uma mesma parte seja considerada duas vezes. Além disso, o mapa de acompanhamento pode ser utilizado para apropriação das quantidades de um produto executadas pela mão-de-obra (SANTOS et al., 1996).

Além das atribuições supracitadas, nesta pesquisa, o mapa de acompanhamento foi utilizado para fornecer informações adicionais a respeito de fluxo de trabalho dentro de um determinado processo. Ou seja, a análise do mapa podia revelar a seqüência de execução do produto ao longo do tempo. Para que o fluxo de trabalho seja apresentado de forma transparente podem ser utilizadas cores distintas de modo a indicar a realização do produto em diferentes períodos de trabalho (Figura 4.5).

Durante as reuniões de planejamento semanal o mapa era utilizado para verificação das tarefas executadas em uma determinada semana e para seleção das tarefas que deviam ser realizadas na semana seguinte.

MAPA DE ACOMPANHAMENTO				
Processo: Instalação de kits hidráulicos				
Ambiente	Apartamentos			
	101	201	301	401
Cozinha				
Área de serviço				
Banheiro social				
Legenda				
	Executado no período de 03/01/2000 à 07/01/2000			
	Executado no período de 10/01/2000 à 14/01/2000			
	Executado no período de 17/01/2000 à 21/01/2000			

Figura 4.5 – Exemplo de mapa de acompanhamento

#### 4.3.2.2 Planilha para realização do planejamento semanal de tarefas

As empresas selecionadas, para serem estudadas na segunda etapa dessa pesquisa, realizavam o planejamento semanal de tarefas, apresentado no item 3.6.3 desta dissertação. A partir da planilha de elaboração dos planos (Figura 4.6) podem ser coletados: o indicador PPC e as causas que ocasionaram problemas na produção e resultaram na não realização das tarefas planejadas.

PLANEJAMENTO SEMANAL DE TAREFAS													
Empresa:			Obra:				Responsável:						
Tarefa	Visto (Empreiteiro)	Equipe	Semana								% executado	Causa	
			19	D	S	T	Q	Q	S	S			
			P										
			E										
			P										
			E										

PPC = (Nº tarefas executadas/ Nº tarefas planejadas) x 100 =

Figura 4.6 – Planilha para elaboração do planejamento semanal

A partir do registro dos problemas, que eram coletados pela empresa, a pesquisadora podia analisar e discutir com a administração da obra os fatores que contribuíam para a ocorrência de desperdícios nos fluxos físicos, bem como indicar possíveis soluções para os problemas que ocorriam na produção.

#### 4.3.2.3 Planilhas para registro da utilização dos materiais

Foi utilizada uma planilha para registrar o destino dos materiais dentro da obra. A cada semana os valores de material enviados para a execução de um determinado ambiente eram anotados nesta planilha (Figura 4.7).

Apartamento:	Data:	Quantidade de material
Cozinha/área de serviço		
Banheiro social		
Sacada		

Figura 4.7 – Modelo de planilha utilizada para registrar o destino dos materiais na obra

Na primeira coluna da Figura 4.7 eram registrados os ambientes que deveriam ser executados com o material enviado para um pavimento e na segunda coluna aparece o registro das quantidades enviadas para cada local.

A pesquisadora também utilizou-se de uma planilha para registrar a localização dos estoques e as quantidades de material enviadas para a execução dos ambientes, apresentada na Figura 4.8. Na primeira coluna da Figura 4.8 eram registrados os dias em que as observações haviam sido feitas no caso da realização de inventários do estoque, ou os dias em que os materiais eram enviados para um determinado local que necessitava do material. Na coluna local estavam indicados os locais onde haviam sido verificados estoques, durante a realização de inventários, ou para onde haviam sido enviados os materiais. A coluna número de caixas enviadas registrava a quantidade de caixas de um determinado material que havia sido mandado para a execução de um ambiente. A coluna número de caixas em estoque indicava o número de caixas encontradas no estoque durante a realização de inventários.

Dia	Local	Nº de caixas enviadas	Nº de caixas em estoque

Figura 4.8 – Modelo de planilha utilizada para registrar a localização dos estoques e destino dos materiais

A cada semana, durante o período de coleta, era feita uma análise do número de caixas em estoque, do número de caixas que haviam saído do estoque e das áreas executadas com esse material indicadas em um mapa de acompanhamento. Dessa análise resultava a possibilidade de apropriação de um indicador de consumo do material em análise.

Cabe destacar que no estudo de caso realizado na Empresa C, dentre as ferramentas citadas, apenas a lista de verificação do canteiro, o registro fotográfico e a planilha de realização do planejamento semanal foram utilizados, pois não houve o acompanhamento de processos que se desenvolviam na obra. Na Empresa C, as investigações ficaram centradas no processo de planejamento e controle da produção.

<sup>19</sup> Nesta coluna, a letra "P" indica os dias planejados para a realização de uma tarefa. A letra "E" indica os dias em que a tarefa realmente foi executada.

Deve ser ressaltado que as ferramentas utilizadas nessa pesquisa tinham o objetivo de conferir transparência à produção, para que os administradores pudessem compreender a forma como os processos se desenvolviam e detectar os pontos que ocasionavam perdas nos fluxos produtivos. A coleta e análise dos dados da produção era realizada através do uso conjunto das ferramentas, que forneciam informações distintas, porém complementares, sobre os processos analisados. Por fim, era conduzida uma análise dos dados coletados através da utilização das ferramentas, juntamente com os dados das fontes de evidências, destacadas neste item, e as conclusões eram discutidas com a empresa e registradas. As informações resultantes desse processo representaram a base das diretrizes propostas nesse trabalho de dissertação.

#### 4.3.3 SELEÇÃO DOS PROCESSOS ANALISADOS

Antes do início dos estudos, uma visita era realizada ao canteiro a ser pesquisado para verificação dos processos que seriam analisados. Após a verificação dos processos em andamento na obra, devia ser feita uma escolha de forma conjunta envolvendo a pesquisadora e a administração da obra. Diferentemente, da etapa exploratória, as empresas não necessitavam coletar dados a respeito dos processos selecionados para o estudo. Essa atribuição, bem como o processamento dos dados era realizado pela pesquisadora e um auxiliar de pesquisa.

A estratégia adotada para a coleta de dados nos estudos de caso foi diferente daquela adotada para o estudo exploratório, pois nesse último os pesquisadores objetivavam que a empresa, com o passar do tempo, aprendesse a apropriar e analisar os dados da sua produção. Com relação aos estudos de caso a pesquisadora tinha, entre outros, o objetivo de avaliar a utilização de ferramentas para dar transparência aos fluxos físicos. Além disso, as ferramentas deviam servir como fonte de evidência para a proposição das diretrizes para a gestão dos fluxos físicos. Deste modo, durante a pesquisa, a empresa não necessitava coletar os dados - o importante era que a mesma compreendesse o que era apresentado e pudesse utilizar os dados para a elaboração dos planos.

Na Empresa A, foram analisados processos produtivos em andamento no canteiro, bem como o processo de planejamento e controle da produção no nível operacional. Com relação à Empresa C, apenas o processo de planejamento e controle da produção foi selecionado para ser acompanhado no estudo de caso. Nessa empresa, foi possível acompanhar o planejamento nos níveis operacional e tático.

#### 4.3.4 PERIODICIDADE DA COLETA DE DADOS

O ciclo de coleta e análise de dados adotado foi igual a uma semana, que consistia no período considerado pelas empresas pesquisadas para a elaboração e avaliação do planejamento semanal.

A Figura 4.9 apresenta a redução do período de coleta e divulgação de informações ao longo do tempo, desde a realização do projeto coordenado pela USP, passando pelo Projeto Perdas e, por fim, apresenta o ciclo definido para a coleta e divulgação de dados adotado neste trabalho.

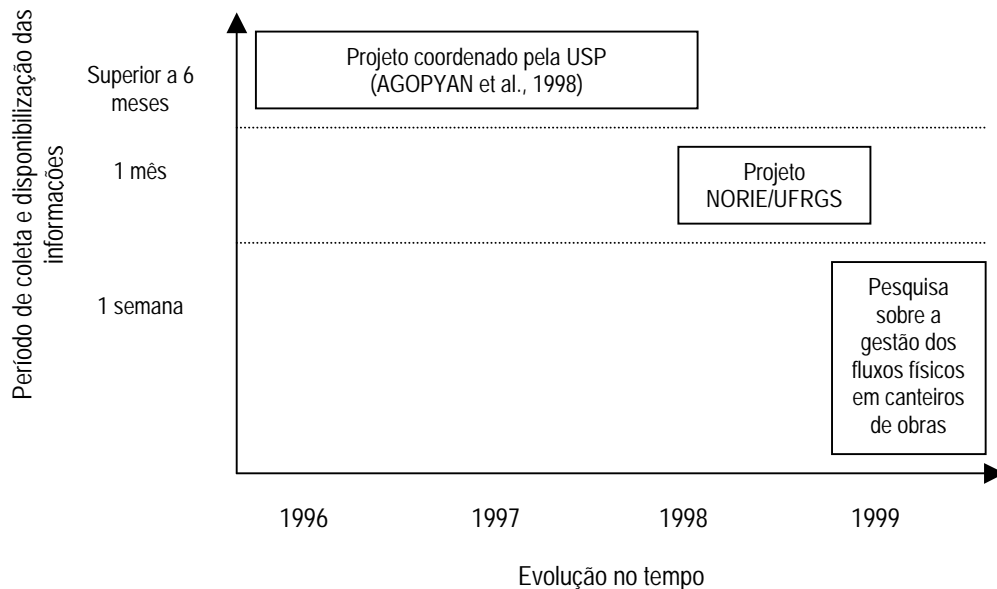


Figura 4.9 – Redução do período de coleta e disponibilização de informações ao longo do tempo

#### 4.3.4.1 Visitas de campo

No início do estudo era realizada uma visita para caracterizar o canteiro e registrar os processos em desenvolvimento. A seguir, a pesquisadora e um auxiliar de pesquisa realizavam visitas semanais à obra durante todo o período do estudo para efetuar a coleta de dados dos processos selecionados para análise bem como, da situação dos fluxos físicos do canteiro.

#### 4.3.4.2 Reuniões do processo de Planejamento e controle da produção

Na segunda etapa, as empresas selecionadas realizavam semanalmente uma reunião para elaboração e avaliação do planejamento semanal de tarefas. Nestas reuniões, eram coletados dados relacionados a realização das tarefas e as causas dos problemas que impediram a conclusão das mesmas. Além disso, os dados relacionados à produtividade dos processos eram coletados nessa ocasião.

É importante destacar que no estudo de caso da Empresa A eram coletados semanalmente dados da produção, os quais eram conduzidos para as reuniões de elaboração e avaliação dos planos semanais. Portanto, no estudo realizado na Empresa A foram utilizadas diversas ferramentas para a apropriação de dados da produção com o objetivo dar transparência aos fluxos físicos para que fossem analisados de forma integrada ao planejamento semanal de tarefas. De forma diferente, no estudo de

caso realizado na Empresa C, a pesquisadora apenas participava das reuniões de planejamento e registrava informações advindas das discussões com a empresa.

#### 4.3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Embora as fontes de evidência estejam descritas separadamente, a análise dos dados provenientes das mesmas aconteceu de forma conjunta para que se obtivesse um registro dos fatos mais próximo da realidade investigada (Figura 4.10).

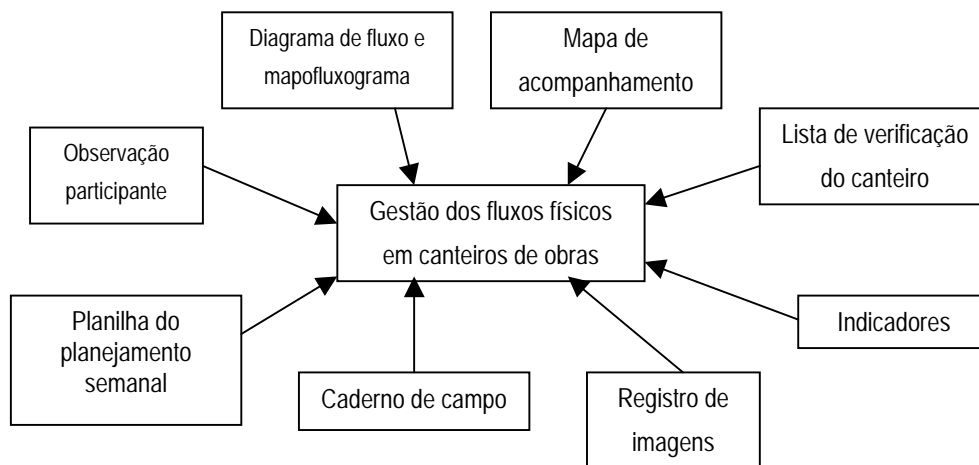


Figura 4.10 – Convergência das diferentes fontes de evidências no estudo da gestão dos fluxos físicos (Baseado em YIN, 1994)

Conforme apresentado na Figura 4.10, as fontes de evidência foram utilizadas de forma que os dados provenientes das mesmas revelassem, após a sua análise conjunta, aspectos relevantes da gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras, possibilitando, assim, a proposição de diretrizes para a gestão dos mesmos.

##### 4.3.5.1 Análise de dados semanal e mensal

Na Empresa A, os dados coletados semanalmente eram processados e analisados pela pesquisadora e um auxiliar de pesquisa. Esses dados eram conduzidos às reuniões de elaboração do planejamento semanal para discussão com a administração da obra. A cada quatro semanas ou um mês, os dados coletados no mesmo período eram processados e organizados em um relatório para serem discutidos com a administração da obra para avaliação da produção no mesmo período. Durante a realização das análises semanais e mensais as informações relacionados aos fluxos físicos foram apresentadas e discutidas objetivando o entendimento de situações ocorridas no canteiro e a análise de possíveis soluções para os problemas detectados através das fontes de evidência.

Na Empresa C, inicialmente, foi feita a caracterização do canteiro e realizado um registro fotográfico para documentar a forma de organização do mesmo e dos processos em desenvolvimento.



Não foram coletados dados da produção, já que a pesquisadora apenas acompanhava as reuniões semanais e mensais do planejamento.

Após a finalização do estudo de caso em cada empresa selecionada, realizava-se uma reunião para fins de avaliação do estudo e análise final das informações sobre a gestão dos fluxos físicos e do desenvolvimento da pesquisa na empresa. Além disso, a pesquisadora organizava os dados coletados e as informações e registrava as conclusões finais do estudo.

#### 4.3.6 PROPOSIÇÃO DAS DIRETRIZES PARA A GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS EM CANTEIROS DE OBRA COM BASE EM ESTUDOS DE CASO

Ao final da realização do estudo de caso, as conclusões da pesquisa em cada empresa eram analisadas novamente, de forma conjunta, com os dados provenientes das fontes de evidência e, assim, as diretrizes para a gestão dos fluxos físicos foram propostas.

É importante ressaltar que a elaboração das diretrizes também devia levar em consideração as informações advindas da revisão bibliográfica, principalmente a partir dos conceitos e princípios relacionados à gestão dos fluxos físicos, estabelecidos pela Nova Filosofia de Produção, conforme apresentado no item 2.6 desta dissertação.

## 5. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentados os resultados dos estudos conduzidos durante o desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente, aborda-se o estudo exploratório, no qual duas obras de empresas da cidade de Porto Alegre foram acompanhadas durante a realização dos trabalhos relacionados ao projeto “Alternativas para a redução de perdas na construção civil”, desenvolvido pelo NORIE/UFRGS em parceria com o SEBRAE/RS. Em seguida, apresenta-se os estudos de caso realizados em duas empresas. Uma delas (Empresa A) participou também do estudo exploratório. É importante ressaltar que, na segunda etapa, ambas as empresas realizavam o planejamento semanal de tarefas, bem como avaliações semanais do plano de curto prazo. Ao final deste capítulo são apresentadas as diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obra com base nos estudos realizados e na revisão bibliográfica.

### 5.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO

#### 5.1.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO – EMPRESA A

##### 5.1.1.1 Descrição da Empresa A

A Empresa A consistia em uma empresa de micro porte<sup>20</sup> que se dedicava às áreas de construção e incorporação de edificações residenciais, bem como construções prediais para terceiros. Esse estudo desenvolveu-se a partir de outubro de 1998 a meados de dezembro do mesmo ano.

A obra analisada consistia em um edifício residencial, situado em Porto Alegre/RS, com uma área construída de 2.326m<sup>2</sup>, distribuídos em um subsolo, térreo, cinco pavimentos tipo e cobertura. A estrutura foi executada em concreto armado e as vedações externas e internas em blocos cerâmicos que obedeciam a um projeto de modulação. Não foram encontrados padrões e especificações utilizados para a condução dos trabalhos. Além disso, a avaliação da conformidade dos processos era feita de forma subjetiva pela administração da obra e pelos subempreiteiros.

Cada pavimento tipo abrigava dois apartamentos. Cada unidade apresentava-se composta por: sala de estar/jantar, sacada, cozinha, área de serviço e dependência de empregada, um banheiro social e três dormitórios, sendo um suíte. No *hall* que separava os dois apartamentos havia dois depósitos condominiais, o acesso às escadas e a um elevador.

A mão-de-obra empregada no canteiro era subempreitada, inclusive o mestre-de-obras. Durante o período de realização do estudo exploratório havia um estagiário na obra, o qual realizava a coleta de dados sobre a produção e participava das reuniões do planejamento semanal. É importante ressaltar que, a empresa já vinha desenvolvendo outros trabalhos na área de Planejamento e Controle

---

<sup>20</sup> A classificação do porte das empresas estudadas foi feita de acordo com os critérios do SEBRAE, descritos no capítulo 4.

da Produção (PCP) com o NORIE e tinha conhecimento do modelo de planejamento proposto por FORMOSO et al. (1999). Contudo, foram verificadas algumas diferenças entre a forma de realização do PCP observada durante o estudo exploratório e o estudo de caso.

A programação da obra estudada encontrava-se detalhada em um cronograma elaborado no pacote computacional *MS Project*, o qual apresentava as relações de precedência entre os diferentes processos, bem como as datas de início e término de cada um deles, para todo o período da obra. Durante a etapa do estudo exploratório, o planejamento de médio prazo era realizado bimestralmente. Os pacotes de trabalho eram especificados, mas ainda não havia a designação destes para as equipes.

No nível operacional, o planejamento seguia em linhas gerais o modelo apresentado no item 3.6.3. A cada sexta-feira acontecia uma reunião com o engenheiro ou estagiário e mestre da obra, na qual era elaborado um plano com as tarefas para a semana seguinte e avaliado o plano da semana corrente. A elaboração do plano era feita com base no cronograma geral da obra, no qual eram observadas as datas de início e término dos processos. Após a preparação do plano semanal, o mesmo era divulgado aos responsáveis pela mão-de-obra subempreitada.

O registro dos processos em andamento, da mão-de-obra empregada, das visitas realizadas ao canteiro e das entregas de material era efetuado em um computador, no próprio canteiro, e organizados em um programa desenvolvido para a elaboração do diário de obra. Contudo, embora fossem feitos registros sobre as entregas de material, o controle do consumo não era efetuado para todos eles. A empresa coletava dados sobre o consumo de alguns materiais para acompanhar a evolução dos custos relacionados a determinados processos.

#### 5.1.1.2 Seleção dos processos analisados e definição dos ciclos de avaliação

O primeiro processo acompanhado foi a elevação de alvenaria, cujo ciclo de avaliação foi igual a um mês, e ocorreu apenas uma vez no estudo. Durante esse período, a empresa coletou dados relacionados ao consumo dos materiais utilizados (blocos e argamassa), bem como a quantidade de horas empregadas pela mão-de-obra para a realização dos trabalhos. Esses dados foram processados pela empresa e fornecidos aos pesquisadores do NORIE sob a forma de gráficos, que apresentavam o consumo dos materiais durante um mês e os índices de referência apontados pelo orçamento. A equipe do NORIE ficou responsável pela coleta e processamento de dados relacionados aos fluxos de materiais e mão-de-obra no canteiro e às práticas observadas no desenvolvimento das atividades.

Após o primeiro mês de estudo, a equipe de pesquisadores avaliou todos os dados coletados, em reuniões para discussões internas, nas quais foram definidas as principais questões a serem abordadas com a empresa. Em seguida, realizou-se uma reunião, na obra, para avaliação dos dados coletados pela empresa e pela equipe de pesquisadores.

A execução de revestimento interno argamassado foi o segundo processo a ser analisado. Durante um mês, a equipe de pesquisadores coletou dados relacionados ao desenvolvimento dos fluxos do referido processo. Nesse ciclo, a Empresa coletou dados relacionados ao consumo de argamassa utilizado para a execução do revestimento, e os processou em uma planilha elaborada no programa *Excel*, a qual foi repassada para a equipe do NORIE. Novamente, os pesquisadores reuniram-se para a realização de discussões internas e estudaram os dados coletados durante o ciclo de avaliação do referido processo.

Após as discussões realizadas pelos pesquisadores do NORIE sobre o único ciclo de avaliação da execução de revestimento interno argamassado, foi elaborado um relatório que apresentava os dados coletados e processados por ambas as partes, empresa e equipe do NORIE. Contudo, deve ser ressaltado que o relatório não continha conclusões à respeito do ciclo de coleta, apenas os dados processados sob a forma de gráficos e diagramas eram apresentados para serem discutidos com a empresa. Por fim, uma reunião foi realizada para que os dados contidos no relatório fossem analisados conjuntamente, pela empresa e pela equipe do NORIE. Nessa reunião, a empresa apontou causas para os problemas indicados nos gráficos e diagramas do relatório.

Deve ser salientado que ainda foram coletados dados pelos pesquisadores do NORIE sobre a execução de revestimento argamassado externo. Entretanto, esses dados não serão considerados para efeito do estudo realizado nessa empresa, pois não foram acompanhados e discutidos como os anteriormente citados.

Ao final do estudo conduzido na Empresa A, os pesquisadores elaboraram um relatório contendo os dados coletados e processados, juntamente com as análises e considerações obtidas nas reuniões realizadas para avaliação dos ciclos de acompanhamento dos processos estudados. Esse documento final foi repassado ao diretor da empresa em uma reunião realizada no NORIE.

#### 5.1.1.3 Diagnóstico inicial

No início da pesquisa, foi realizado o diagnóstico inicial do canteiro, através da utilização da lista de verificação e do registro de imagens, o qual revelou a sua forma de organização (Figuras 5.1 e 5.2). O acesso de caminhões para efetuar o descarregamento dentro da obra não era possível. Em uma das entradas estava localizado o estoque de areia, o qual impedia a entrada de caminhões no canteiro para descarregamento de materiais no subsolo da obra, onde se localizava o almoxarifado e uma betoneira. Na outra entrada, havia um aclive muito íngreme, com inclinação superior a 10%, que dificultava a entrada de caminhões carregados na obra. Este aclive também dificultava o transporte manual ou com auxílio de equipamentos, realizado pelos operários da obra.

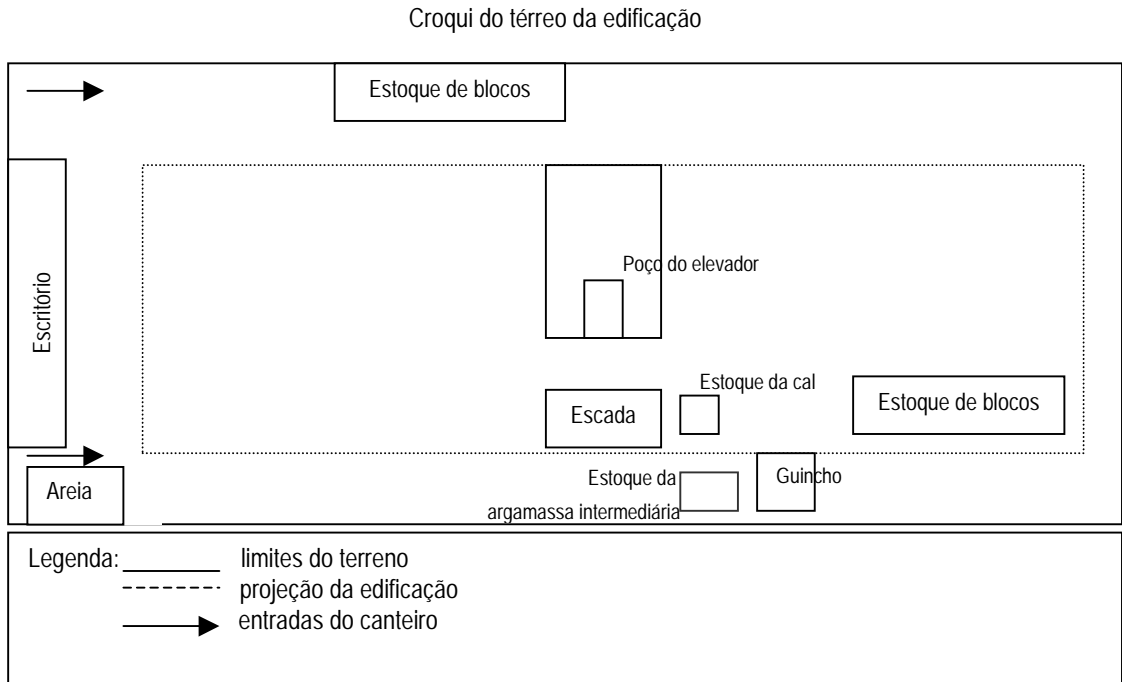


Figura 5.1 – Desenho esquemático do térreo da edificação da Empresa A

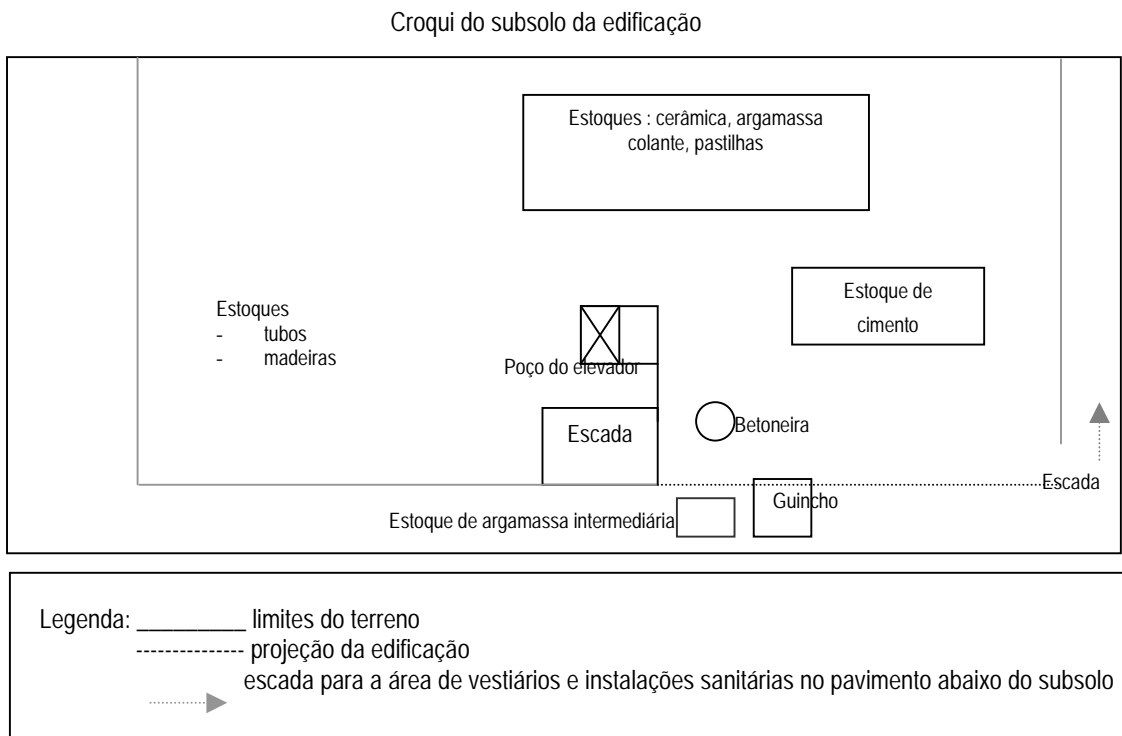


Figura 5.2 – Desenho esquemático do subsolo da edificação da Empresa A

Na Figura 5.1 pode-se observar a disposição dos estoques no térreo, enquanto a Figura 5.2 mostra os estoques situados no subsolo. A betoneira posicionada no subsolo encontrava-se próxima ao guincho (Figura 5.2), e nas proximidades foi observada a existência de um quadro com a indicação dos traços de concreto e argamassa utilizados na obra.

#### 5.1.1.4 Acompanhamento do processo de elevação de alvenaria

Para o estudo da elevação de alvenaria, foi elaborado um diagrama de processo e realizado o registro fotográfico, objetivando um melhor entendimento da forma como o mesmo era executado (Figura 5.3). O diagrama da Figura 5.3 apresenta o acompanhamento do fluxo dos materiais utilizados para a realização do processo.

A análise da Figura 5.3 revela que em torno de 64% das atividades registradas consistiam em transportes e apenas 6% em atividades de conversão, 7% das atividades eram inspeções e os estoques representavam 23% do total de etapas verificadas no processo.

O estoque de areia se encontrava localizado em um dos portões de acesso a obra, e dificultava o transporte de outros materiais para dentro do canteiro. É importante salientar que mesmo o espaço utilizado como via de circulação era ocupado pela areia que ficava espalhada no estoque. O estoque da cal se encontrava coberto com uma lona plástica para evitar que este material fosse atingido pela água da chuva, pois, embora estivesse em local coberto, a parede próxima ao estoque apresentava uma parte aberta. O estoque da argamassa intermediária ficava desprotegido das intempéries e coberto por uma lona.

O transporte do cimento era realizado pelos trabalhadores de forma manual ou com auxílio de carrinhos. Os operários transportavam o material da calçada até o estoque de cimento localizado no subsolo. Durante o descarregamento do caminhão, verificava-se que os trabalhadores da obra eram desmobilizados das tarefas planejadas para realizar essa atividade.

DIAGRAMA DE PROCESSO

Empresa: A Obra: Edifício residencial (Porto Alegre/RS) Processo: Elevação de alvenaria

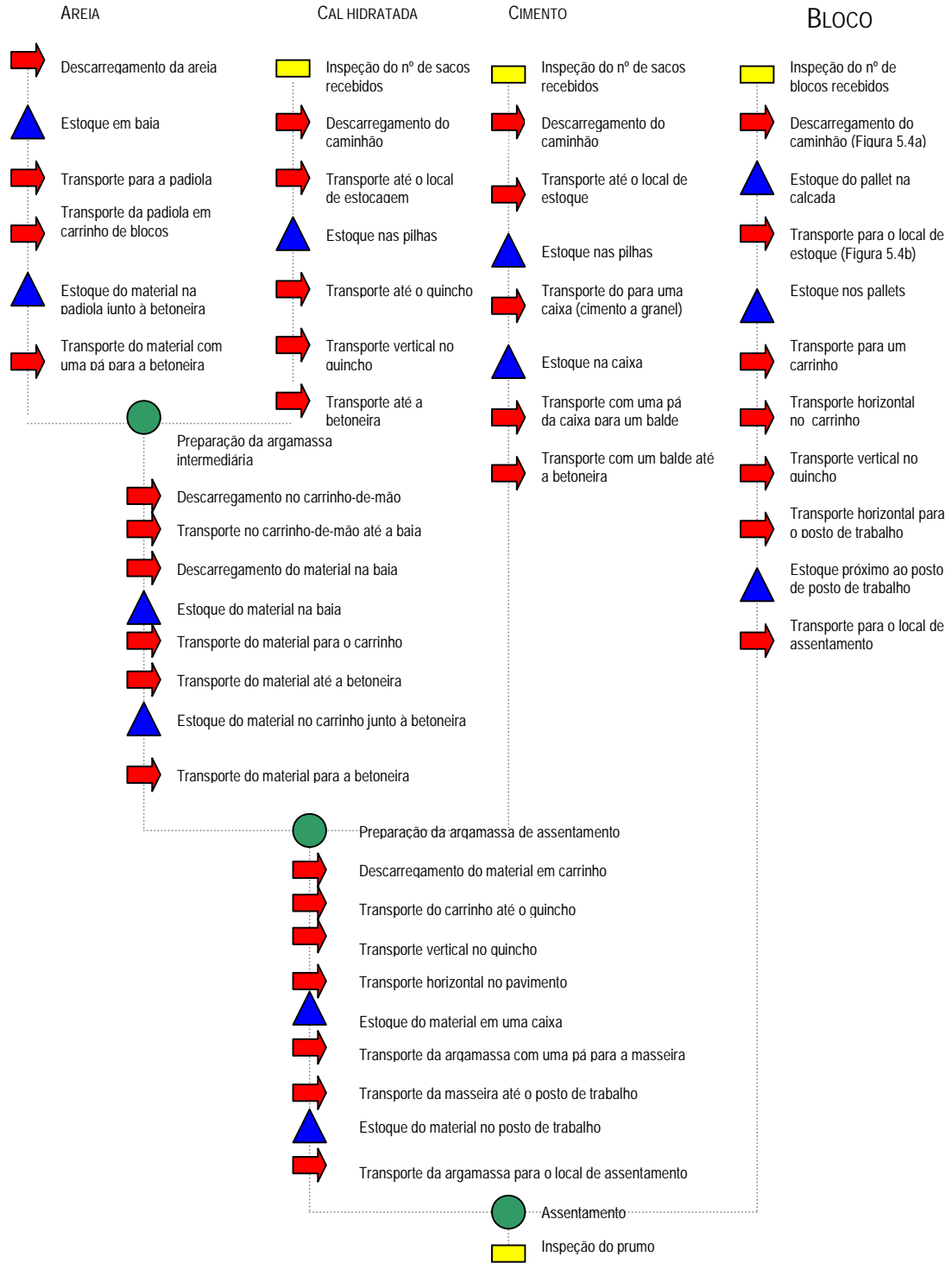


Figura 5.3 – Diagrama de processo para a elevação de alvenaria da Empresa A

De acordo com informação do estagiário da obra, o descarregamento dos blocos acontecia com auxílio de um caminhão dotado de um guindaste ("caminhão *Munck*") quando a carga era constituída dos tipos de blocos mais utilizados na obra. Os *pallets* dispostos na calçada eram, então, transportados para o estoque. O descarregamento dos blocos especiais era realizado manualmente (Figura 5.4a). Os blocos eram colocados em um *pallet* na calçada da obra e, posteriormente, transportados por um operário com auxílio de uma paleteira (Figura 5.4b). Devido ao aclive com inclinação superior a 10%, para efetuar o transporte, o operário necessitava realizar um grande esforço para vencer o desnível. Durante o acompanhamento dessa atividade, verificou-se que vários blocos caíam na subida, pois não estavam presos ao *pallet* nem entre si. O operário encarregado do transporte tentava segurá-los colocando o pé para impedir a queda dos mesmos.



(a)

(b)

Figura 5.4 – Blocos cerâmicos: (a) Descarregamento manual do caminhão (b) Transporte com paleteira para o estoque

Após o transporte, os blocos eram estocados em dois locais diferentes no pavimento, o que não ocorria devido à falta de espaço mas, provavelmente, para separar os diferentes blocos utilizados na obra. Um desses estoques encontrava-se relativamente distante do guincho (ver Figura 5.1). Para realizar o transporte dos blocos do estoque principal para o pavimento, onde ficavam estocados em locais próximos aos postos de trabalho, eram utilizados carrinhos adequados a essa tarefa.

Apesar de realizar o planejamento semanal das atividades, que deveria conter a previsão da utilização de determinados materiais para o desenvolvimento dos processos, verificou-se, durante a observação do processo de elevação de alvenaria, selecionado para ser acompanhado no estudo, que o corte de blocos ocorria nos postos de trabalho por falta de blocos especiais. Ou seja, essa atividade era gerada por falta de planejamento ou previsão adequada da necessidade desse material.

Com relação à argamassa de assentamento, a análise do diagrama revela que havia estoques intermediários desse material nos pavimentos, ocasionando o duplo manuseio do material, que era repassado para uma masseira e conduzido ao posto de trabalho.



A elevada incidência de transportes era decorrente do múltiplo manuseio dos materiais, principalmente da argamassa e dos blocos, e uso inadequado de equipamentos como, por exemplo, a utilização de caixas que abrigavam estoques intermediários de argamassa. Esse problema poderia ter sido sanado através da utilização de carrinhos com masseiras, as quais poderiam ser distribuídas nos postos de trabalho. Além disso, a impossibilidade de entrada de caminhões no canteiro constituía-se em um problema que elevava ainda mais a necessidade de transporte dos materiais para os locais de estoque pelos operários.

Durante esse ciclo de avaliação, a empresa coletou dados sobre o consumo dos materiais (blocos e argamassa) e a quantidade de horas trabalhadas na elevação da alvenaria. Na reunião para discussão dos dados coletados, verificou-se que o consumo de argamassa era controlado pelo número de traços produzidos em um determinado período, os quais eram registrados pelo betoneirista. A produtividade diária dos operários era obtida através da apropriação das horas trabalhadas e da quantidade produzida a cada dia. Porém, para indicar o consumo diário de blocos foi adotado o valor indicado no orçamento para realização de um metro quadrado, ou seja, foi assumido que o consumo diário do material era constante e igual ao valor orçado.

Durante a avaliação dos resultados do primeiro ciclo de coleta, foi ressaltado que muitos dos problemas que ocorriam nos fluxos de material e mão-de-obra deveriam ter sido observados e solucionados durante a fase de projeto (localização do plantão de vendas e escritório). Outros poderiam ser resolvidos através da aquisição de equipamentos adequados para a realização de transportes e estoques dos materiais, bem como através do adequado planejamento dos postos de trabalho e da distribuição de materiais para estes. Ainda com base nas discussões, entre a empresa e os pesquisadores, verificou-se que a obra não possuía um ponto de controle para os blocos cerâmicos, embora apropriasse de forma adequada o consumo da argamassa, as horas trabalhadas e a produção das equipes. Por esse motivo, a análise dos dados relativos ao consumo de blocos resultou em um índice que não representava a realidade da obra. Logo, observa-se que a apropriação de dados da produção exige que sejam feitas considerações sobre as formas de coleta, na qual podem ser utilizadas as ferramentas deste estudo e o estabelecimento de pontos de controle do processo.

#### 5.1.1.5 Acompanhamento do processo execução de revestimento interno

Para iniciar o acompanhamento do segundo processo, um novo diagrama de processo foi elaborado para representar as práticas relacionadas ao manuseio da argamassa utilizada na execução do revestimento interno argamassado. Este diagrama revelou que o tratamento dispensado à argamassa de revestimento era similar àquele dado à argamassa de assentamento da alvenaria. Entretanto, verificou-se o uso de compensados dispostos no chão, os quais abrigavam elevadas quantidades desse material. Posteriormente, a argamassa era transportada para as masseiras com o auxílio de uma pá, que cumpria com a mesma função das caixas utilizadas para a argamassa de assentamento, constituindo-se em estoques intermediários que propiciavam a ocorrência de duplo

manuseio do material. Além disto, a utilização desses compensados não era adequada pois permitia que o material se espalhasse e caísse no chão, exigindo que o operário recolhesse o mesmo. Essa prática gerava uma série de atividades desnecessárias para a realização do processo, provocando também perdas de material.

Durante a elaboração do diagrama de processo e do registro de imagens, os pesquisadores verificaram ainda a ocorrência de restos de argamassa nos pavimentos. A observação indicava que uma parcela do material solicitado não era utilizado, resultando em perdas de material. A equipe de pesquisa do NORIE conduziu uma coleta dos valores da espessura do revestimento executado e constatou que outra parcela do material desperdiçado encontrava-se agregada a obra, devido ao acréscimo de 22% na espessura do revestimento para as áreas molhadas e 74% para as demais áreas. Dentre as causas apontadas para a ocorrência do desperdício estavam: paredes fora de prumo ou de esquadro; paredes e vigas desniveladas e ainda, modificação do projeto.

A Figura 5.5 apresenta um mapofluxograma elaborado durante a observação dos trabalhos relacionados à execução do revestimento interno. Essa figura indica as diferentes formas de desenvolvimento do processo que estava sendo executado por um servente durante a observação. O trabalhador utilizava o banco como apoio e local de estoque para pequenas quantidades de argamassa retiradas de uma caixa localizada no chão, junto ao posto de trabalho. Verificou-se que a desempenadeira também servia para conduzir a argamassa do compensado que a estocava para o posto de trabalho. Devido à falta de padronização do processo e organização do posto de trabalho uma série de atividades desnecessárias acabavam sendo realizadas.

Durante o único ciclo de avaliação desse processo, verificou-se que a empresa realizava o acompanhamento dos materiais utilizados na execução do revestimento argamassado para monitorar a evolução dos custos do processo. Contudo, a empresa não conhecia o real valor das perdas da argamassa que aconteciam na produção, apesar da planilha utilizada para registro dos consumos fornecer o total de áreas executadas ( $m^2$ ) e os volumes de argamassa ( $m^3$ ) utilizados no revestimento das mesmas.

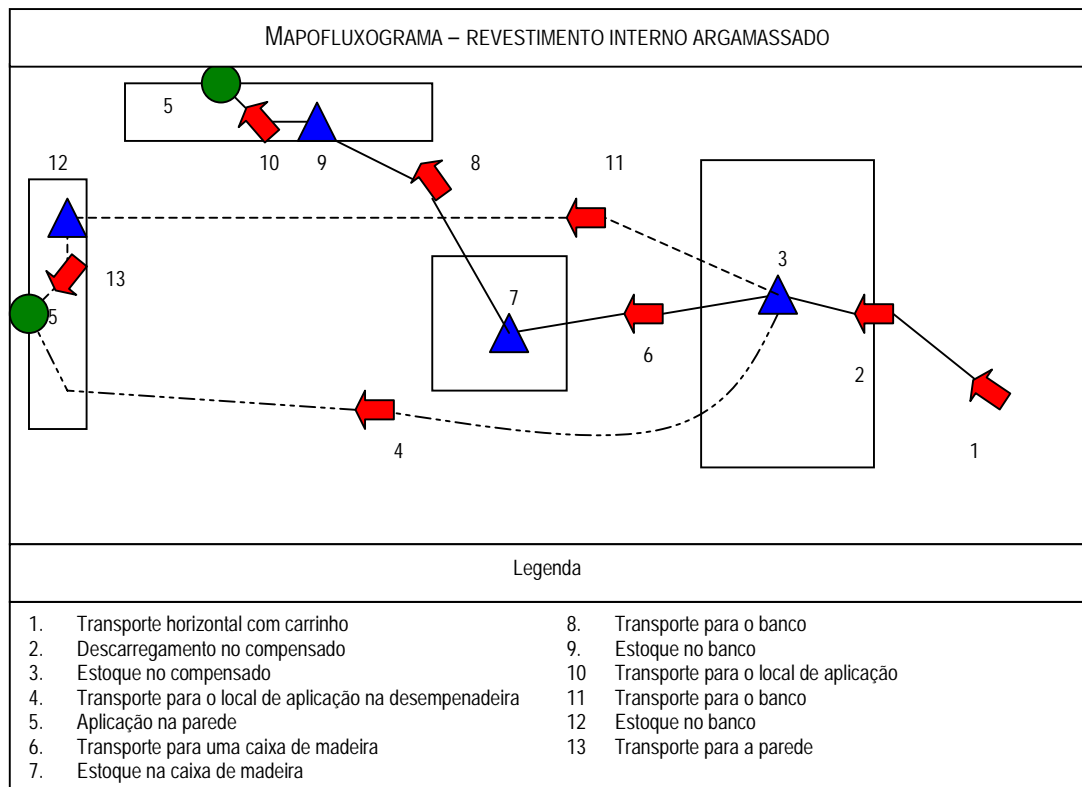


Figura 5.5 – Mapofluxograma – revestimento interno argamassado

#### 5.1.1.6 Considerações sobre a gestão dos fluxos físicos na Empresa A

Com base no estudo realizado na Empresa A, constatou-se que as perdas ocorridas nos fluxos de mão-de-obra e de materiais foram ocasionadas por ações conduzidas em diferentes etapas do empreendimento. Verificou-se que a inadequada disposição de elementos do canteiro, bem como a utilização incorreta de equipamentos e a falta de planejamento do posto de trabalho, ocasionavam atividades que não agregavam valor aos processos e contribuía para a incidência de perdas. Além disso, devido ao transporte de materiais ser efetuado em sua grande maioria pelos próprios operários, esses ficavam envolvidos em atividades que poderiam ter sido evitadas em etapas anteriores à de construção.

Outro problema verificado foi a falta de um sistema de controle dos materiais que detectasse as perdas ocorridas na produção a tempo de atuar corretivamente nas causas dos problemas que geravam o desperdício. Para efetuar o controle dos materiais era necessário o estabelecimento de pontos de controle para acompanhar o consumo dos mesmos e não a adoção dos índices de consumo estabelecidos no orçamento do empreendimento. Deste modo, é importante salientar que as ferramentas utilizadas para a coleta de dados mostraram-se eficientes em caracterizar os processos e detectar pontos de melhoria nos mesmos, apontando os pontos nos quais se verificou a ocorrência de desperdício nos fluxos da produção. Contudo, somente a utilização das ferramentas não foi suficiente

para combater as perdas. A empresa precisava utilizá-las de uma maneira sistemática e integrada ao sistema de planejamento e controle da produção, o que não ocorreu neste estudo.

## 5.1.2 ESTUDO EXPLORATÓRIO – EMPRESA B

### 5.1.2.1 Descrição da Empresa B

Essa empresa era sediada na cidade de Porto Alegre com atuação na área de construção industrial (reformas em hospitais, construção e reformas de galpões industriais). A empresa havia participado de programas de treinamento e melhoria da qualidade, desenvolvidos pelo SEBRAE/RS e era classificada como uma empresa de médio porte.

A obra selecionada para o estudo constituía-se em um galpão industrial com 10.080 m<sup>2</sup> de área construída, situada em Triunfo /RS. As vedações externas, cuja área total de alvenaria representava 7.595m<sup>2</sup>, eram realizadas com blocos de concreto, a estrutura era composta por peças de concreto pré-fabricadas, a cobertura da edificação era composta por estrutura metálica e o piso em concreto. Nesta obra, a empresa trabalhava com mão-de-obra própria e subempreitada.

Durante a realização do estudo, não foi verificada a elaboração do planejamento formal das tarefas que se desenvolviam no canteiro. O controle da mão-de-obra passou a ser efetuado somente após o início da pesquisa através da utilização do cartão de produção, apresentado no Capítulo 4, o qual fornecia os índices de produção e produtividade das equipes. Com relação ao controle dos materiais utilizados nos processos pesquisados, observou-se que havia duas planilhas de acompanhamento para o registro do recebimento e reposição dos blocos, nas quais constavam informações tais como: número de blocos recebidos; número de peças entregues e faltantes ou danificadas; além da data de entrega e número da nota fiscal. Durante o recebimento da argamassa pronta para a elevação da alvenaria e do concreto usinado empregado no contrapiso, não eram verificadas as quantidades fornecidas, sendo o controle efetuado através das notas fiscais. Havia um estagiário na obra, que era responsável pela coleta de dados da produção e o repasse dos mesmos para a equipe de pesquisadores do NORIE.

### 5.1.2.2 Seleção dos processos e definição dos ciclos de avaliação

O estudo dos processos da Empresa B ocorreu a partir do mês de setembro de 1998, até dezembro do mesmo ano. Após uma visita inicial ao canteiro para apresentar a forma de condução da pesquisa ao engenheiro da obra, foi determinada a data para início da coleta de dados referente ao primeiro processo a ser avaliado.

O primeiro ciclo de coleta e avaliação de dados acompanhou o processo de elevação da alvenaria e durou em torno de 45 dias. Nesta fase, a empresa ficou responsável pela apropriação de dados relacionados à produção e produtividade da mão-de-obra e repassou para a equipe do NORIE os cartões de produção preenchidos, conforme modelo apresentado no Capítulo 4, com valores obtidos

em campo. Durante esse período, a equipe do NORIE realizou visitas ao canteiro para caracterizá-lo, além de registrar a forma de desenvolvimento dos trabalhos, através da elaboração de diagramas de processo e registro de imagens. Em seguida, com os dados coletados pela empresa, no período, a equipe do NORIE elaborou gráficos com os valores de produção e produtividade obtidos no processo. Posteriormente, uma reunião com a empresa foi realizada no sentido de analisar e discutir os dados levantados em campo por ambas as partes com o objetivo de entender melhor as informações sobre a obra e os processos estudados. Nesta reunião foram utilizados gráficos, imagens e informações levantadas com a aplicação de listas de verificação e diagrama de processo. Deve ser salientado que, após o primeiro ciclo de coleta desse processo, os dados ainda continuaram sendo coletados pela empresa por mais um mês. Contudo, esses últimos dados somente foram analisados e apresentados em um relatório interno para discussão, e não foram discutidos com a empresa. Nesta dissertação são considerados todos os dados coletados pela empresa, neste ciclo.

O segundo ciclo de avaliação, que durou aproximadamente quatro semanas, envolveu o processo de execução de contrapiso com concreto usinado. Nesta dissertação, esse ciclo não será discutido pois a autora desse trabalho não participou das visitas ao canteiro, mas apenas das reuniões de análise e discussão dos resultados, envolvendo pesquisadores do NORIE e representantes da empresa.

#### 5.1.2.3 Diagnóstico inicial

A realização do diagnóstico inicial, através da utilização da lista de verificação do canteiro, abordada no Capítulo 4, registrou as características da obra em estudo. A Figura 5.6 apresenta de forma esquemática a organização do canteiro. Observou-se que havia um acesso para a entrada de caminhões, os quais descarregavam cimento e aditivo em um local fechado, que se situava distante da edificação, e os materiais a granel, areia, brita e argamassa pronta, eram descarregados em local próximo à betoneira. No caso dos blocos de concreto, esses eram descarregados em *pallets*, dispostos nas laterais da edificação.

O posto de produção de argamassa, bem como os estoques de agregados e de argamassa pronta encontravam-se desprotegidos das intempéries e localizados na parte central de uma das laterais do prédio. Não foi encontrado um quadro com especificação dos traços utilizados na obra junto à betoneira. Além disso, não havia vias de circulação definidas entre os locais de estoque dos materiais e os pontos de utilização destes. As instalações sanitárias encontravam-se a uma distância superior a 150m do prédio em construção.

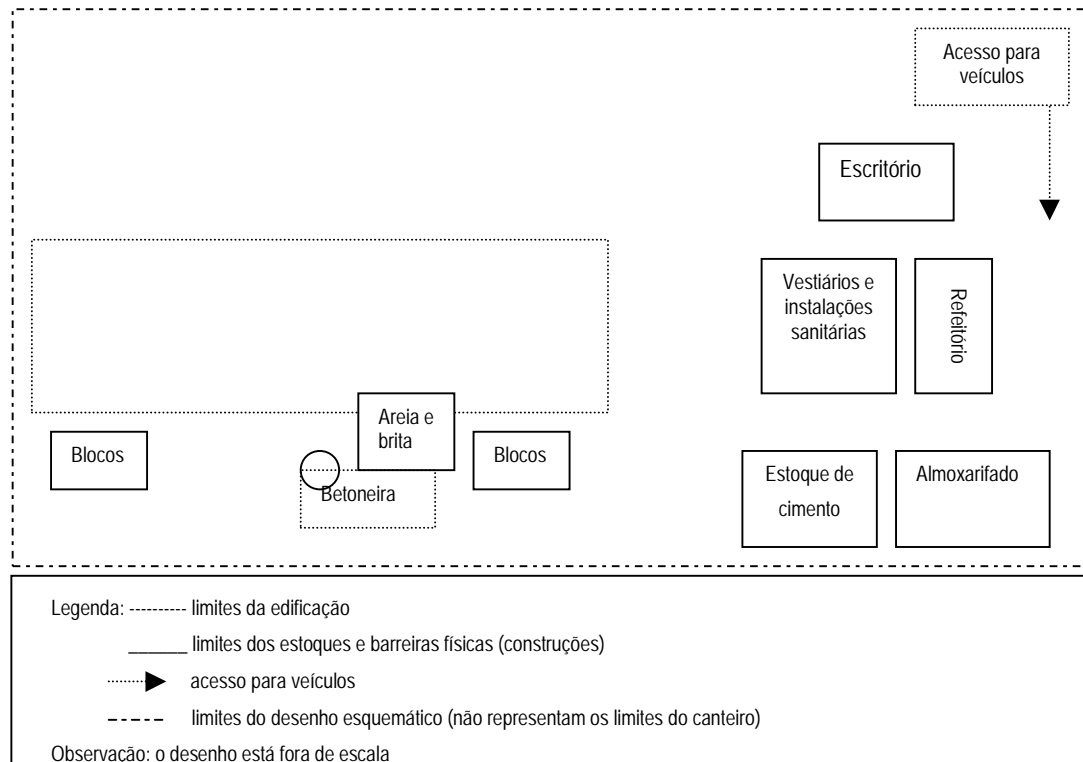


Figura 5.6 – Desenho esquemático do canteiro de obras da Empresa B<sup>21</sup>

#### 5.1.2.4 Acompanhamento do processo de elevação de alvenaria

Durante as visitas para coleta de dados, realizada pelos pesquisadores do NORIE, foi elaborado um diagrama de processo para registrar a forma como a elevação de alvenaria era desenvolvida. Simultaneamente à elaboração do diagrama, foi feito um registro fotográfico das práticas e atividades observadas. A análise do diagrama de processo foi realizada juntamente com as fotos.

De acordo com o diagrama da Figura 5.7, pode-se verificar a ocorrência de um elevado número de atividades de fluxo. As atividades de transporte representam em torno de 67% do total, enquanto as conversões constituem-se em aproximadamente 5% das atividades e as inspeções 7%. Observa-se a incidência de múltiplo manuseio com todos os materiais, fato que contribuiu para elevar o número de atividades que não agregam valor ao produto final. A análise desse diagrama revela algumas práticas tais como o transporte de argamassa de um estoque intermediário para um carrinho com uma colher de pedreiro e, também, o transporte do cimento do estoque para a betoneira por uma retroescavadeira.

O descarregamento dos blocos era realizado com auxílio de um caminhão dotado de um guindaste que transportava os *pallets* até o solo. Essa prática reduzia a incidência de atividades que não agregavam valor ao produto. Entretanto, para o transporte dos blocos do estoque até o posto de

trabalho era utilizado um carrinho-de-mão, para o qual os blocos eram carregados um a um pelos operários, ou seja, o transporte de blocos dentro da obra não utilizava os *pallets* (Figura 5.8a).

Com relação ao transporte vertical dos blocos, observou-se que esse acontecia de duas formas distintas, conforme a altura. Na Figura 5.8b verifica-se o operário transportando manualmente os blocos para um andaime. A outra solução adotada para vencer a diferença de altura entre o estoque e o posto era através de um conjunto de corda e roldana, o qual conduzia um a um os blocos para o posto de trabalho. Por sua vez, para ser transportada verticalmente, a argamassa era repassada do carrinho para um balde, que era suspenso pelo conjunto de corda e roldana e conduzida até o posto de trabalho.

Da mesma forma que se observou a necessidade de produção de argamassa no canteiro por falta do material, verificou-se também restos de argamassa não utilizados. Constatou-se, através da observação em campo e das reuniões com a empresa, que havia uma dificuldade na programação da entrega desse insumo devido às variações na produção do processo de elevação de alvenaria. A baixa previsibilidade da produção ocasionava problemas no fornecimento da argamassa, que acabava sendo produzida no canteiro e, ainda, a falta de planejamento adequado dos meios de transporte dos materiais ocasionava mais variações no fluxo produtivo. Deste modo, a falta de estabilidade do processo ocasionava variabilidade na produção e, conseqüentemente, a presença de atividades que não agregavam valor ao produto final.

---

<sup>21</sup> O desenho esquemático do canteiro da Empresa B apresenta apenas a disposição dos elementos que faziam parte do mesmo e, que se encontravam junto à edificação. Em outras áreas do terreno, com 233.320 m<sup>2</sup>, não foi observada a existência de construções ou estoques relacionados à obra.

DIAGRAMA DE PROCESSO

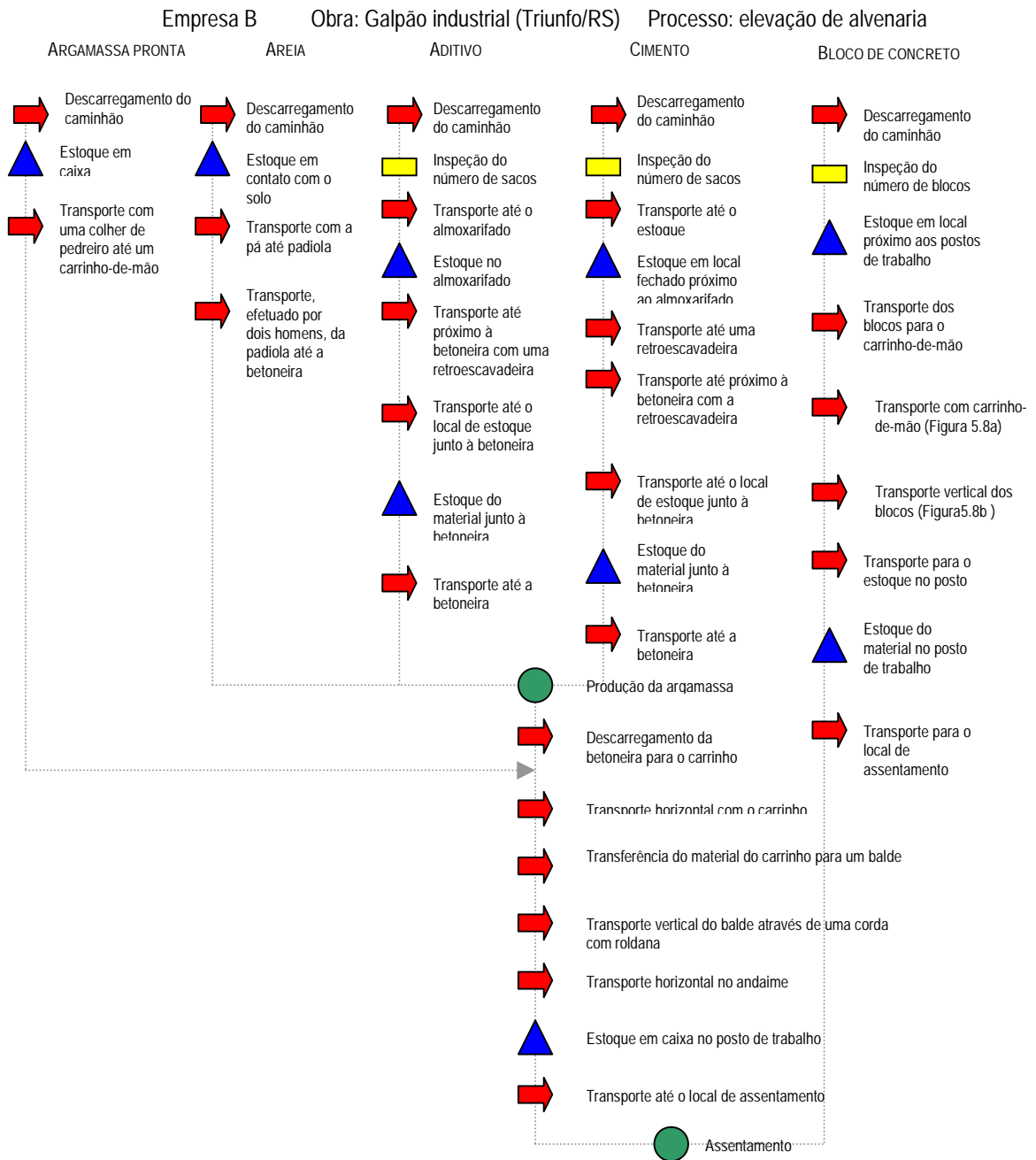


Figura 5.7 –Diagrama de processo da elevação da alvenaria (Empresa B)





Figura 5.8 – Transporte de blocos: (a) transporte para o posto de trabalho; (b) colocação dos blocos em andaime

Nesse processo havia quatro subempreiteiros conduzindo os trabalhos, sendo que um deles atuava de forma conjunta com a Empresa B, a qual também era responsável por outras atividades tais como: montagem de andaimes, produção de argamassa e algumas vezes pela execução de retrabalhos. Os dados coletados pela empresa relacionados à produção do processo por equipes estão indicados na Figura 5.9a. A Figura 5.9b revela a produtividade dos pedreiros de cada subempreiteiro.

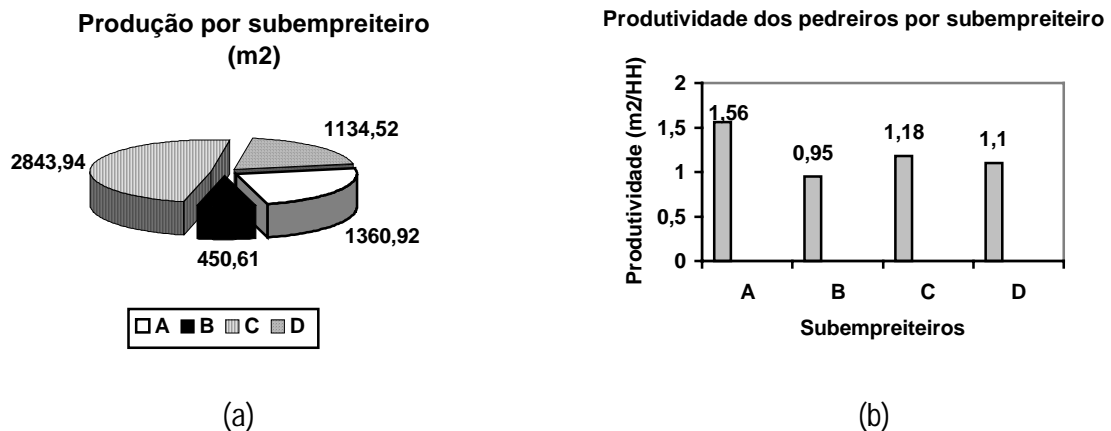


Figura 5.9 – Dados do processo (a) produção por subempreiteiro no período pesquisado; (b) produtividade dos pedreiros por subempreiteiro no período analisado

A análise dos valores da Figura 5.9a indica o subempreiteiro C como aquele que apresentou maior produção quando comparado aos demais. Entretanto, a Figura 5.9b revela que o melhor índice de produtividade foi alcançado pelo subempreiteiro A. Foi informado pela empresa que a equipe com melhor qualidade nos serviços executados era a do subempreiteiro D. Deste modo, a empresa verificou que, além de avaliar a produção, fazia-se necessária a observação da produtividade como forma de avaliar os subcontratados. Essa constatação chamou a atenção da Empresa B para o fato de que a avaliação de um processo deve considerar não somente os índices de produção e produtividade mas a sua eficiência global, que deve levar em conta, entre outros aspectos, a utilização eficiente dos

materiais e a qualidade dos serviços prestados. Além disso, a análise desses índices deveria avaliar o grau de dificuldade de produção para cada subempreiteiro e qual era o número de trabalhadores empregados na produção. Ao fazer uma análise dessa forma, a Empresa B poderia avaliar melhor a eficiência do processo e dos subcontratados.

Outro aspecto que pôde ser verificado através da análise das Figuras 5.9a e 5.9b é que a baixa produção da Empresa B pôde ser explicada, em parte, pelo baixo índice de produtividade dos seus pedreiros. A Empresa B, durante a realização da reunião de avaliação, destacou que os pedreiros de sua equipe acabavam realizando o trabalho dos serventes devido à uma baixa proporção de serventes em relação aos pedreiros. Isso contribuía para que os pedreiros realizassem trabalhos que não necessitavam de qualificação e, desta forma, tivessem a sua produtividade reduzida.

É importante destacar, no acompanhamento desse processo, que a própria empresa coletou dados relacionados à sua produção com auxílio de ferramentas de fácil utilização e compreensão. Além disso, os pesquisadores constataram o interesse da empresa na discussão e avaliação dos dados obtidos, buscando identificar as causas dos problemas. Isso demonstra o potencial de utilização das ferramentas empregadas pela empresa no acompanhamento dos processos. O registro de imagens e os diagramas também forneceram uma visão geral da forma como o processo desenvolvia-se e auxiliaram na discussão dos índices coletados.

#### 5.1.2.5 Considerações sobre a gestão dos fluxos físicos na Empresa B

A Empresa B apresentou problemas relacionados à falta de planejamento do canteiro de obras, além da falta de planejamento dos postos e equipes de trabalho. A má utilização de equipamentos de transporte aliada às dificuldades de movimentação dos materiais e à adoção de práticas pouco produtivas, no caso do processo de alvenaria, em alturas elevadas, foi responsável por um expressivo número de atividades que não eram necessárias para a realização dos trabalhos. Por sua vez, a variabilidade desse processo ocasionava a falta de previsão da argamassa, o que exigia a sua fabricação no canteiro, gerando uma série de atividades que não ocorreriam caso fosse utilizada apenas a argamassa pronta.

Porém, deve ser ressaltado que essas conclusões só foram possíveis de serem obtidas devido às ferramentas utilizadas para a realização do acompanhamento da produção, as quais se mostraram de fácil uso e compreensão. Contudo, apesar da transparência que as ferramentas propiciaram à produção, não se verificou a implementação de atitudes relacionadas ao controle. Além disso, verificou-se que, para que existisse um controle efetivo do processo, o mesmo deveria ser acompanhado através da realização de ciclos de coletas, avaliação e implementação de melhorias em um curto espaço de tempo para que as perdas fossem combatidas.

### 5.1.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O ESTUDO EXPLORATÓRIO

De acordo com os trabalhos realizados na fase de estudo exploratório, verificou-se que as empresas não dispensavam a atenção necessária ao planejamento dos fluxos físicos das suas obras. Constatou-se que a falta de consideração adequada dos fluxos físicos, em diferentes etapas do processo de realização de um empreendimento (projeto, planejamento e controle da produção e produção em si), ocasionava perdas nos fluxos de mão-de-obra e de materiais.

As ferramentas utilizadas e as discussões com as empresas apontaram problemas como a falta de planejamento do *layout* do canteiro e dos postos de trabalho, da seqüência de execução dos processos e da utilização racional de equipamentos e ferramentas de trabalho. Essa omissão resultava em variabilidade nos processos, a qual adicionava um tempo extra para a realização dos trabalhos e podia contribuir para a redução da produtividade das equipes, além de aumentar a incerteza, dificultando o planejamento das tarefas e o fornecimento de suprimentos para o canteiro.

Contudo, foi observado que, apesar dos dados coletados e discutidos com as empresas terem fornecido um panorama geral dos processos analisados, esses não faziam parte de uma rotina dentro da empresa. Além disso, o ciclo de coleta dos dados foi extenso o que dificultava a introdução de ações corretivas antes da conclusão do processo. Desta forma, verificou-se que as ferramentas empregadas, apesar de serem de fácil uso e propiciarem transparência aos fluxos físicos da produção, deviam estar relacionadas a ciclos curtos dentro processo de planejamento e controle da produção, visando à eliminação das perdas nos fluxos que se desenvolviam no canteiro. Além disso, os dados relacionados aos fluxos físicos e controle das perdas podiam ser utilizados no processo planejamento e controle da produção.

Com base nessas constatações, foi identificado o foco da pesquisa desta dissertação: “a necessidade do gerenciamento dos fluxos físicos, de forma integrada ao processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) como uma forma de combater as perdas na produção”. Essa constituiu-se na grande contribuição da etapa de estudo exploratório. Após a identificação do foco da pesquisa, passou-se a estudar formas de realizar a integração entre a gestão dos fluxos físicos e o PCP. Uma das formas de conduzir essa integração foi identificada como sendo a utilização sistemática das ferramentas que proporcionaram transparência à produção e, principalmente, através da proposição de diretrizes, a serem utilizadas dentro do PCP, para a gestão dos fluxos físicos.

## 5.2 ESTUDOS DE CASO

### 5.2.1 ESTUDO DE CASO – EMPRESA A

A obra pesquisada na Empresa A foi a mesma estudada durante os trabalhos do Projeto Perdas, a qual teve as suas características descritas nos itens 5.1.1.1 e 5.1.1.2.

### 5.2.1.1 Seleção dos processos a serem acompanhados e definição dos ciclos de avaliação

Inicialmente, foi escolhido o processo de assentamento de piso com cerâmica e granito. Entretanto, a pedido da empresa, também foram coletados e processados, sob a forma de gráficos, dados relacionados à execução do revestimento de fachadas com pastilhas e ao planejamento semanal de tarefas, pois o engenheiro da obra tinha interesse em acompanhar a evolução destes ao longo do tempo. Ao final do estudo de caso na Empresa A, nas duas últimas semanas, foram analisados o assentamento de piso de basalto e a movimentação de equipes e materiais na execução das tarefas relacionadas às piscinas, situadas nos apartamentos da cobertura.

Os ciclos de coleta e processamento de dados, definidos no método de pesquisa, tinham periodicidade semanal, a mesma do planejamento de curto prazo na Empresa A. Os dados coletados eram processados sob a forma de gráficos, fotos, diagramas de fluxo e mapofluxogramas visando dar transparência aos fluxos físicos da produção. As informações disponíveis eram avaliadas e discutidas com o engenheiro e o mestre-de-obras, para que as mesmas fossem consideradas na elaboração dos planos semanais. As reuniões, bem como as visitas de campo, eram documentadas no caderno de campo da pesquisadora.

Durante todo o período do estudo, a pesquisadora e um auxiliar de pesquisa realizavam visitas ao canteiro de obras. Essas visitas para coleta de dados eram realizadas em qualquer dia da semana. Porém, às quintas-feiras ocorria obrigatoriamente uma visita no período da tarde, com o objetivo coletar dados para serem discutidos na reunião de avaliação do plano da semana corrente e elaboração do plano da semana seguinte, realizada às sextas-feiras.

Conforme descrito no item 4.3.5.1, do método de pesquisa, ao final de cada quatro semanas era elaborado um relatório contendo os dados coletados ao longo do período, bem como as informações advindas de discussões com a administração da obra e de observações das reuniões e das visitas de campo. O estudo realizado no período de 14 de junho à 24 de setembro de 1999, compreendeu 14 ciclos de coleta e avaliação semanais (na semana de 13 à 17 de setembro a reunião do planejamento não aconteceu, apenas a coleta de dados em campo) e 3 ciclos de avaliação quadri-semanal. Ao final do estudo, foi elaborado um relatório contendo as principais conclusões sobre a pesquisa, o qual foi analisado e discutido com o engenheiro da obra, em uma reunião de encerramento dos trabalhos da pesquisadora na obra acompanhada.

### 5.2.1.2 Acompanhamento do planejamento semanal

Durante o acompanhamento das reuniões semanais, eram registrados o indicador PPC (Percentual de Planos Completos) e as causas que impediam a realização das tarefas planejadas. A observação desses pode auxiliar no entendimento do processo de planejamento e controle da produção praticado pela empresa, bem como indicar pontos nos quais devem ser realizadas melhorias na produção, no processo de planejamento e nas relações com os fornecedores.

Conforme descrito no item 5.1.1.1, para elaboração do plano semanal, o engenheiro da obra tinha como base o plano da semana anterior e um cronograma de barras elaborado no *MS Project*, o qual fornecia as datas de início e término dos processos.

O planejamento de tarefas reservas não era realizado. Quando havia necessidade de realização de uma tarefa extra, essa era decidida pelo mestre no momento em que uma tarefa planejada não podia ser executada. Deste modo, quando ocorria um problema com uma tarefa do plano semanal, o mestre fazia a solicitação dos recursos para a execução das tarefas que substituíam as planejadas, e a mão-de-obra aguardava até que os mesmos estivessem disponíveis para a condução dos trabalhos.

Outro aspecto observado, durante as reuniões do planejamento semanal, é que a Empresa A não levava em consideração indicadores de consumo de mão-de-obra e materiais para a elaboração de novos planos. A capacidade produtiva das equipes era desconhecida e não ocorria o acompanhamento da produção e produtividade das equipes. O monitoramento do consumo dos materiais utilizados era realizado pelo guincheiro que também exercia a função de betoneirista e fornecia, a cada reunião do planejamento semanal, as quantidades de material consumidas<sup>22</sup>. Com relação aos materiais, o engenheiro verificava junto com o mestre da obra a necessidade de aquisição de materiais e fazia uma relação daqueles que deviam ser disponibilizados para as tarefas previstas no plano. Deve-se ser salientado que as tarefas incluídas no plano deveriam ter todos os materiais necessários para a sua execução já disponíveis no canteiro. Contudo, isto nem sempre era levado em conta. É importante ressaltar que, durante a realização do estudo de caso, não foi verificada a elaboração do plano de médio prazo. O engenheiro responsável pela obra alegava falta de tempo para a realização do mesmo.

Durante o período de realização do estudo o indicador Percentual de Planos Completos (PPC) variou entre 45% e 79%, ficando a sua média em torno de 68%. O valor máximo observado no período foi próximo a 80%, o que mostrava o potencial de eficácia que o processo de planejamento e controle da produção podia alcançar, caso os requisitos de qualidade (definição, dimensionamento, confiabilidade, seqüência e aprendizado) fossem considerados para a seleção das tarefas incluídas no plano.

Os problemas que ocorriam na produção eram classificados em cinco classes principais: falha no planejamento, falta de mão-de-obra, falta de material, condições adversas do tempo e baixa produtividade. A principal causa que resultou na não realização das tarefas foram as falhas no planejamento, responsáveis por 31% dos problemas. Em seguida, a falta de mão-de-obra e a falta de materiais, respectivamente, ocasionaram 30,5% e 16,7% das ocorrências que impediram a execução das tarefas. Durante o acompanhamento das reuniões do planejamento semanal, foi constatado que os

---

<sup>22</sup> O betoneirista fornecia as quantidades semanalmente consumidas de alguns materiais: cerâmica e granito para piso, pastilha, argamassa colante e argamassa produzida em obra.

requisitos de qualidade para a elaboração dos planos nem sempre eram observados e que, além disso, os fluxos físicos não eram sequer monitorados. A falta de atuação nas causas dos problemas fazia com que esses ocorressem repetidas vezes e interrompessem os fluxos produtivos.

### 5.2.1.3 Acompanhamento do processo de assentamento de piso

O processo assentamento de piso foi escolhido para ser acompanhado desde o início do estudo de caso. Deve ser destacado que para a execução do piso foram utilizados materiais diferentes: nas cozinhas e áreas de serviço era utilizado o granito; nos banheiros, dependências de empregada e sacadas foram utilizados dois tipos de cerâmica, um para os dois primeiros ambientes e um outro para as sacadas. O registro da forma como o processo desenvolvia-se no canteiro era realizado pela pesquisadora e um auxiliar de pesquisa, através do registro de imagens, do mapa de acompanhamento, e da elaboração de diagramas e mapofluxogramas.

A mão-de-obra empregada na execução do piso era subempreitada. Como a Empresa A não realizava o controle das horas trabalhadas pela mão-de-obra, não havia dados sobre a produtividade do processo. Os materiais eram fornecidos pela Empresa A e os equipamentos e ferramentas utilizados pelos operários eram fornecidos pela empresa subcontratada.

#### (a) Acompanhamento da produção do processo de assentamento de piso

Durante o período de execução do processo assentamento de piso (cerâmica e granito), um mapa de acompanhamento foi utilizado para registrar as áreas executadas com os dois tipos de materiais empregados (Figura 5.10). Nas células que compõem o mapa verifica-se a existência de valores que representam as áreas de piso executadas medidas "*in loco*". Esses valores eram utilizados para acompanhar a evolução da produção do processo a cada semana.

O mapa de acompanhamento era atualizado às quintas-feiras à tarde e levado para ser analisado na reunião de planejamento semanal, que ocorria às sextas-feiras pela manhã. Esse registro era utilizado para verificar quais as áreas que haviam sido executadas durante a semana corrente e determinar aquelas que deveriam ser executadas na semana seguinte. Além disso, com base na produção de uma semana, indicada no mapa, era verificado se a quantidade planejada para ser produzida na semana seguinte era viável de ser executada. Além de indicar as áreas executadas a cada semana, identificadas por células com cores e padrões diferenciados, o mapa indicava de forma transparente o fluxo de mão-de-obra. A análise da Figura 5.10 revela que a execução do processo não obedeceu a uma seqüência, ou seja, não se verifica a existência de um padrão previamente definido para a realização do mesmo, tal como a execução de todo um pavimento por semana<sup>23</sup>, privilegiando a terminalidade, ou a execução de todos os ambientes similares a cada semana, o que poderia proporcionar continuidade e ganhos com o efeito aprendido.

---

<sup>23</sup> O apartamento 201 foi todo concluído em um mesmo período pois representava o apartamento modelo do edifício, o qual era apresentado para os clientes que visitavam o canteiro e servia de padrão para os demais processos.

As áreas planejadas para receberem o piso, a cada semana, eram selecionadas com base nas áreas onde o processo de impermeabilização havia sido executado, testado e aprovado. Desta forma, observa-se que a seqüência de execução do piso estava diretamente relacionada à seqüência de realização da impermeabilização que não havia sido planejada de forma adequada.

#### Empresa A









Obra: Porto Alegre/RS

Processo: Revestimento cerâmico - Piso

Período de acompanhamento: 18/06/99 à 29/07/99

Mapa de acompanhamento										
Peça	Apartamento									
	201	202	301	302	401	402	501	502	601	602
BWC social		3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
BWC casal		2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
BWC serviço		2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Dependência empregada		4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Área serviço		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Cozinha		9,7	9,7	9,7	9,7	80% *	9,7	9,7	9,7	9,7
Sacada		11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
BWC Cobertura										

Legenda:

	Executado - apartamento padrão
	Executado no período de 18/06/99 à 24/06/99
	Executado no período de 25/06/99 à 01/07/99
	Executado no período de 02/07/99 à 08/07/99
	80% desta atividade foi executado na semana de 25/06/99 à 01/07/99
	Executado no período de 09/07/99 à 15/07/99
	Executado no período de 16/07/99 à 22/07/99
	Executado no período de 23/07/99 à 29/07/99

(Observação: A cozinha do apartamento 402 teve 80% da sua área executada na semana de 25/06/99 à 01/07/99 e os 20 % restantes na semana de 02/07/99 à 08/07/99)

Figura 5.10 – Mapa de acompanhamento do processo de assentamento de piso nos pavimentos tipo

A seqüência de execução dos processos impermeabilização (que estava relacionado ao processo de execução de contrapiso em alguns locais) e execução de piso também pode ser apontada como um dos problemas responsáveis pelo excessivo manuseio que ocorria com as peças cerâmicas. Essas, retornavam ao almoxarifado quando não eram utilizadas, pois não se tinha conhecimento de quais ambientes deviam ser executados na semana seguinte. Desta forma, a falta de planejamento além de ocasionar problemas com o fluxo de material, causava problemas ao fluxo de mão-de-obra, pois os trabalhadores envolvidos com o transporte das peças realizavam um trabalho que poderia ser evitado, e os oficiais que realizavam o assentamento não obtinham ganhos de produtividade com a continuidade de tarefas similares. Além disso, as equipes retornavam até três vezes ao mesmo pavimento para executar os ambientes que não haviam sido executados, o que podia ocasionar interferências entre as equipes que realizavam outros trabalhos no local. Essa seqüência de execução

dos ambientes, de forma desordenada, diminuía a transparência do processo e deste modo, dificultava o controle da produção.

Além dos problemas de dependência entre os processos de assentamento de piso e impermeabilização, constatou-se nas visitas e nas discussões das reuniões do planejamento semanal que uma interferência estava ocorrendo entre as equipes do gesso e do assentamento do piso. A colocação de gesso no teto dos apartamentos deveria ter sido executada antes do processo de assentamento do piso. Entretanto, de acordo com o engenheiro da obra, devido a atrasos na colocação do gesso e a necessidade de iniciar os processos de impermeabilização e piso, as interferências entre estes acabaram acontecendo e tiveram a sua ocorrência prevista no planejamento. Porém, nada foi feito para atenuar os efeitos nocivos dessas interferências.

No gráfico apresentado na Figura 5.11, elaborado com base nos dados do mapa de acompanhamento, verifica-se a variação na produção semanal do processo de assentamento de piso para os materiais granito e cerâmica. A produção do assentamento de piso com cerâmica encontra-se separada em duas curvas em função dos materiais utilizados. As peças utilizadas na execução dos banheiros e dependências de empregada tinham dimensões 30 cm x 30 cm, assentadas paralelamente às paredes desses ambientes. Já a execução das sacadas apresentava peças com dois tamanhos, 15 cm x 15 cm e 30 cm x 30 cm, as quais eram dispostas de acordo com um desenho elaborado pela arquiteta da obra.

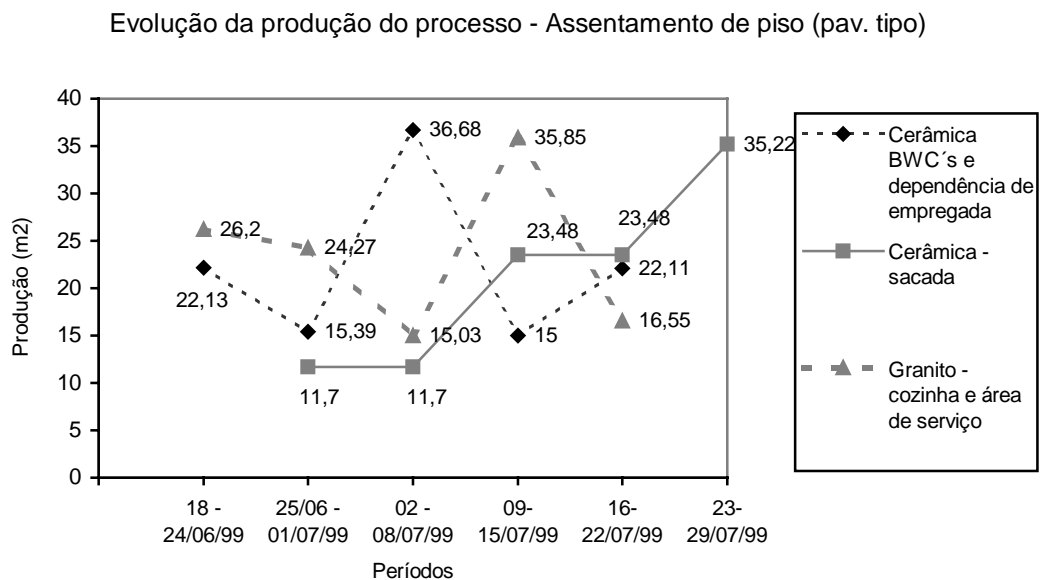


Figura 5.11 – Evolução da produção do processo de assentamento de piso nos pavimentos tipo

Pode-se constatar através da análise da Figura 5.11 que a produção semanal do granito e da cerâmica dos banheiros e dependências variou bastante ao longo das semanas. Com relação às



sacadas, verifica-se um crescimento na produção desse ambiente que teve os trabalhos iniciados uma semana após os demais processos do piso.

Dados relacionados à produtividade não foram coletados, pois não foram apropriados os totais de horas homem empregados no processo. Entretanto, verificou-se, através de conversas com o mestre e com os pedreiros, que o grau de dificuldade de execução do piso da sacada aumentava o tempo gasto para o assentamento do piso nesses locais quando comparado aos demais ambientes que receberam a cerâmica.

A análise das informações sobre a produção desse processo indicam a ocorrência de variabilidade na produção e, como conseqüência, uma tendência a aumentar o grau de interferências entre equipes e a incidência de atividades que não agregavam valor ao produto final. O planejamento de tarefas no nível operacional, baseado somente nas datas de início e término estabelecidas pelo plano de longo prazo, acabou ocasionando variabilidade no processo de assentamento de piso. Deste modo, pode-se constatar a importância da realização do planejamento de médio prazo, no qual devem ser tomadas decisões relacionadas ao fluxo de trabalho de forma a manter a sua continuidade. A estabilidade dos fluxos de trabalho podia ter sido alcançada através da elaboração do planejamento *lookahead*, no qual seriam identificados os processos programados para acontecerem no mesmo período e analisadas as possíveis interferências entre eles. Além disso, no plano de médio prazo, poderiam ter sido estabelecidas as seqüências de execução da impermeabilização de forma que todo um pavimento ou todos os ambientes de um mesmo tipo fossem liberados por vez. Deste modo, a cada semana, os pacotes de trabalho deveriam ser executados na ordem estabelecida no plano de médio prazo. Também é importante destacar a importância que as decisões de projeto têm na produção. Conforme apresentado anteriormente, a execução das sacadas, cujo projeto de execução previa a utilização de peças com diferentes tamanhos e um desenho diferenciado, necessitava de uma maior parcela de tempo para ser executada que as demais.

Assim sendo, deve ser destacada a importância do planejamento dos diferentes processos que compõem a obra e avaliadas as relações de precedência entre os mesmos, pois a falta de planejamento de uma atividade anterior pode ter um impacto na evolução do processo a ser executado posteriormente. Além disso, cabe destacar que, na fase de acabamento da obra, deve-se ter um maior cuidado no planejamento dos trabalhos das equipes, pois os limites da edificação impõem restrições que devem ser analisadas para que os trabalhadores realizem suas tarefas da melhor forma.

#### (b) Assentamento de piso - cerâmica

Para entender melhor como se desenvolvia o processo de assentamento de piso cerâmico foram elaborados diagramas de processo e um mapofluxograma. A análise dos mesmos também confirma a ocorrência dos problemas destacados no item anterior devido à falta de planejamento – atividades que não agregavam valor ao processo decorrentes da variabilidade.

O diagrama de processo da Figura 5.12 apresenta as etapas pelas quais passava o material cerâmico desde o estoque até o assentamento desse material. Neste diagrama, verifica-se que o material era enviado para o pavimento e que as sobras eram transportadas para o estoque, onde ficavam armazenadas até que uma nova solicitação de material fosse feita. A Figura 5.13 apresenta o mapofluxograma que indica como se dava a movimentação das peças no pavimento.

DIAGRAMA DE PROCESSO

Empresa A    Obra: Edifício residencial (Porto Alegre/RS)    Processo: assentamento de piso cerâmico

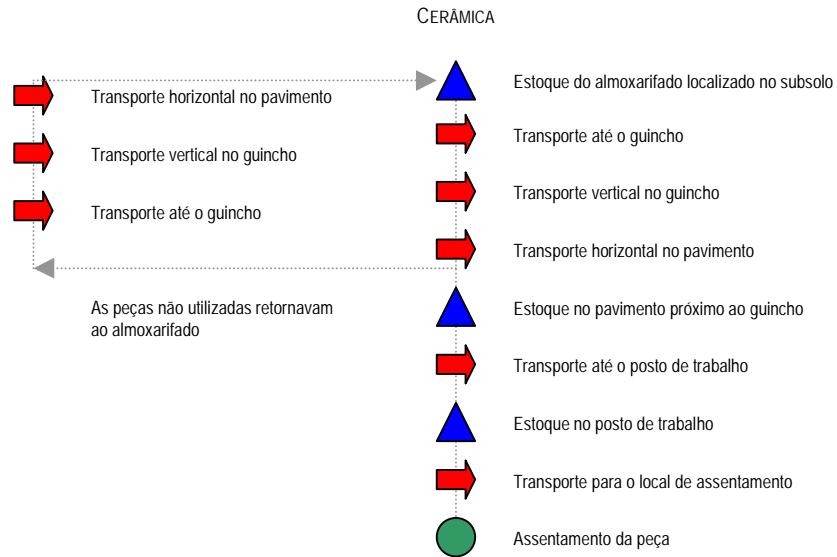


Figura 5.12 – Diagrama de processo da cerâmica

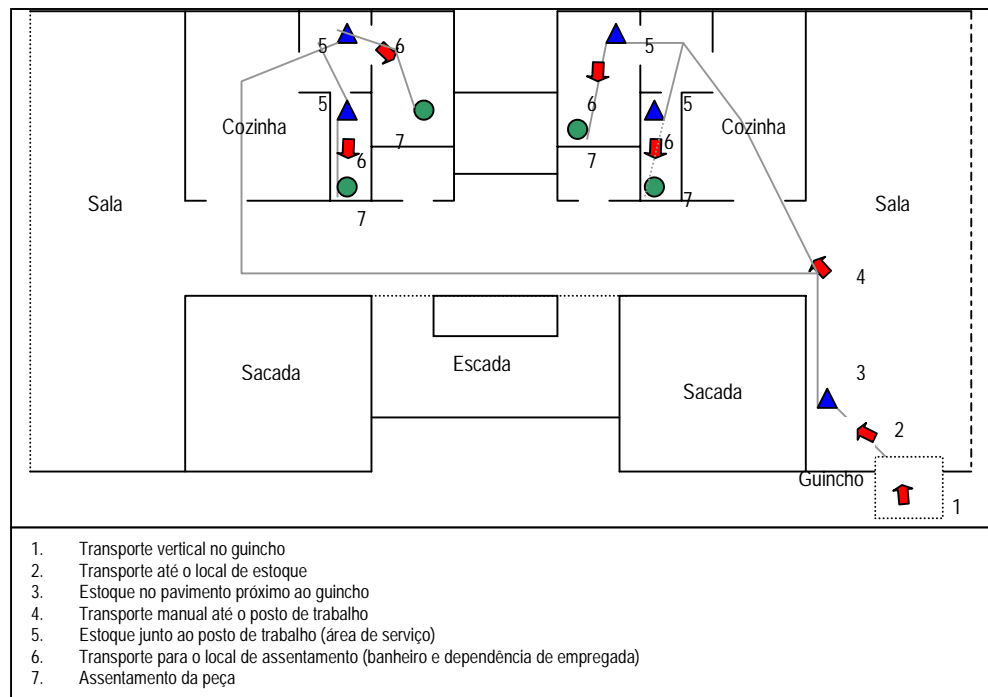


Figura 5.13 – Mapofluxograma correspondente à movimentação da cerâmica no pavimento

A análise das Figuras 5.12 e 5.13 revela que o material era bastante manuseado até que fosse colocado no seu destino final, o piso. Verifica-se que o material era descarregado em um local próximo ao guincho e, de acordo com observações realizadas no local, parte das peças ficava imersa em um

tonel com água, as quais posteriormente eram conduzidas até os locais de assentamento. O operário encarregado do transporte das peças para o posto de trabalho realizava inúmeras idas e vindas até o local onde estava localizado o estoque, até que o processo fosse concluído. Além disso, pode-se observar que as peças não utilizadas retornavam ao estoque e eram enviadas novamente aos pavimentos quando solicitadas. Essa prática ocasionava atividades que não agregavam valor ao processo e dificultava o controle do material, tendo-se em vista que as peças enviadas para o pavimento eram registradas pelo guincheiro, mas não aquelas que retornavam. Tanto no almoxarifado quanto no pavimento foram encontradas peças fora das caixas, o que dificultava ainda mais o manuseio e o controle desse material.

Na reunião em que o diagrama e o mapofluxograma foram apresentados para a administração da obra, esta alegou que o material não era colocado junto ao posto de trabalho pois havia uma dificuldade em transportar o tonel com água até os postos de trabalho, uma vez que o ponto de água estava localizado junto ao guincho. Este problema poderia ser resolvido se fossem utilizados recipientes com menores volumes, os quais seriam abastecidos com água proveniente de uma mangueira colocada no pavimento, ou ainda, poderiam ser utilizados recipientes com rodas para facilitar o manuseio. Essa prática permitiria o transporte com carrinho das peças contidas nas caixas até o posto de trabalho, o que podia evitar a ocorrência de transporte manual de pequenas quantidades de peças avulsas e, posteriormente, a cerâmica colocada junto ao local de utilização seria então imersa em água. Com relação ao retorno das peças para o almoxarifado, a administração da obra não queria que as peças restantes fossem estocadas nos pavimentos, mas também não providenciava uma forma de enviar a quantidade exata para cada posto de trabalho.

Outra forma de reduzir a parcela de atividades desnecessárias para o processo, seria o transporte das peças de um posto de trabalho para aquele que iria utilizá-las em seguida. Portanto, cada vez que as peças não fossem utilizadas elas não deveriam retornar ao almoxarifado e sim serem conduzidas para o pavimento que iria utilizá-las na seqüência. Dessa forma, além de evitar o desperdício de materiais que podia ocorrer no manuseio, a mão-de-obra poderia ser deslocada para realizar tarefas que contribuíssem para a execução do processo de assentamento da cerâmica. Esse procedimento não poderia ser implementado a menos que houvesse um planejamento adequado da seqüência de execução dos ambientes em cada pavimento e no edifício como um todo, de acordo com o que foi sugerido no item (a). Porém, conforme apresentado na Figura 5.10, a seqüência de execução não obedecia uma lógica previamente definida, constituindo-se em um fator que impedia o transporte das peças para o local onde seriam utilizadas posteriormente. Outra alternativa a ser considerada era manter o material estocado no pavimento até que fossem determinados os ambientes a serem executados. Desta forma, a cerâmica só seria manuseada quando o destino das peças estivesse definido. Essas idéias foram sugeridas à administração da obra, porém, foi verificado que apenas por

uma semana os materiais ficaram nos pavimentos e na semana seguinte o processo voltou a acontecer conforme indicado nas Figuras 5.12 e 5.13.

Deve ser destacado que a elaboração do diagrama de processo e do mapofluxograma, juntamente com o registro fotográfico, propiciaram transparência aos fluxos e permitiram que o processo fosse estudado e analisado. Isso comprova a viabilidade da utilização dessas ferramentas para efetuar o planejamento, controle e melhoria dos processos analisados.

#### (c) Assentamento de piso - granito

Para o estudo do processo de assentamento de piso com o granito, um novo diagrama foi elaborado, apresentado na Figura 5.14. As placas utilizadas mediam 40 cm x 40 cm e tinham uma espessura aproximada de 1,5 cm. Como as peças apresentavam um peso relativamente elevado, o seu transporte era realizado com auxílio de um carrinho. Ao chegar no pavimento, as peças eram descarregadas, pelo servente, uma a uma na sacada do apartamento que as receberia.

Para executar o piso, o oficial conduzia a peça até o local de assentamento e a necessidade de corte era avaliada. Em caso negativo, a peça era colocada no seu local de destino. Em caso afirmativo, a peça era marcada no posto de trabalho e reconduzida à sacada (onde se localizava o estoque das peças no pavimento) para ser novamente marcada com um pequeno objeto metálico que riscava a mesma e indicava o tamanho do corte da peça. O corte era realizado em uma bancada cuja altura era pouco ergonômica, exigindo que o trabalhador se curvasse para efetuar a atividade.

## DIAGRAMA DE PROCESSO

Empresa A      Obra: Edifício residencial (Porto Alegre/RS)      Processo: assentamento de piso - granito



Figura 5.14 – Diagrama de processo para o granito

A existência de recortes no local de assentamento exigia que as peças fossem cortadas, o que resultava em atividades que poderiam ter sido evitadas se o projeto tivesse respeitado critérios de modulação. Para agravar ainda mais a situação, o trabalhador utilizava-se de uma trena para medir o tamanho de corte das peças, no posto de trabalho, e de um objeto para riscar a peça, os quais não foram considerados adequados pela administração da obra. A falta de precisão na medição e marcação das peças resultava em sucessivas idas e vindas do oficial, carregando consigo a peça, do posto de trabalho para a bancada de corte, até que o tamanho adequado fosse obtido (Figura 5.14).

O diagrama foi apresentado e discutido com a administração da obra na reunião do planejamento semanal. O engenheiro responsável pela obra solicitou a aquisição por parte do subempreiteiro de um conjunto de ferramentas e equipamentos para permitir uma melhor medição e marcação das peças, o que poderia contribuir para a redução do tempo gasto com os cortes.

Portanto, verificou-se que o projeto juntamente com a falta de planejamento das ferramentas utilizadas na execução do processo foram determinantes para a ocorrência de atividades que não agregavam valor para a realização dos trabalhos. Além disso, é importante ressaltar que as placas apresentavam um peso elevado e eram transportadas sucessivas vezes do estoque para o posto e deste para a bancada de corte, o que podia contribuir para um maior desgaste do trabalhador que transportava a peça e a conseqüente diminuição da sua produtividade. Novamente, a utilização das ferramentas que deram transparência à produção, para que essa fosse analisada na reunião de planejamento, foram capazes de apontar os problemas nos fluxos físicos, bem como indicar os pontos de melhoria no processo com base nos princípios da Nova Filosofia de Produção.

#### (d) Acompanhamento do consumo de materiais para execução do piso

De acordo com o que foi exposto nos itens anteriores, verificou-se que, devido às práticas adotadas pela empresa, o controle dos materiais utilizados nesse processo tornava-se uma tarefa difícil. A empresa demonstrou interesse em coletar dados sobre o consumo do material cerâmico utilizado no piso para avaliar se os índices adotados no orçamento correspondiam à realidade da obra. Inicialmente, buscou-se estabelecer um ponto de controle dos materiais e o responsável pelo registro das quantidades. O guincheiro era responsável pelo registro em uma planilha, apresentada no Capítulo 4, de todo o material do piso enviado para os pavimentos. Nesta planilha, eram anotados o dia de envio das peças, o tipo de material enviado e o destino.

Durante o acompanhamento do consumo da cerâmica e do granito utilizados na execução dos ambientes do pavimento tipo, não se obteve índices confiáveis devido ao fato de que as peças eram enviadas para o estoque, conforme discutido anteriormente, e o responsável pela coleta não anotava a quantidade de material que retornava para o almoxarifado. Desta forma, não se conseguia obter as quantidades consumidas apenas através do controle realizado pelo guincheiro.

Assim sendo, optou-se por realizar um inventário de todas as peças cerâmicas contidas no estoque e nos pavimentos. Nas últimas quatro semanas de colocação das peças cerâmicas nos corredores entre os apartamentos e nas coberturas, às quintas-feiras era feita uma contagem geral das peças enviadas para serem utilizadas no processo e das peças restantes no estoque ou no pavimento. Os dados eram tabulados na planilha da Figura 5.15 e levados para avaliação na reunião do planejamento semanal. Essa planilha apresenta o registro das quantidades de material enviadas para o pavimento, na coluna "número de caixas que subiram", e na coluna "número de caixas em estoque" aponta as quantidades estocadas. A coluna "local" indica os locais para onde haviam sido enviadas as

caixas ou onde elas estavam estocadas. Observa-se que, ao lado da planilha de controle de materiais, encontra-se uma tabela que indica as áreas que haviam sido executadas em cada semana. Na Figura 5.15 ainda pode ser verificada a existência de observações a respeito de alguns dados contidos na mesma, bem como os valores de consumo e perda do material.

Através da análise dos dados da planilha da Figura 5.15, semana a semana, podiam ter sido detectados problemas no consumo caso eles tivessem ocorrido, ou mesmo a necessidade de realizar uma investigação mais próxima da produção para identificar pontos de ocorrência de perdas do material. Entretanto, como os índices apresentados encontravam-se dentro dos limites tolerados pela empresa, os dados eram apresentados, mas não eram tomadas atitudes visando à diminuição do consumo desses materiais.

Após quatro semanas de acompanhamento, chegou-se a um consumo das peças utilizadas no processo de execução do piso dos corredores e das coberturas igual a  $1,082 \text{ m}^2/\text{m}^2$ , o que significa dizer que houve uma perda de material da ordem de 8%, conforme indicado na Figura 5.15. Deve ser ressaltado que a colocação das peças utilizadas para a execução dos corredores obedecia a um desenho elaborado pela arquiteta da obra e, neste caso, não se verificava a necessidade do corte das peças, a menos que as paredes que compunham o local estivessem fora de esquadro ou prumo. Com relação às áreas executadas nas duas coberturas, deve ser salientado que os  $56,53 \text{ m}^2$  por cobertura pertenciam a um mesmo ambiente, o que deveria propiciar a ocorrência de um baixo índice de perda do material. Entretanto, a existência de recortes pode ter contribuído para elevar o percentual de peças desperdiçadas.

A coleta dos dados relacionados ao consumo de cerâmica, mesmo que no final do processo, mostrou que a empresa pode apropriar dados de consumo dos materiais que utiliza. Para tanto, é necessário o estabelecimento de pontos de controle nos quais seja feito o registro das quantidades utilizadas e em estoque. Essa apropriação de dados pode fornecer subsídios para a função previsão, dentro do processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Deste modo, o responsável pela elaboração do planejamento de tarefas pode ter à sua disposição dados sobre o consumo dos materiais, os quais podem auxiliar na solicitação dos materiais para o canteiro e melhorar a gestão dos fluxos de materiais, tendo-se em vista a possibilidade de monitorar e tomar decisões que evitem as perdas desses recursos. Além disso, na fase de acabamento da obra é importante que materiais como a cerâmica sejam controlados devido ao seu custo elevado.



Andar	Apartam.	Corredor (m2)	Depósito (m2)	Cobertura (m2)
2	201	12,33	2,03	
	202		2,03	
3	301	12,33	2,03	
	302		2,03	
4	401	12,33	2,03	
	402		2,03	
5	501	12,33	2,03	
	502		2,03	
6	601	12,33	2,03	56,53
	602		2,03	56,53

DIA	LOCAL	Número de caixas que subiram									Número de caixas em estoque											
		30X30			15X15			15X30			30X30				15X15				15X30			
		cx	pg/cx	m2	cx	pg/cx	m2	cx	pg/cx	m2	cx	pg/cx	avulsas	m2	cx	pg/cx	avulsas	m2	cx	pg/cx	avulsas	m2
	estoque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109	16	17	153,3	34	33	22	24,05	11	33	60	18,09
16.08.99	cobertura	10	16	13,9	6	33	4,2	-	-	-												
	cobertura	27	16	37,6	11	33	7,6	-	-	-												
17.08.99	estoque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	16	20	99,2	17	33	0	11,8	11	33	60	18,1
30.08.99	cobertura	10	16	13,9	8	33	5,6															
31.08.99	cobertura	8	16	11,1	0	33	0,0															
01.09.99	cobertura	5	16	7,0	4	33	2,8															
02.09.99	cobertura	3	16	4,2	2	33	1,4															
03.09.99	estoque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	16	10	56,6	3	33	8	2,25	11	33	0	15,5
09.09.99	corredor600	8	16	11,2	1	33	0,7	3	33	4,2												
10.09.99	corredor500	8	16	11,2	-	-	-	3	33	4,2												
10.09.99	estoque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	16	10	34,3	2	33	0	1,4	5	33	4	7,2
13.09.99	corredor400	6	16	11,2				3	33	4,2												
14.09.99	corredor300	6	16	11,2				1	33	1,4												
15.09.99	corredor200	6	16	11,2				2	33	2,8												
17.09.99	estoque										3	16		4,2							17	0,7
17.09.99	Total	97	16	143,7	32	33	22,2	12	33	16,8	3	16	0	4,2	2	33	0	1,40	0	33	17	0,727

TOTALMENTE CONCLUÍDO	
	Vistoria parcial 17.08.99
	Vistoria parcial 03.09.99
	Vistoria parcial 10.09.99
	Vistoria parcial 17.09.99

OBS: Existe uma diferença entre o valor final do estoque encontrado na vistoria do dia 03.09.99

e valor de peças enviadas para o pavimento ( de acordo com o guincheiro)

OBS2: As peças de 15x15 não estavam no almoxarifado visitado, e podem estar em número menor do que o constante na planilha

Considerando-se as dimensões nominais das peças:

Vistoria inicial (estoque em m2) = VI = 195,40

Vistoria final (estoque em m2)= VF = 6,33

Consumo (m2) = VI - VF = 189,07

Área executada (m2) 174,71

Perda = ((Consumo real)-(Consumo teórico) / (Consumo teórico))\*100

Perda (%) = 8,22

Consumo = 1,082

Figura 5.15 – Planilha para o controle de estoque e consumo dos materiais utilizados na cobertura e nos corredores

Para que a gestão dos fluxos de materiais seja realizada de forma integrada ao PCP, pode-se sugerir que, durante a elaboração do plano de médio prazo, sejam definidas as formas de coleta de dados relacionados ao consumo dos materiais, bem como os responsáveis pelo registro e os critérios a serem adotados nos levantamentos de dados. Desta forma, durante a realização do planejamento de curto prazo, com as definições já estabelecidas, os dados coletados devem ser avaliados periodicamente, e ações devem ser implementadas no sentido de melhorar a eficiência do processo com relação ao consumo de materiais.

#### 5.2.1.5 Acompanhamento da produtividade do processo de execução de fachadas com pastilhas

Além de acompanhar a execução do processo assentamento de piso, a empresa demonstrou interesse em monitorar o índice de produtividade diária do processo execução de fachada com pastilhas. Os dados eram fornecidos pela empresa e a pesquisadora apenas tabulava os mesmos e os inseria no relatório de avaliação elaborado a cada quatro semanas. Esse era discutido com a administração da obra durante a realização da reunião de planejamento semanal.

A empresa realizava o cálculo da produtividade diária média verificada em uma semana de trabalho para monitorar a evolução dos índices apropriados e compará-los com o valor estabelecido pelo orçamento da obra. O orçamento estabelecia que o processo devia ser executado em um período de 180 dias corridos (incluindo os sábados e domingos, mesmo quando não eram trabalhados) e a quantidade total de pastilhas a ser utilizada, incluindo as perdas, era igual a 2.500 m<sup>2</sup>. A divisão desse último valor pela quantidade de dias estabelecidos para a execução dos trabalhos forneceu um índice de produtividade estimada diária igual a 13,89 m<sup>2</sup>/dia. Para efetuar o cálculo do índice de produtividade real, a cada semana, considerava-se que todo o material enviado para os pavimentos era consumido e que eram trabalhados sete dias por semana, como no orçamento.

Embora nem todas as peças enviadas para o pavimento fossem efetivamente aplicadas e os valores de consumo encontrados não correspondessem fielmente à realidade do processo, essa foi a forma que a empresa encontrou para monitorar a evolução da produtividade no decorrer do mesmo. Contudo, caso a empresa optasse por realizar um controle efetivo do material, além das quantidades enviadas para o pavimento, deviam ser apropriadas as quantidades restantes do material em cada posto de trabalho. Desta forma, de posse das áreas executadas e das quantidades de material realmente consumidas, a cada semana, ter-se-ia um indicador mais representativo do consumo do processo em estudo.

Os resultados desse indicador encontram-se apresentados na Figura 5.16. A análise do mesmo revela que, nas últimas cinco semanas de apropriação dos dados, a produtividade diária manteve-se abaixo do valor adotado no orçamento da empresa.

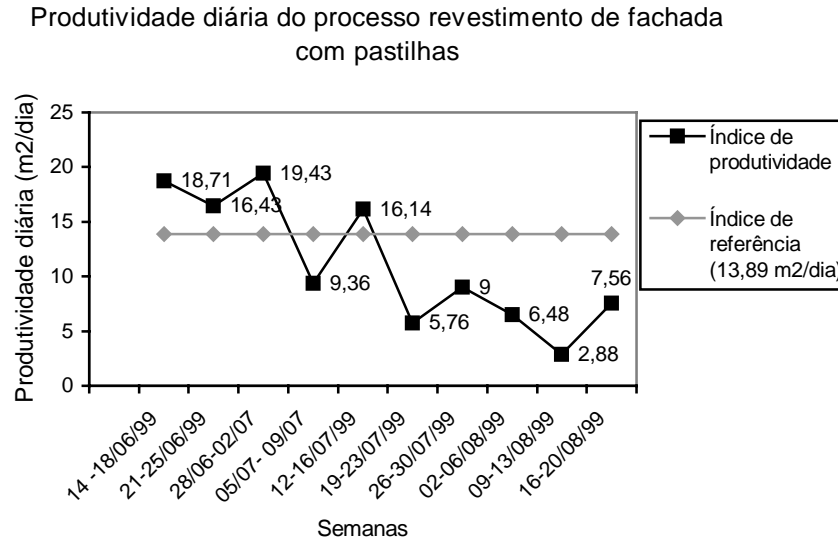


Figura 5.16 – Produtividade diária do processo de revestimento de fachadas com pastilhas

Durante as discussões com a empresa, chegou-se a conclusão de que, um dos fatores que tinham resultado no declínio dos valores de produtividade diária abaixo da orçada, estava relacionado ao início da realização de arremates e áreas com um maior grau de dificuldade de execução. As grandes áreas foram executadas no início do processo e as pequenas, tais como: peitoris de varandas e jardineiras foram deixadas para o final. Essa prática resultou em um aumento das atividades que não agregavam valor ao processo devido a necessidade de mobilização e desmobilização das equipes para execução de pequenas áreas e, também, devido à falta de continuidade que não propiciava ganhos com o aprendizado. Contudo, apesar das informações da produção estarem transparentes e indicarem a ocorrência de problemas, nada foi feito para que o processo fosse controlado. Novamente, verificou-se que o processo estava sendo apenas monitorado. Uma forma de solucionar esse tipo de problema era melhorar a definição dos pacotes de trabalho, ainda durante a elaboração do plano de médio prazo e vincular o pagamento das equipes às tarefas 100% executadas. Porém a segmentação das tarefas era feita diretamente da programação geral da obra para o plano semanal, sem muito rigor no dimensionamento das tarefas, já que mesmo os dados coletados não eram utilizados na elaboração de novos planos.

#### 5.2.1.6 Análise da programação da obra

Após os dois primeiros ciclos de avaliação (de 14/06 à 09/07 e de 12/07 à 06/08) dos dados referentes aos processos de assentamento de piso cerâmico e revestimento de fachada com pastilhas, sugeriu-se a realização do planejamento de médio prazo (*lookahead* de quatro semanas). Essa necessidade surgiu com base nas conclusões advindas das discussões com a empresa, nas reuniões do planejamento, e dos estudos de campo. Os problemas relacionados ao fluxo de mão-de-obra estavam relacionados à falta de planejamento adequado das seqüências de execução e dos pacotes

de trabalho. Com relação aos fluxos de materiais, constatou-se, durante a participação nas reuniões, que a empresa não dedicava a atenção necessária ao planejamento da distribuição dos materiais no canteiro. As solicitações de materiais eram realizadas, as datas de entrega eram conhecidas, porém o local de armazenamento desses muitas vezes não era definido nas reuniões de planejamento, que se dedicava somente à designação de tarefas para as equipes e identificação das tarefas não executadas e seus problemas.

Constatou-se que parte dos problemas ocorridos nos processos poderiam ter sido previstos, analisados e solucionados, caso um planejamento do tipo *lookahead*, com um horizonte de planejamento móvel de quatro semanas tivesse sido executado. Desta forma, foi solicitado à empresa o fornecimento da programação geral da obra para ser analisada e, com base nessa, dar início a elaboração do plano de quatro semanas. Esse estudo objetivava verificar os processos que deviam ser executados e, estudar a melhor seqüência de realização, além de avaliar as restrições relacionadas aos mesmos, de forma a reduzir ou eliminar a ocorrência de atividades desnecessárias para a sua execução bem como as interferências entre eles.

Contudo, apesar das discussões à respeito da necessidade de realização do plano de quatro semanas, a administração da obra decidiu pela sua não elaboração. Deste modo, os problemas com a produção continuaram a ocorrer, não sendo os mesmos devidamente resolvidos, em parte porque os prejuízos maiores em geral recaíam sobre o fluxo de mão-de-obra subempreitada e não oneravam diretamente os custos dos serviços pagos pela empresa.

Nos itens que seguem são apresentados dois casos que poderiam ter sido planejados considerando-se as restrições e a melhor seqüência de execução dos processos, visando à redução de atividades desnecessárias para a realização dos trabalhos ou a eliminação de possíveis interferências com tarefas já executadas.

#### 5.2.1.7 Estudo da execução do piso da garagem com basalto

O processo de assentamento de piso com basalto foi estudado quando estavam sendo realizados trabalhos no térreo do edifício na área correspondente à garagem. Um aspecto, particularmente, chamou a atenção da pesquisadora: por que as peças de basalto utilizadas nesse processo, as quais apresentavam um elevado peso para serem transportadas, estavam localizadas em um ponto distante do local de execução?

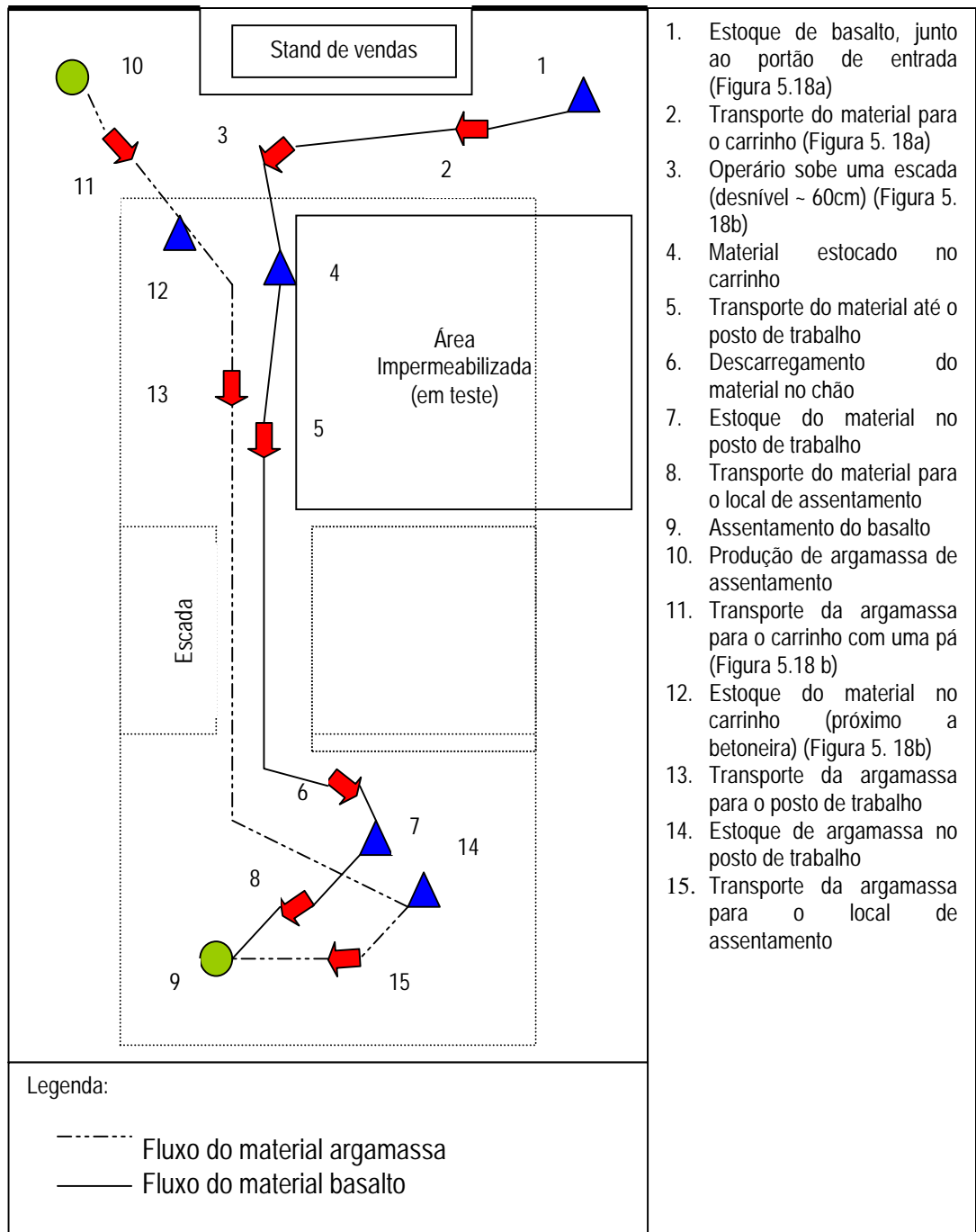
Um mapofluxograma foi elaborado para o processo e imagens foram registradas, objetivando caracterizar a forma como as atividades estavam se desenvolvendo para apresentar à administração da obra e levantar uma discussão sobre os motivos que contribuíram para que os trabalhos fossem conduzidos da forma observada em campo.

A Figura 5.17 apresenta o mapofluxograma do processo, o qual identifica cada uma das atividades observadas e as fotos correspondentes a algumas delas. A análise do mapofluxograma

revela que o processo estava sendo executado na parte posterior do edifício e o local de estoque do material encontrava-se na parte frontal do canteiro, junto ao portão de entrada na lateral direita. Com relação ao posto de produção da argamassa de assentamento, este situava-se ao lado do portão lateral esquerdo.

A análise da Figura 5.18a apresenta o local de estoque do material basalto e o operário que realizava o transporte do material manualmente. Para colocar o material no carrinho que conduziria o basalto até o posto de trabalho, o operário precisava subir uma pequena escada para vencer um desnível de aproximadamente 60 cm carregando o material consigo (Figura 5.18b). O transporte da argamassa era realizado com uma pá do posto de produção até o carrinho que a transportava. Esse equipamento encontrava-se junto ao carrinho que transportava o basalto. Outro aspecto que deve ser ressaltado é que nas Figuras 5.17 e 5.18a verifica-se a existência de uma rampa junto ao estoque de basalto e, nas suas proximidades, uma área impermeabilizada em teste que impedia o transporte do material por esse trajeto e dificultava o trabalho do operário. Caso essa área estivesse livre, o carrinho poderia ser colocado no local e transportado pela lateral do prédio, evitando que a peça tivesse que ser manuseada, por uma longa distância até o carrinho pelo operário.

O mapofluxograma e as imagens foram levadas para discussão na reunião do planejamento semanal. De acordo com o mestre, a distância entre o estoque do basalto e o local de assentamento constituía-se em um fator que dificultava a execução do trabalho e que isto deveria ter sido levado em consideração no planejamento. Entretanto, o engenheiro da obra afirmou não ter imaginado outra seqüência alternativa para executar o processo de impermeabilização, que foi determinante para a realização do processo do piso com basalto e, deste modo, o serviço prosseguiu com os problemas identificados pelo estudo.



1. Estoque de basalto, junto ao portão de entrada (Figura 5.18a)
2. Transporte do material para o carrinho (Figura 5.18a)
3. Operário sobe uma escada (desnível ~ 60cm) (Figura 5.18b)
4. Material estocado no carrinho
5. Transporte do material até o posto de trabalho
6. Descarregamento do material no chão
7. Estoque do material no posto de trabalho
8. Transporte do material para o local de assentamento
9. Assentamento do basalto
10. Produção de argamassa de assentamento
11. Transporte da argamassa para o carrinho com uma pá (Figura 5.18 b)
12. Estoque do material no carrinho (próximo a betoneira) (Figura 5.18b)
13. Transporte da argamassa para o posto de trabalho
14. Estoque de argamassa no posto de trabalho
15. Transporte da argamassa para o local de assentamento

Figura 5.17 – Mapofluxograma do material basalto



Figura 5.18 – Atividades do processo de assentamento de piso basáltico: (a) estoque do material e transporte para o carrinho (a seta indica a rampa); (b) um dos operários sobe escada transportando o basalto e o outro transporta argamassa para o carrinho

Deste modo, novamente verifica-se que não foi observada a relação de dependência entre os processos e o impacto que as decisões a respeito desses têm sobre os trabalhos que são executados posteriormente. A seqüência de execução do processo de impermeabilização deveria ter levado em conta as restrições do processo posterior, que lidava com um material de peso elevado, para o qual deveria ter sido prevista a localização do estoque em um local mais próximo ao posto de trabalho, para diminuir o desgaste do operário e eliminar atividades desnecessárias. Logo, observa-se, mais uma vez, que o fluxos de material e mão-de-obra devem ser analisados durante a elaboração do planejamento das tarefas em uma etapa anterior ao planejamento de curto prazo, pois na fase operacional já não há como resolver certos problemas. Verificou-se que, se a administração da obra tivesse estudado, através da elaboração de um mapofluxograma, a seqüência de execução das tarefas relacionadas à impermeabilização e ao assentamento do piso, uma grande parcela de atividades desnecessárias poderia ter sido evitada.

#### 5.2.1.8 Estudo das tarefas relacionadas à execução da piscina

Durante a realização de uma visita à obra, constatou-se que, primeiramente, foram realizados os trabalhos nos apartamentos do último pavimento para, em seguida, serem executadas tarefas relacionadas à execução da piscina, localizada na cobertura do edifício. Essa era seqüência estabelecida pelo cronograma da obra, a qual pode ter considerado questões relacionadas ao fluxo de despesas da obra, mas não a terminalidade dos processos.

A piscina deveria ter sido concluída antes da execução do piso da cobertura. A realização das tarefas na cobertura após a conclusão do pavimento tipo resultou no transporte de materiais e estocagem dos mesmos em áreas que possuíam o piso já acabado, o que podia causar a necessidade de retrabalhos devido aos danos. Conforme apresentado no mapofluxograma da Figura 5.19, verifica-

se o transporte de argamassa realizado pelo operário que se utilizava de um balde para conduzir o material de um apartamento para o outro, passando pelo corredor com o piso já concluído. Em seguida, a argamassa era estocada no apartamento 601 e levada para a cobertura, que já tinha o piso concluído, onde era utilizada para execução da alvenaria da piscina.

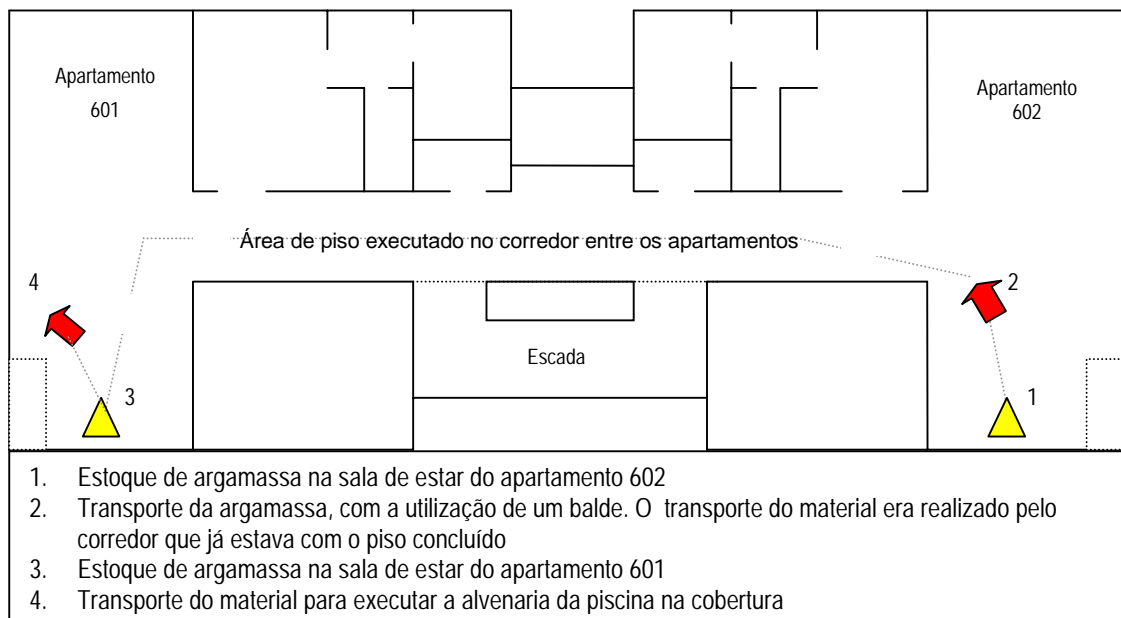


Figura 5.19 – Mapofluxograma da argamassa para assentamento dos tijolos da piscina da cobertura

A exemplo da argamassa, também os blocos foram transportados pelo mesmo caminho até o seu destino final na cobertura. Não se verificou a ocorrência de danos aos trabalhos já concluídos no apartamento. Porém, deve ser ressaltado que a possibilidade da sua ocorrência existia e que um adequado planejamento dos processos deveria ter considerado uma seqüência de execução que privilegiasse a terminalidade. Também deve ser salientado que o erro observado na seqüência de execução desses processos ocorreu durante a etapa de elaboração do plano de longo prazo da obra, que determinou essa ordem de execução. Deste modo, constata-se que aspectos relacionados à gestão dos fluxos físicos devem ser observados, também, no planejamento de longo prazo.

#### 5.2.1.9 Considerações finais sobre o estudo de caso da Empresa A

O estudo de caso realizado na Empresa A revelou que, apesar de a mesma realizar o planejamento semanal de tarefas e efetuar o acompanhamento dos problemas que interrompiam a produção, questões relacionadas à gestão dos fluxos físicos não eram devidamente consideradas. A capacidade produtiva das equipes e o consumo de materiais era desconhecido o que dificultava o dimensionamento dos recursos necessários à realização das tarefas.



Constatou-se que a falta de planejamento do posto de trabalho, por parte da administração da obra juntamente com os subcontratados, resultava na ocorrência de variabilidade na produção além de ocasionarem atividades que não agregavam valor ao produto final. Além disso, a inadequada distribuição e controle dos materiais resultavam em um excesso de manuseio desses e a possibilidade da ocorrência de perdas de material e da mão-de-obra, que despendia tempo e esforço para efetuar os transportes dos materiais para os postos de trabalho.

O acompanhamento de alguns processos no canteiro revelou que as ferramentas utilizadas para tornar os fluxos transparentes e compreensíveis para a administração da obra podem auxiliar na gestão dos fluxos físicos integrada ao processo de planejamento e controle da produção. Os dados coletados com auxílio das ferramentas, além de servirem de fonte de evidência para o estudo, eram apresentados e discutidos semanalmente com o engenheiro da obra e o mestre, os quais compreendiam facilmente o que os gráficos, imagens, diagramas e mapas representavam.

Contudo, embora as informações repassadas nas reuniões mostrassem um panorama dos processos em estudo no canteiro e dos problemas, e auxiliassem na tomada de decisão, esses nem sempre eram resolvidos, pois a gerência não se comprometia a realizar modificações. Com frequência, ocorria o monitoramento dos processos em andamento mas não o controle dos mesmos, pois ações corretivas não eram realizadas para eliminar os desperdícios que ocorriam na produção. Outro aspecto que deve ser ressaltado é a questão dos ciclos de coleta e processamento de dados terem correspondido aos ciclos de planejamento semanal pois, deste modo, o tempo entre a coleta e disponibilização de informações era bastante curto e conseqüentemente os desvios podiam ser detectados e corrigidos em um pequeno espaço de tempo.

Constatou-se que as questões relacionadas aos fluxos físicos devem ser avaliadas em todos os níveis do processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP), desde a elaboração do plano de longo prazo até o plano operacional. Foi verificado que a falta de elaboração do plano de quatro semanas (*lookahead*) dificultava a avaliação das restrições, a antecipação aos problemas e o estudo integrado das seqüências de execução e suas necessidades. Deste modo, questões relacionadas à terminalidade e à continuidade dos processos ficavam prejudicadas e alguns desenvolviam-se de forma desordenada. Nesse sentido, para que se tenha um gerenciamento eficaz dos fluxos físicos de forma integrada ao PCP, este deve ser elaborado em três níveis, para que a incerteza e a variabilidade nos processos seja combatida e os fluxos produtivos desenvolvam-se livre de interrupções e desperdícios.

## 5.2.2 ESTUDO DE CASO – EMPRESA C

### 5.2.2.1 Descrição da Empresa C

A Empresa C era uma micro empresa com atuação na grande Porto Alegre na área de obras públicas e privadas. Durante a realização do estudo de caso, essa empresa estava em processo de certificação ISO 9002, sendo obtido o certificado no final do ano de 1999.

A obra da Empresa C escolhida para o estudo de caso foi a construção de um templo religioso, com uma área construída de 1612 m<sup>2</sup>, situado na cidade de Porto Alegre. As visitas à obra e a participação nas reuniões de planejamento realizadas pela empresa iniciaram-se em meados de Setembro de 1999 e prosseguiram até meados de Dezembro do mesmo ano. Neste mesmo período, a empresa estava implementando o planejamento de curto e médio prazos, na referida obra, realizado com o acompanhamento de um consultor. A pesquisadora passou a acompanhar o desenvolvimento desse trabalho e a estudar a forma como a empresa lidava com a gestão dos fluxos físicos e quais eram as lacunas dentro do processo de planejamento e controle da produção que interferiam na gestão dos fluxos físicos.

O orçamento da obra era elaborado em um programa computacional, denominado SIENGE que também administrava as compras da obra. De posse do orçamento, o engenheiro da obra realizava a programação dos processos, utilizando-se do programa *MS Project*, que resultava no cronograma executivo utilizado pelos engenheiros residentes para acompanhar os prazos estabelecidos e designar as tarefas para os subempreiteiros da empresa. Verificou-se, no início do estudo, antes da implementação do planejamento de curto e médio prazos, que o repasse das tarefas a serem executadas pelos subempreiteiros da Empresa C ocorria de maneira informal. As atribuições de cada equipe eram designadas de forma verbal e sem nenhum registro ou documento que definisse as tarefas a serem executadas. Deste modo, a falta de planos formais foi identificada como um fator que dificultava o controle das equipes e contribuía para que as ações corretivas só fossem realizadas quando os atrasos aconteciam, pois existia apenas o controle do tempo com base no cronograma executivo.

A administração da obra estudada era realizada de forma conjunta entre a Empresa C e uma empresa especializada no gerenciamento de obras, doravante chamada de Empresa D. Além disso, a Empresa C era responsável pela parte civil da obra (estrutura, vedações externas, impermeabilização, execução de piso, execução da cobertura, execução de muros, cercas e portões), a qual era executada por subempreiteiros. Os demais processos, tais como ar-condicionado, instalações elétricas e hidrossanitárias, revestimento externo com granito, vedações internas e paisagismo, eram executados por empresas especializadas e gerenciados diretamente pela Empresa D.

O cliente mantinha um fiscal responsável pela obra, o qual, além de fiscalizar, atuava como um mediador nas negociações entre o cliente e as empresas contratadas. Os pagamentos dos trabalhos eram efetuados mediante solicitação dos administradores da Empresa D, que verificavam de forma

conjunta com os subempreiteiros as quantidades executadas e repassavam as medições ao fiscal da obra. Este verificava a conformidade dos produtos executados com os padrões de aceitação especificados e, caso aprovados, liberava o pagamento para a Empresa D, que efetuava, em seguida, o repasse para as empresas subcontratadas.

Nos casos em que o fiscal não aprovava o produto final executado por um subempreiteiro, o serviço não era pago, bem como devia ser refeito até que estivesse de acordo com as especificações e tolerâncias do projeto estabelecidas pelo cliente, as quais eram consideradas muito rigorosas para os padrões nacionais, pois o cliente da obra era uma instituição religiosa com sede nos Estados Unidos e os padrões de qualidade adotados eram americanos. Alguns processos para serem iniciados necessitavam de aprovação do fiscal, que verificava os materiais e equipamentos disponíveis para a realização dos trabalhos e as condições de segurança relacionadas aos mesmos. Essa prática, por vezes, ocasionava esperas das equipes responsáveis pelo desenvolvimento das tarefas.

#### 5.2.2.2 Diagnóstico inicial do canteiro

Durante a primeira visita realizada ao canteiro de obras, as características do mesmo foram observadas e registradas em um croqui, conforme apresentado na Figura 5.20, que indica a localização da edificação, dos contêineres utilizados como escritórios pela administração da obra e dos estoques de material. A lista de verificação do canteiro, apesar de não ter sido utilizada na íntegra, devido a obra pesquisada não ser convencional, serviu de base para a avaliação das condições de estocagem e movimentação dos materiais. A análise da Figura 5.20 revela que os materiais tijolo, aço, areia e brita encontravam-se dispersos em estoques localizados em pontos distintos.

Constatou-se que os estoques de aço não apresentavam o material separado e identificado por bitola e estavam dispostos diretamente sobre o terreno e sem proteção contra as intempéries. Com relação ao estoque de cimento, este possuía mais de 200 sacos armazenados sobre um estrado de madeira e estavam cobertos apenas por uma lona. O estoque de blocos, por sua vez, era constituído por *pallets* empilhados, com risco de tombamento dos mesmos.

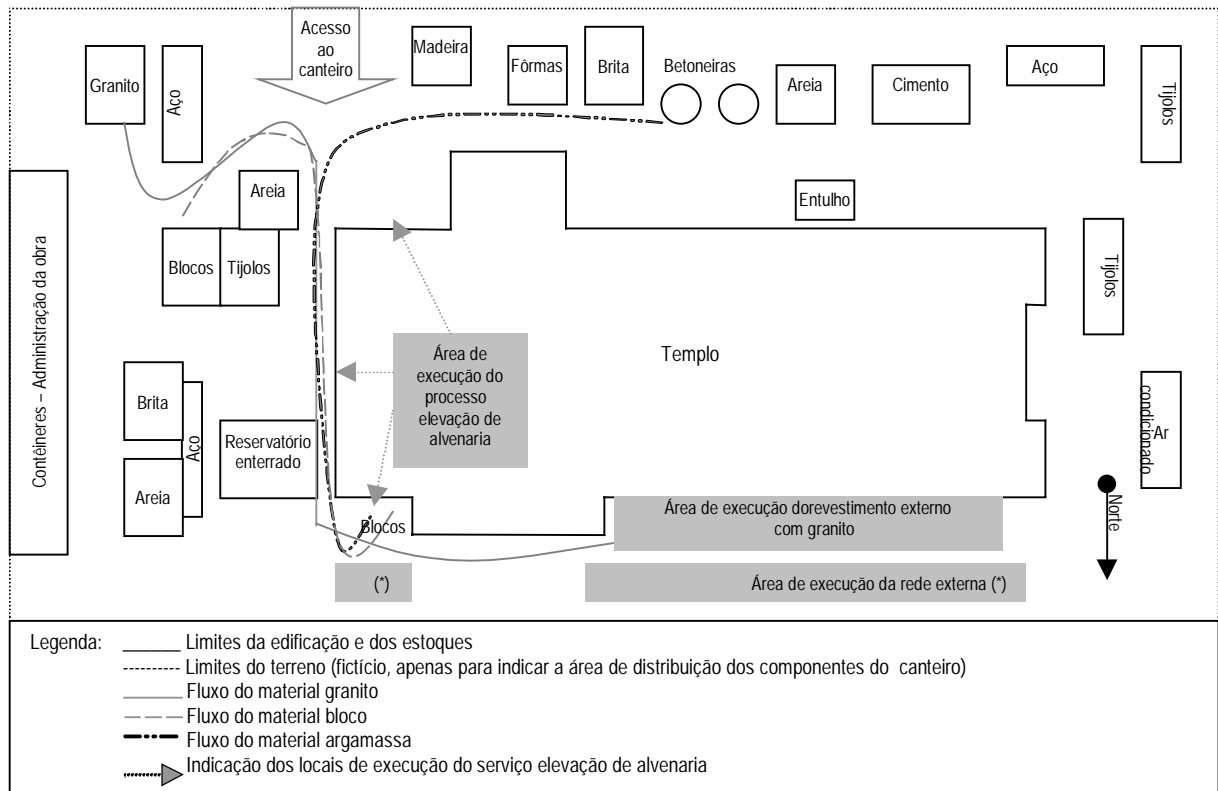


Figura 5.20– Desenho esquemático do canteiro de obras da Empresa C e mapofluxograma simplificado

Não foram encontradas placas de sinalização de segurança do trabalho, dos locais destinados aos estoques ou das instalações provisórias do canteiro. Por exigência do cliente, os vestiários, a maioria das instalações sanitárias e o refeitório foram localizados em um terreno situado do outro lado da rua que passava na lateral norte do canteiro. Neste mesmo local, encontrava-se o escritório do fiscal da obra e uma sala de reuniões.

A análise do croqui do canteiro, juntamente com as imagens registradas e as conversas com a administração da obra, permitiram que algumas considerações fossem feitas à respeito da forma como a empresa lidava com o fluxo de materiais. Constatou-se que a empresa realizava parcerias com os seus fornecedores de materiais mas não desfrutava dos benefícios que esses ofereciam. O engenheiro da obra, com base na programação e nas quantidades de material estabelecidas no orçamento, efetuava a solicitação dos materiais aos fornecedores em lotes programados para serem entregues de acordo com a necessidade da obra. Esses dados eram repassados para o programa SIENGE, através do qual era emitida a solicitação de compra dos materiais nas datas programadas pelo engenheiro, e o departamento de compras efetuava a aquisição. Contudo, nem sempre, nas datas programadas para que os fornecedores enviassem os materiais, havia necessidade dos mesmos, mas os materiais eram adquiridos da mesma forma, devido à falta de comunicação entre o engenheiro da obra e o departamento de compras da empresa. O engenheiro da obra não informava ao departamento de compras sobre a necessidade de materiais na obra, deste modo, esse departamento continuava a agir

com base na programação estabelecida. Desta forma, os materiais continuavam sendo entregues no canteiro mesmo sem necessidade, e acumulavam-se estoques que congestionavam o mesmo desnecessariamente. Essa situação era agravada pelo fato de que não havia uma definição clara dos locais de descarregamento dos materiais e equipamentos, que eram espalhados pelo canteiro de forma desordenada.

Com relação ao fluxo de mão-de-obra, verificou-se que não havia um planejamento adequado dos processos, pois, conforme indica o croqui apresentado na Figura 5.20, observou-se que na fachada norte da edificação não existia nenhum trabalho sendo realizado, enquanto que, no lado oposto, existiam três processos em andamento.

A Figura 5.21 apresenta a fachada sul, na qual não existem trabalhos em execução, e as Figuras 5.22a e 5.22b mostram a fachada norte, onde os processos de elevação de alvenaria, execução de revestimento externo com granito e execução da rede externa (águas pluviais, esgoto, irrigação) desenvolviam-se ao mesmo tempo. A análise dessas imagens e do croqui da Figura 5.20 revela que o transporte dos materiais era realizado com dificuldade pelos operários devido aos longos trajetos entre os estoques ou ponto de produção, no caso da argamassa, e os postos de trabalho. Além disso, o caminho percorrido pelos materiais utilizados nos processos era o mesmo - todos passavam por uma estreita passagem situada ao lado do reservatório enterrado, causando congestionamentos.



Figura 5.21 – Vista da fachada sul



(a)

(b)

Figura 5.22 – Vista da fachada norte

A execução da rede externa, a localização do estoque de blocos junto ao posto de trabalho na alvenaria e a existência de andaimes dificultava ainda mais a movimentação dos materiais e da mão-de-obra e propiciava a ocorrência de interferências entre as equipes que trabalhavam na fachada norte. Porém, de acordo com o engenheiro da Empresa D, o planejamento das tarefas em um só lado da edificação havia sido analisado e as interferências haviam sido previstas. Entretanto, decidiu-se que esta fachada devia ser executada antes das demais para liberar a área para o paisagismo e por que os processos nessa fachada estavam mais adiantados.

Deste modo, pode-se concluir que a obra apresentava problemas no gerenciamento dos fluxos físicos do seu canteiro, pois tanto o fluxo de mão-de-obra como o de materiais necessitavam de uma melhor organização. Observou-se que a falta de planejamento adequado dos fluxos físicos ocasionava congestionamento do canteiro, interferências, longas distâncias de transporte além de propiciar a ocorrência de esforços adicionais para a execução dos trabalhos, devido à falta de organização dos locais de trabalho. Contudo, deve ser ressaltado que os congestionamentos não ocorriam devido à falta de espaço, pois o terreno era grande o suficiente para abrigar equipes, materiais e equipamentos de forma ordenada e sem interferir no desenvolvimento dos processos. Assim sendo, constatou-se que, além de não existir o planejamento formal de tarefas, não havia o planejamento adequado dos fluxos físicos.

#### 5.2.2.3 Definição dos ciclos de avaliação.

Após a análise geral da empresa e do canteiro de obras, foi realizada uma reunião com a diretoria da empresa, os engenheiros da obra, o consultor encarregado da implementação do planejamento e a pesquisadora, para que fosse apresentada uma avaliação geral do processo de planejamento e controle existente no canteiro de obras. Nessa reunião, foram definidos os dias e os horários para a realização das reuniões para elaboração e avaliação do planejamento semanal de tarefas, das quais a pesquisadora participava. Com o decorrer dos trabalhos do consultor, foram definidos os horários para as reuniões do planejamento de médio prazo.

Durante o período de realização desse estudo, a pesquisadora limitou-se a acompanhar e participar das reuniões para elaboração, divulgação e avaliação dos planos semanais realizadas pela Empresa C, e também das reuniões de elaboração e divulgação dos planos de quatro semanas, elaborados de forma conjunta pelas empresas C e D. Além disso, foram realizadas observações e discussões à respeito dos processos da obra e das reuniões para avaliação dos trabalhos relacionados ao planejamento bem como, foram registradas imagens dos trabalhos em andamento no canteiro. As visitas à obra ocorriam nos dias das reuniões do planejamento que aconteciam na própria obra, cuja periodicidade está abordada no item 5.2.2.4.

Todas as observações, impressões e conclusões da pesquisadora eram documentadas em um caderno de campo. Na Empresa C, ao contrário do estudo realizado na Empresa A, não foram apropriados dados quantitativos sobre a produção. Apenas os dados advindos da planilha do plano semanal foram coletados e avaliados.

#### 5.2.2.4 Acompanhamento das reuniões do planejamento

As reuniões para elaboração dos planos ocorria em períodos e dias estabelecidos em uma planilha de horários discutida com os engenheiros da obra, a diretoria da empresa e o consultor. O Quadro 5.1 apresenta a periodicidade de realização das reuniões relacionadas ao planejamento e controle da produção da obra e também indica as ferramentas utilizadas em cada reunião e os participantes das mesmas. Essas reuniões eram acompanhadas e registradas pela pesquisadora juntamente com o consultor e um auxiliar de pesquisa.

Além das reuniões indicadas no Quadro 5.1, uma outra reunião de avaliação era realizada para analisar o ciclo de planejamento correspondente a um mês de trabalho, a qual tinha como objetivo avaliar e discutir a evolução do processo de planejamento, além de definir ações que deviam ser implementadas para corrigir problemas ou para realizar melhorias no PCP. Nessa reunião, em que participavam os engenheiros da obra, os diretores da empresa, o consultor, a pesquisadora e o auxiliar de pesquisa, eram apresentados e discutidos os resultados alcançados durante o último mês.

Quadro 5.1 – Horários das reuniões do planejamento e controle da produção

Reunião	Ferramentas utilizadas	Participantes	Dia e horário
Discussão do relatório de controle do plano semanal para os subempreiteiros da Empresa C	Relatório de controle <sup>24</sup>	Empresa C, consultor, pesquisadora, auxiliar de pesquisa	Terças-feiras (período da tarde)
Elaboração do <i>Lookahead</i> 4 semanas	Planilha do <i>lookahead</i> 4 semanas	Empresas C e D, consultor, pesquisadora	Quartas-feiras das 16:00 às 18:00hs
Elaboração do plano semanal para os subempreiteiros da Empresa C	Planilha do plano semanal	Empresa C, pesquisadora, auxiliar de pesquisa	Quintas-feiras das 14:00 às 14:40hs
Divulgação do plano semanal para os subempreiteiros da Empresa C	Planilha do plano semanal, planta plastificada (Figura 5.23)	Empresa C, pesquisadora, auxiliar de pesquisa, subempreiteiros	Quintas-feiras das 14:40 às 15:40hs
Divulgação do <i>Lookahead</i> 4 semanas para todos os subempreiteiros da obra	Planilha do <i>lookahead</i> 4 semanas	Empresas C e D, consultor, pesquisadora, auxiliar de pesquisa	Quintas-feiras das 16:00 às 17:30hs

<sup>24</sup> O relatório de controle apresentava gráficos com indicação da evolução do PPC e das causas que impediam a realização das tarefas. Além disso, possuía um campo para registro de decisões tomadas após a análise e discussão dos dados coletados.

Além das planilhas utilizadas para a elaboração dos planos, uma planta baixa plastificada da obra (Figura 5.23) e canetas, para que se pudesse escrever na mesma, foram fornecidos para os engenheiros da Empresa C, visando facilitar o planejamento dos fluxos físicos. Em função da plastificação da planta, os fluxos planejados na semana anterior podiam ser apagados e registrados aqueles referentes à nova semana de trabalho. A planta ficava exposta na parede do escritório e nela encontravam-se indicados os respectivos locais onde os processos se desenvolviam. Contudo, a utilização da mesma para representar o fluxo das atividades e materiais não foi verificada.

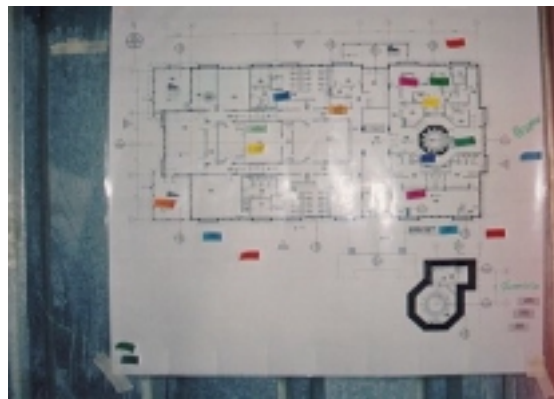


Figura 5.23 – Planta plastificada

A participação nas reuniões semanais e as visitas realizadas em campo permitiram que fossem feitas diversas considerações a respeito da forma como a empresa realizava o planejamento semanal e quadri-semanal e como os fluxos físicos eram tratados. Além disso, constatou-se que as exigências do cliente, por intermédio do seu fiscal, causavam problemas à continuidade dos trabalhos. A seguir estão descritas algumas considerações, relacionadas à gestão dos fluxos físicos, sobre o período de acompanhamento do processo de planejamento e controle da produção.

(a) Falta de consideração das restrições durante a elaboração do planejamento da obra

As restrições físicas não eram levadas em consideração na elaboração do cronograma executivo da obra, o que resultava em incerteza quanto aos prazos de conclusão das tarefas. Mesmo as atividades que apresentavam uma maior dificuldade de execução e exigiam um planejamento mais rigoroso, não tinham essas restrições consideradas de forma adequada. Um exemplo disso foi a execução da torre da igreja, que pertencia ao caminho crítico da programação, e exigia um maior cuidado na elaboração de fôrmas, concretagem e desforma. A torre encontrava-se a uma altura elevada e não teve as restrições de movimentação de equipes e materiais estudadas para diminuir o impacto da altura, durante o desenvolvimento da sua execução. Desta forma, a equipe responsável pelo processo não conseguia cumprir com os prazos estabelecidos no cronograma, pois alegava que o



tempo determinado para realizar os trabalhos era curto quando comparado ao grau de dificuldade das tarefas.

Constatou-se que, mesmo com a realização de reuniões para discussão e elaboração do planejamento semanal, a empresa continuava a descuidar de questões relacionadas às restrições temporais e espaciais que ocorriam entre os processos. Durante o início desse estudo, a empresa foi alertada da importância de considerar essas restrições para evitar interferências e situações que ocasionavam perdas no desenvolvimento dos processos. Porém, além de ter sido verificado o excesso de atividades que ocorriam na fachada norte da obra (item 5.2.2.2), observou-se que ocorreram uma série de tarefas programadas de forma simultânea na área referente à cobertura do templo. Na cobertura desenvolveram-se no mesmo período os processos de execução da torre e do reservatório superior, execução do telhado e elevação de alvenaria. Também deve ser salientado que os trabalhos de revestimento externo com granito e execução da rede externa da fachada sul foram iniciados no mesmo período, porém, devido a uma paralisação da equipe do granito, apenas a equipe da rede externa permaneceu trabalhando no local. Deste modo, verifica-se que, em alguns períodos, a densidade de pessoas trabalhando em uma determinada área era elevada e, em outros, era muito baixa. Apesar disto, a empresa não buscava estudar uma distribuição temporal das equipes que deviam trabalhar nos mesmos espaços. Os engenheiros alegavam falta de tempo para realizar um planejamento adequado das tarefas da obra e deve ser salientado que, durante as reuniões de elaboração dos planos, os engenheiros eram interrompidos a todo instante pelo pessoal da obra e por telefonemas. Deste modo, durante as reuniões, apenas eram definidos os pacotes de trabalho e pouca análise era feita com relação ao desenvolvimento dos fluxos físicos. Por vezes, verificou-se a discussão de questões relacionadas a restrições de movimentação de materiais, durante a definição das tarefas para as equipes, mas não havia um estudo formal dessas questões.

(b) Os critérios de definição, dimensionamento e confiabilidade e a elaboração dos planos

Questões relacionadas à definição e dimensionamento das tarefas foram observadas como aspectos fundamentais na manutenção da continuidade dentro dos processos. Os pacotes de trabalho com baixo nível de definição não permitiam que a empresa verificasse a conclusão das tarefas, contribuindo para a ocorrência de equipes mal dimensionadas, que não conseguiam finalizar as tarefas designadas para elas e impediam que as equipes seguintes pudessem realizar os trabalhos. Contudo, ao invés de efetuar melhorias na definição dos pacotes de trabalho, a empresa achava que a solução para resolver os atrasos era aumentar o número de trabalhadores envolvidos nos processos e planejar a execução dos arremates que conduziam as equipes novamente aos postos de trabalho para finalizar as tarefas. Essa postura reativa contribuía para o aumento de pessoal nos postos de trabalho e conseqüente aumento dos congestionamentos e dificuldades de controle.

Constatou-se através da análise do plano semanal que foram gastos, pelo menos, 14 dias para efetuar arremates na estrutura da obra até que fossem atingidos os padrões de qualidade exigidos pelo

cliente. A observação desse índice revela que a empresa devia preocupar-se mais com a qualidade dos serviços prestados pelos seus subempreiteiros, para evitar que, posteriormente, uma elevada parcela de tempo fosse gasta em retrabalhos. Esses arremates impediam a continuidade dos processos seguintes e geravam variabilidade na execução e interferências com outras tarefas que deviam ser desempenhadas nos mesmos locais e períodos.

Foi verificada a ocorrência de tarefas que não eram executadas por falta de materiais. Embora as tarefas cujos materiais não estivessem disponíveis não devessem ser programadas, a Empresa C designava essas tarefas, acreditando que os fornecedores entregariam os materiais a tempo, o que nem sempre ocorria. Por esse motivo, a produção sofria com os efeitos ocasionados pela incerteza no fluxo de abastecimento à obra.

(c) As interferências por parte do cliente e a incerteza no ambiente produtivo

Devido às interferências do fiscal que representava os interesses do cliente e às indefinições de projeto, diversas atividades eram refeitas ou paralisadas mesmo quando já haviam sido iniciadas. Isto causava atrasos que se propagavam para outros processos, gerando incerteza quanto à execução e finalização das tarefas. Foi discutido com a Empresa C que os planos só deviam conter tarefas que realmente podiam ser executadas. Desta forma, tarefas que não haviam sido aprovadas pelo cliente não podiam ser selecionadas para fazerem parte do plano semanal, pois podiam ocasionar o descrédito do plano por parte das equipes. Porém, o critério de confiabilidade dos planos nem sempre era observado, e a empresa continuava a programar as tarefas não liberadas para que, no momento em que o cliente as liberasse, as equipes estivessem prontas para iniciar o processo. No entanto, existia uma preocupação da Empresa C em alocar tarefas reservas para manter as equipes subcontratadas trabalhando de forma contínua, para que as mesmas não fossem deslocadas para outras obras

As interferências por parte do cliente também contribuía para o aumento do trabalho em progresso, visto que, os processos eram iniciados e paralisados. No caso da execução do reservatório enterrado (Figura 5.24), o fiscal exigiu a realização de testes, relacionados à impermeabilização, que não estavam previstos no projeto, o que ocasionou um impasse entre o cliente e as Empresas C e D. Devido a esse problema, o reservatório não podia ser reaterrado o que dificultava a circulação dentro do canteiro e impedia a realização dos trabalhos de paisagismo.



Figura 5.24 – Trabalho em progresso: execução do reservatório enterrado.

Outro processo que ficou paralisado, por um longo período, devido às interferências do cliente foi a execução de vedações internas com gesso acartonado. Os trabalhos foram iniciados, os montantes e algumas placas foram colocadas. Entretanto, o cliente, que era responsável pelo fornecimento das tubulações colocadas no interior das paredes, atrasou a entrega do material por várias semanas. Dessa forma, o produto vedação interna não podia ser concluído e impedia que fosse dado prosseguimento às demais tarefas subsequentes como execução do forro de gesso, execução de piso entre outros<sup>25</sup>.

A incerteza da liberação das tarefas acabou causando problemas para o subempreiteiro responsável pela execução das vedações internas, pois, no momento em que os trabalhos podiam ser iniciados, o mesmo não tinha mão-de-obra disponível para a realização das tarefas.

Devido ao baixo grau de previsibilidade na programação da referida obra, os subcontratados precisavam se adequar às variações pela demanda de pessoal e ter um contingente de mão-de-obra disponível para atender às solicitações, quando fossem requisitados. Além disso, as interrupções no fluxo de trabalho causavam atividades relacionadas à mobilização e desmobilização das equipes. Essa prática ocasionava perdas no efeito aprendizado e gerava atividades que não agregavam valor para o produto final, como, por exemplo, a montagem e desmontagem de andaimes e de equipamentos utilizados para execução dos trabalhos.

(d) Sobre o plano de quatro semanas

Deve ser salientado que, apesar de terem sido realizadas reuniões para elaboração do planejamento de quatro semanas, a pesquisadora não constatou a efetiva utilização dos mesmos, embora muitas discussões a respeito do processo de preparação desse plano tenham sido realizadas. Durante o acompanhamento das reuniões do plano de quatro semanas, verificou-se o empenho dos engenheiros das empresas C e D em elaborá-lo. Contudo, devido às constantes atualizações do cronograma da obra, principalmente devido às interferências do cliente, a preparação desse plano foi

<sup>25</sup> Além dos processos apontados, a execução do ar-condicionado e a execução das fachadas com granito, bem como os processos posteriores aos mesmos, foram paralisados pelo fiscal da obra após terem sido iniciados, devido às exigências relativas às características dos materiais utilizados.

dificultada. A cada semana, ao invés de serem incluídas as tarefas referentes a mais uma semana de trabalho e aquelas que não haviam sido executadas, os engenheiros necessitavam revisar todas as tarefas que constavam no plano quadri-semanal, devido à modificações na programação da obra. Essa necessidade constante de revisões e retrabalhos acabava consumindo uma elevada parcela de tempo dos engenheiros responsáveis pelo planejamento e, muitas vezes, esse esforço era desperdiçado quando as interferências por parte do cliente ocorriam após o início das tarefas que haviam sido planejadas.

Apesar desses problemas, a pesquisadora constatou a importância que a realização do plano de quatro semanas tem na antecipação aos problemas e restrições da produção, os quais devem ser solucionados com antecedência para que a mesma fique protegida de incertezas. Durante as discussões sobre a definição e dimensionamento do pacotes, bem como sobre a sua seqüência de execução surgiam oportunidades para que fossem avaliados os problemas antes que os processos tivessem início. Os engenheiros chegaram a sugerir que fossem designadas nos planos as providências que deviam ser tomadas para que os pacotes de trabalho fossem liberados livres de interferências, e o fluxo de trabalho seguisse de forma contínua. Outra sugestão dos engenheiros, era repassar o plano de quatro semanas para o fiscal da obra de forma que esse avaliasse a possibilidade de realização das tarefas, e indicasse as que não poderiam ser iniciadas e o que fazer para que elas pudessem ser executadas. Além disso, nessa etapa, poderiam ser designados os locais de descarregamento e estoque dos materiais e equipamentos utilizados, bem como a reprogramação ou cancelamento dos pedidos de material para os processos sem a previsão de início, para deixar o canteiro organizado e livre de congestionamentos. Atitudes como estas poderiam auxiliar na gestão dos fluxos físicos e garantir a continuidade e a terminalidade dos processos, através da remoção dos entraves que dificultavam a realização da tarefas nesta obra.

#### 5.2.2.5 Considerações finais sobre o estudo de caso da Empresa C

O estudo de caso realizado na Empresa C apontou alguns problemas que dificultam a gestão dos fluxos físicos de forma integrada ao processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Dentre os maiores problemas encontra-se a dificuldade que os engenheiros têm de elaborar os planos em um tempo livre de interrupções, no qual possam estudar e decidir as melhores soluções para a produção. Deste modo, as restrições e interferências não eram avaliadas de forma adequada, e a variabilidade alcançava a produção ocasionando perdas nos fluxos físicos.

Outro aspecto que se mostrou de grande impacto na gestão dos fluxos físicos foram os problemas de comunicação entre a obra e o departamento de compras da empresa. Esse adquiria os materiais e os enviava para o canteiro mesmo quando não eram necessários porque a administração da obra não informava sobre atrasos na programação dos processos. Em contrapartida, também verificou-se que, por vezes, as tarefas não podiam ser executadas pois os materiais não haviam sido disponibilizados a tempo, devido a atrasos na entrega por parte dos fornecedores ou na solicitação dos

recursos por parte dos engenheiros ou do setor de compras. Essas práticas causavam descontinuidade nos fluxos de trabalho devido às variações oriundas do fluxo de material.

O acompanhamento das discussões para elaboração do planejamento *lookahead*, revelou que, neste nível, a incerteza pode ser minimizada caso sejam identificadas as providências que devem tomadas para que o fluxo de trabalho não seja interrompido. As indefinições por parte do cliente e as interferências nos processos já iniciados poderiam ter sido eliminadas ou reduzidas, neste nível, caso as ações necessárias para remover as restrições fossem identificadas e solucionadas de forma conjunta entre engenheiros e o fiscal da obra. Para realizar o planejamento da distribuição física no canteiro, a utilização de uma planta com indicação das seqüências dos processos e identificação da localização de materiais e equipamentos, poderia facilitar a gestão dos fluxos físicos tanto no plano de médio prazo como no semanal.

### 5.2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS DE CASO

Os estudos realizados nas duas empresas pesquisadas apontaram questões relevantes para a gestão dos fluxos físicos e comprovaram a importância da sua realização de forma integrada ao processo de planejamento e controle da produção. Além disso, cada um dos estudos contribuiu de forma diferente para a elaboração das diretrizes destacadas no item 5.3 a seguir. O estudo da Empresa A revelou que a utilização de ferramentas que conferem transparência aos fluxos auxiliam no entendimento da forma como os mesmos se desenvolvem no canteiro e podem ser utilizadas nos ciclos de planejamento semanal como fontes de dados sobre a produção.

Além disso, tanto no estudo da Empresa A quanto da Empresa C foram observadas diversas práticas que contribuem ou não para a terminalidade e continuidade dos processos e, a ocorrência de perdas nos fluxos de material e mão-de-obra. Por fim, constatou-se que as decisões relacionadas aos fluxos físicos devem ser observadas em diferentes níveis do processo de planejamento e controle da produção e que a administração da obra deve estar comprometida com a melhoria das condições de desenvolvimento dos fluxos no canteiro de obras. Caso isto não ocorra, os fluxos são apenas monitorados e não são controlados.

Durante a realização dos estudos de caso foi possível identificar falhas que ocorriam nos processos de planejamento e controle da produção das empresas estudadas, seus reflexos na produção e possíveis formas de combater os problemas oriundos da falta de um gerenciamento adequado dos fluxos físicos. A partir destas constatações foi possível a elaboração de diretrizes objetivando a consideração das questões relacionadas à gestão dos fluxos físicos, de forma integrada ao processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Além disso, com a realização dos estudos de caso foi possível identificar os momentos em que devem ser tomadas decisões e utilizadas ferramentas que possam auxiliar na gestão dos fluxos físicos integrada ao PCP. Por fim, cabe destacar que durante a etapa de revisão bibliográfica desta dissertação foram identificadas diferentes

publicações que tratavam de questões isoladas relacionadas à gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras, as quais foram abordadas nos estudos de caso deste trabalho de forma conjunta, com base nos conceitos e princípios da Construção Enxuta.

### 5.3 PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA A GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS EM CANTEIROS DE OBRAS

Neste item apresenta-se uma proposta de diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obra, baseada na revisão bibliográfica e nos estudos de caso realizados durante o período de estudo de campo desse trabalho.

#### 5.3.1 MINIMIZAÇÃO DA INCERTEZA E DA VARIABILIDADE NOS FLUXOS

Conforme discutido no item 3.4.2 desta dissertação, é preciso reduzir a incerteza através da antecipação aos problemas e redução das variações nos fluxos de recursos e insumos que abastecem a produção. Deste modo, a partir do momento em que a incerteza passa a ser reduzida nesses fluxos, a tendência é a redução da variabilidade nos processos e, conseqüentemente, redução das atividades que não agregam valor ao produto final. Uma das formas de lidar com a incerteza é através da hierarquização do processo de planejamento e controle da produção e, conseqüentemente, da consideração de aspectos relacionados à gestão dos fluxos físicos em cada um deles. Ou seja, a cada nível do planejamento estão associadas definições e ações que podem contribuir para que os fluxos desenvolvam-se protegidos dos efeitos nocivos da incerteza.

Os fluxos que abastecem a produção consistem no repasse de projetos, documentos e especificações para o canteiro, no fornecimento de mão-de-obra, materiais, ferramentas e equipamentos necessários para o desenvolvimento dos processos. A incerteza relacionada a esses elementos ocasiona variações na produção, através da geração de esperas, paralisações e ocorrência de atividades que não agregam valor aos fluxos de material e mão-de-obra.

Uma forma de reduzir a incerteza associada ao fornecimento dos elementos necessários para a produção é através do estabelecimento de pontos de verificação quando do planejamento das atividades, os quais são discutidos no item 5.3.4 a seguir. Os requisitos de qualidade indicados no item 3.6.3 para elaboração do plano de curto prazo consistem em uma boa forma de proteger a produção das incertezas. Contudo, também nos planos de médio e longo prazo existem formas de diminuir a incerteza que atinge a produção. Na etapa de elaboração do plano de médio prazo, devem ser definidos os pacotes de trabalho e as ações necessárias para torná-los prontos para a execução, tais como obtenção e aprovação de projetos, aquisição de recursos, entre outros, conforme indicado no item 3.6.2. No plano de longo prazo, podem ser desenvolvidas parcerias com fornecedores que, além de oferecerem insumos com qualidade, sejam pontuais nas entregas solicitadas pela empresa. Além disso, os projetistas devem estar comprometidos com a entrega dos projetos antes do início previsto para início dos trabalhos da obra. Por fim, a administração da obra deve comprometer-se em somente

programar as tarefas que estejam com todos os recursos disponíveis para serem executadas, conforme proposto por BALLARD e HOWELL (1998). Para que esses procedimentos não sejam esquecidos, a empresa pode criar documentos contendo as datas previstas para a entrega de recursos, os quais devem ser assinados pelos envolvidos como forma de comprometer-se com o que foi estabelecido. Além disso, a programação do empreendimento deve indicar de forma transparente as datas para solicitação dos recursos, as quais devem ser observadas pela administração da obra, para que não ocorram atrasos no abastecimento do processos.

No estudo de caso da Empresa A verificou-se, através da elaboração de mapofluxogramas e diagramas de processo e do registro de imagens, que a falta de planejamento dos postos de trabalho e da padronização dos processos ocasionavam variabilidade na execução dos trabalhos. Uma forma de combater essa variabilidade é através do estudo e padronização dos processos. A empresa deve definir os métodos construtivos na etapa de projeto, mas, durante a elaboração do planejamento de médio prazo há a necessidade de conduzir estudos de forma conjunta entre a administração da obra e os subempreiteiros de modo a definir a melhor forma de desenvolvimento do processo, dadas as condições do canteiro. Para a realização desses estudos podem ser utilizados diagramas de processo e mapofluxogramas, que são formas transparentes de documentar e divulgar dados relacionados à produção. Após a padronização dos processos deve haver a divulgação de como os mesmos devem ser conduzidos e deve existir um controle para detectar desvios e corrigi-los. Isso pode ser feito através do registro de imagens e da elaboração de novos mapas e diagramas para avaliar o andamento dos trabalhos. A coleta de indicadores, abordada no item 5.3.7 também constitui-se em uma forma de lidar com a incerteza e controlar a produção.

### 5.3.2 CONSIDERAÇÃO DAS RESTRIÇÕES DE TEMPO E ESPAÇO

Durante a elaboração do plano de médio prazo, ao serem designados os pacotes de trabalho para as semanas seguintes, deve-se proceder a uma avaliação das necessidades espaciais de cada processo. Essa análise visa identificar e solucionar, previamente, possíveis interferências entre as equipes e os elementos utilizados por estas para desempenharem as suas tarefas. No estudo de caso da Empresa C, verificou-se a ocorrência de interferências entre equipes que realizavam trabalhos em uma mesma fachada da obra, indicando que um estudo das restrições de tempo e espaço poderia ter sido conduzido para que se tivesse uma melhor distribuição desses processos temporal e espacialmente.

Para realizar o estudo da distribuição temporal e espacial dos trabalhos, pode-se utilizar uma planta baixa para indicar os espaços necessários para a execução de cada tarefa e as seqüências de desenvolvimento dos trabalhos, de modo que não ocorram congestionamentos. Para cada processo em desenvolvimento podem ser utilizadas cores diferentes para facilitar a análise e o planejamento das áreas. A distribuição das equipes no tempo e no espaço deve ser tal que evite a ocorrência de

movimentações e atividades desnecessárias para o processo e a seqüência de execução, sempre que possível, deve evitar o cruzamento de fluxos de processos distintos.

### 5.3.3 CONTINUIDADE E TERMINALIDADE

A seqüência de execução dos processos deve propiciar a continuidade dos trabalhos, e deve ser observada para que as equipes possam obter ganhos com o efeito aprendido e contribuam para o alcance das metas da produção. No estudo de caso da Empresa A constatou-se a ocorrência de problemas de continuidade e terminalidade no processo de execução de piso, bem como no processo de execução da alvenaria da piscina, que poderia ter causado problemas aos produtos já executados na cobertura. Na Empresa C, a questão da continuidade e da terminalidade estavam relacionadas às indefinições de projeto e interferências por parte do cliente. Esses problemas aconteceram pois as tarefas não foram planejadas com base em critérios que propiciem a continuidade e terminalidade aos processos, e também devido à falta de comprometimento da administração e do cliente para com essas questões. A falta de observação desses critérios ocasionam, principalmente, problemas nos fluxos de mão-de-obra, que são muito freqüentemente interrompidos.

Um aspecto que se revela de grande importância para a continuidade dos processos é a terminalidade, que está relacionada a finalização de tarefas nos prazos estabelecidos e com a qualidade determinada. Outra questão relacionada a terminalidade é a adequada definição dos pacotes de trabalho de forma a considerarem a execução completa de determinados elementos ou áreas da edificação. Além do adequado sequenciamento dos processos, uma outra forma de contribuir para a manutenção da terminalidade e da continuidade consiste na elaboração, no plano de médio prazo, de pacotes de trabalho com um elevado grau de definição do que deve ser executado, do nível de aceitação exigido e do prazo de realização do mesmo. A terminalidade também está relacionada ao estabelecimento de uma seqüência de execução das tarefas que evite a circulação de pessoas e materiais por áreas já concluídas, pois essa movimentação pode causar danos às tarefas executadas. Essas são algumas das exigências para que não seja necessária a execução de arremates e retrabalhos, os quais podem contribuir para o aumento de interferências entre equipes e perdas na produção devido à necessidade de serem refeitos trabalhos já executados.

A observação dos aspectos supracitados relacionados à continuidade e terminalidade dos processos pode contribuir para a redução da ocorrência do trabalho em progresso, pois os processos são iniciados e finalizados no tempo necessário para a sua execução, sem a ocorrência de paralisações que aumentam o tempo de conclusão e liberação das áreas para equipes posteriores.



#### 5.3.4 NIVEIS DA GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

A gestão dos fluxos físicos deve ser observada em diferentes níveis do processo de planejamento e controle da produção, desde a elaboração do plano de longo prazo até a preparação do plano semanal. Algumas decisões relacionadas ao canteiro de obras têm origem na fase de projeto do empreendimento e devem ser avaliadas, nessa etapa, as implicações que as decisões relacionadas à localização de instalações provisórias, *stand* de vendas e acesso à obra podem ter sobre o desenvolvimento dos fluxos.

Durante o estudo do canteiro, deve-se analisar a disposição de elementos com o objetivo de permitir o acesso de caminhões para descarregamento de materiais no canteiro; o posicionamento adequado de equipamentos de transporte vertical; disposição de instalações sanitárias, próximas aos locais trabalho, entre outros aspectos.

No planejamento de longo prazo, de acordo com FORMOSO et al. (1999), devem ser estabelecidas decisões a respeito de ritmos e seqüência de execução dos processos, considerando-se critérios técnicos e disponibilidade financeira; parcerias com fornecedores; definição de equipamentos de transporte a serem adquiridos pela empresa; e localização de estoques.

Durante a realização do planejamento de longo prazo, um primeiro estudo sobre a distribuição de materiais e equipes deve ser conduzido de forma a avaliar a seqüência e os prazos de execução dos processos que estão programados para um mesmo período, visando identificar restrições e interferências relacionadas à realização dos mesmos. Além disso, o plano elaborado nesse nível deve considerar aspectos relacionados à terminalidade, através do adequado ordenamento de processos, evitando que os últimos processos programados possam causar danos aos anteriores. Essa observação visa eliminar, ou pelo menos reduzir, problemas como os que foram identificados no estudo de caso da Empresa A, nos processos de execução do piso e impermeabilização.

Na etapa de elaboração do plano de médio prazo, uma forma de realizar o planejamento dos fluxos físicos, pode ser através da utilização de cópias das plantas em tamanho A4 com indicação dos locais de execução das tarefas. Para cada semana indicada no *lookahead* poderiam ser indicadas as posições das equipes, a distribuição dos materiais e equipamentos necessários referentes a cada processo, bem como a seqüência de execução do processo. Ou seja, para cada semana de trabalho deve ser conduzida uma análise das restrições temporais e espaciais, de forma que essas sejam solucionadas antes da liberação das tarefas para o plano de curto prazo.

Por fim, o plano de curto prazo deve ser monitorado e ações devem ser conduzidas no sentido de controlar a produção e a ocorrência de problemas que interrompem o fluxo produtivo. A planilha que abriga as tarefas do planejamento de curto prazo pode conter um campo para indicar o total de horas trabalhadas em cada tarefa e as quantidades de trabalho executado, de forma a auxiliar na elaboração de mapas de acompanhamento para serem utilizados na apropriação de índices de produção. Desse

modo, além de controlar o tempo, através da programação das tarefas, o plano de curto prazo pode fornecer dados para o controle do fluxo de mão-de-obra em cada processo. A obtenção de indicadores de produção e produtividade podem contribuir para o planejamento das tarefas no plano de médio prazo, com base em dados relacionados aos fluxos de mão-de-obra, bem como para o aumento da previsibilidade e controle da execução dos produtos ao longo do tempo.

#### 5.3.5 TRANSPARÊNCIA E A GESTÃO DOS FLUXOS FÍSICOS

A organização e adequada sinalização do canteiro têm grande importância para o desenvolvimento dos fluxos, aumentando a transparência dos processos. Com a definição e delimitação clara do local de estocagem para cada insumo, pode-se facilmente reconhecer os desvios. Essa prática pode reduzir a ocorrência de movimentações e manuseio desnecessários, além de poder reduzir a ocorrência de congestionamentos devido a materiais, ferramentas e equipamentos que se encontram espalhados de forma desorganizada pelo canteiro.

Para proporcionar transparência aos fluxos físicos, podem ser utilizadas ferramentas para a coleta e divulgação de dados sobre a produção. Os gráficos, imagens, plantas, diagramas e mapofluxogramas podem ser utilizados como fonte de informações para auxiliar na tomada de decisão com base em dados e fatos, durante as reuniões de planejamento. Além disso, os diagramas e mapofluxogramas podem auxiliar na realização de simulações em planta com o objetivo de analisar e melhorar a forma de desenvolvimento dos trabalhos, através da eliminação de práticas que contribuem para a ocorrência perdas e da identificação de seqüências e formas de produção mais eficientes.

#### 5.3.6 DETERMINAÇÃO DE ATRIBUIÇÕES DA ADMINISTRAÇÃO DA OBRA E DOS SUBEMPREENHEIROS

Mesmo que a empresa trabalhe com mão-de-obra subcontratada, a administração da obra deve planejar e repassar para os subcontratados os padrões de execução desenvolvidos pela empresa, de modo a garantir a uniformidade e continuidade dos fluxos produtivos. O subempreiteiro deve estar comprometido com o cumprimento dos padrões, bem como, auxiliado pela administração da obra, deve organizar a sua equipe nos postos de trabalho e no canteiro, além de fornecer equipamentos e ferramentas adequados. À administração da obra cabe planejar a distribuição racional de materiais dentro do canteiro e nos postos de trabalho de forma que as equipes não necessitem realizar grandes deslocamentos para obtê-los, bem como reconheçam os locais onde devem ser posicionados no posto de trabalho.

A empresa responsável pelo fornecimento dos equipamentos utilizados no transporte e armazenamento de materiais, seja ela contratante ou subcontratada, deve prever a disponibilização de equipamentos para abrigar e realizar o transporte dos diferentes materiais utilizados nos processos, de acordo com as características dos materiais, as condições do canteiro e as suas vias de circulação.

Esse aspecto deve ser ressaltado pois algumas empresas costumam utilizar um mesmo equipamento de transporte para movimentar materiais com diferentes características, ou ainda, devido à falta de orientação da mão-de-obra, equipamentos e ferramentas são utilizados de forma inadequada para abrigar estoques e efetuar o transporte dos materiais. No estudo exploratório da Empresa A, constatou-se que um operário utilizava-se de uma desempenadeira, ou um banco como ponto de estoque de pequenas quantidades do material argamassa, devido à falta de uma masseira que abrigasse o material de forma adequada. Essa má utilização acaba por contribuir para o aumento da variabilidade e, conseqüentemente, das atividades que não agregam valor no processo e do desgaste dos operários envolvidos com o transporte e a utilização dos materiais.

Em situações com exigências especiais, tais como trabalhos realizados em grandes alturas ou em áreas de risco, devem ser previstos, equipamentos e ferramentas que proporcionem principalmente segurança aos trabalhadores, mas também contribuam para a realização dos processos da forma mais eficiente. Essa atribuição deve recair sobre o responsável pela equipe que executa os trabalhos e ser analisada pelo responsável pela obra. A realização de estudos através da utilização de diagramas de processo, mapofluxogramas e fotos do local onde o processo deve ser realizado pode contribuir para o planejamento da melhor forma de ordenar as atividades, pois permitem que todo o processo seja avaliado e possibilitam a identificação das atividades que podem ser eliminadas ou aquelas que devem ser substituídas por outras mais eficientes. Esse estudo pode ser realizado de forma conjunta entre os envolvidos no processo, antes do início da execução das tarefas.

### 5.3.7 MONITORAMENTO E CONTROLE DOS FLUXOS FÍSICOS

As ferramentas utilizadas para dar transparência aos fluxos físicos podem ser utilizadas para a realização do monitoramento da forma como esses se desenvolvem. Contudo, a implementação de ações para corrigir os desvios dependem do comprometimento da administração da obra. Portanto, os diagramas de processo, mapofluxogramas, registro de imagens, listas de verificação, planilhas, mapas de acompanhamento e gráficos podem fornecer informações para a elaboração dos planos com base em dados e fatos. Porém, deve-se ressaltar que a sua utilização deve ser acompanhada por uma análise que vise identificar os pontos nos quais podem ser efetuadas melhorias.

Deve ser definida pela administração da obra a periodicidade e os meios de coleta e disponibilização dos dados, bem como devem ser selecionados os processos e materiais a serem acompanhados, de acordo com as restrições e necessidades da empresa. Cabe salientar que os períodos de coleta de dados sobre um determinado processo devem ser compatíveis com o prazo de realização do mesmo. Por exemplo, processos com prazo de execução de vários meses podem ter dados coletados semanalmente, enquanto processos com duração de poucas semanas ou dias devem ter dados apropriados diariamente, para que ações possam ser implementadas para melhorar o

desempenho da produção com o processo ainda em desenvolvimento. A compatibilidade entre os ciclos de coleta de dados e os períodos de elaboração dos planos é um aspecto fundamental no controle dos fluxos físicos, ou seja, as informações que advêm da produção devem alimentar o processo de planejamento e controle da produção.

A seguir, o Quadro 5.2 apresenta uma proposta de hierarquização do uso de diferentes ferramentas e análises relativas à gestão dos fluxos físicos, segundo os diferentes níveis do processo de planejamento e controle da produção.

Quadro 5.2 – A gestão dos fluxos físicos e o processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP)

<b>NÍVEL DO PLANEJAMENTO</b>	<b>O QUE DEVE SER ANALISADO?</b>	<b>ATRAVÉS DE QUE ELEMENTOS A ANÁLISE DEVE SER CONDUZIDA?</b>	<b>QUEM DEVE CONDUZIR A ANÁLISE?</b>	<b>QUAL A PERIODICIDADE?</b>
<b>Longo prazo</b>	Parcerias com fornecedores de material e mão-de-obra	Contratos Especificações da empresa	Diretoria da empresa Administração da obra <sup>26</sup>	Início da obra Sempre que for necessária a contratação de um fornecedor
	Definição dos locais de armazenamento dos materiais	Planta baixa Programação da obra Mapofluxograma	Administração da obra	Início da obra Quando houver o término de grandes etapas da obra tais como: estrutura, alvenaria, acabamento
	Definição dos equipamentos de transporte	Planta baixa Programação da obra Métodos construtivos especificados em projeto	Administração da obra	No início da obra deve ser feita a opção pelo uso de guas ou elevadores de carga, passageiros (de acordo com a norma de segurança) ou guincho de menor capacidade.
	Capacidade produtiva, definição de ritmos prazos e seqüências	Índices apropriados em obras da empresa Programação Disponibilidade financeira Projeto da obra	Administração da obra	Início da obra e durante as avaliações do processo de PCP
<b>Médio prazo</b>	Restrições de tempo e espaço	Plantas da edificação Programação da obra Mapofluxograma	Administração da obra Mestre de obras	Cada vez que um novo processo for iniciado Sempre que a empresa decidir efetuar melhorias nos processos

Quadro 5.2 – A gestão dos fluxos físicos e o processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP)  
(continuação)

NÍVEL DO PLANEJAMENTO	O QUE DEVE SER ANALISADO?	ATRAVÉS DE QUE ELEMENTOS A ANÁLISE DEVE SER CONDUZIDA?	QUEM DEVE CONDUZIR A ANÁLISE?	QUAL A PERIODICIDADE?
<b>Médio prazo</b>	Planejamento da forma de execução dos trabalhos	Registro de imagens do local de desenvolvimento do processo Diagrama de processo	Administração da obra Mestre de obras Subempreiteiros	Cada vez que um novo processo for iniciado Sempre que a empresa decidir efetuar melhorias nos processos
	Evolução da produção e produtividade dos processos	Gráficos com indicadores de produção e produtividade Programação da obra Orçamento da obra	Administração da obra Mestre de obras	A cada período durante a elaboração do plano de médio prazo
	Índices de consumo de materiais	Programação da obra Orçamento da obra Gráficos com indicadores de produção e produtividade (para analisar as relações entre o consumo e a produtividade dos processos)	Administração da obra Mestre de obras	A cada período durante a elaboração do plano de médio prazo
<b>Curto prazo</b>	Indicadores de produção e produtividade dos processos	Cartão de produção Mapa de acompanhamento	A administração da obra e o mestre de obras devem avaliar os dados coletados por um apontador	Durante o período de realização dos processos os dados devem ser coletados e avaliados nas reuniões do plano de curto prazo
	Indicadores de consumo de materiais	Planilha para acompanhamento do consumo de materiais	A administração da obra e o mestre de obras devem avaliar os dados coletados por um apontador	Durante o período de realização dos processos os dados devem ser coletados e avaliados nas reuniões do plano de curto prazo
	Controle do desenvolvimento dos fluxos	Diagrama de processo Mapofluxograma Registro de imagens Plantas da edificação Listas de verificação	A administração da obra juntamente com o mestre de obras e os subempreiteiros	Durante o período de realização dos processos os dados devem ser coletados e avaliados nas reuniões do plano de curto prazo

<sup>26</sup> Fazem parte da administração da obra engenheiro da obra e/ou arquiteto.

Muito embora outros indicadores possam ser coletados nos diferentes níveis do processo de PCP, tais como o Percentual de Planos Completos (PPC) e as causas para a não realização das tarefas, dentre outros, esses não estão apresentados no Quadro 5.2, pois não estão diretamente relacionados à gestão dos fluxos físicos. Também deve ser ressaltado que cada empresa pode definir uma forma diferente de analisar, monitorar e controlar seus fluxos físicos, dependendo das suas necessidades específicas.

Com base na proposição da gestão dos fluxos físicos integrada ao PCP, pode-se ainda, sugerir que sejam estabelecidas certas regras em cada um dos níveis de planejamento, de forma a darem mais autonomia para que o processo seja parado quando as regras não estão sendo cumpridas. Isso quer dizer que, em cada nível do planejamento podem ser estabelecidos critérios para a liberação de planos, procedimentos ou tarefas. Por exemplo, uma lista de verificação pode ser elaborada para que seja feita a análise temporal e espacial das tarefas a serem realizadas em um determinado período. Essa lista visa a eliminação de congestionamentos, interferências e movimentações desnecessárias, e deve ser utilizada na elaboração do plano de médio prazo. As tarefas analisadas com o auxílio da lista e consideradas sem restrições podem ser liberadas para a produção, caso contrário, o administrador tem autonomia para impedir que a mesma seja designada para o plano de curto prazo. Podem ser elaboradas listas de verificação, contendo requisitos mínimos, para que os produtos de cada etapa do planejamento atendam a critérios relacionados ao combate às perdas nos fluxos físicos. Esses critérios abordados nos itens anteriores – redução da incerteza e da variabilidade, continuidade e terminalidade, transparência dos fluxos, entre outros – devem ser observados para que os fluxos se desenvolvam de forma mais eficiente e sejam controlados de forma integrada ao PCP.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada nesta dissertação visou ao estudo os fluxos físicos dos canteiros de obras de empresas de pequeno porte. Foi constatado que nas obras analisadas não havia um planejamento adequado dos fluxos físicos. A administração da obra não observava questões relacionadas a gestão dos fluxos físicos, e, desta forma, os fluxos desenvolviam-se de forma desordenada ocasionando atividades que não agregavam valor aos processos e perdas nos fluxos de mão-de-obra e materiais.

Durante a realização do trabalho, foi comprovado o potencial que as ferramentas utilizadas tinham para apontar de forma transparente os problemas nos fluxos da produção, bem como indicar os pontos onde melhorias podiam ser implementadas. A facilidade de aplicação das ferramentas e compreensão dos dados coletados, além do baixo custo de apropriação das informações da produção, demonstram que os meios utilizados para a coleta dos dados são potencialmente indicados para a gestão dos fluxos físicos dos canteiros de obras, de forma integrada ao processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) nas empresas de construção civil. Essas constatações confirmaram a hipótese de que a utilização de ferramentas, indicadores e dispositivos visuais de baixo custo podem auxiliar na gestão dos fluxos físicos de canteiros de obras de forma integrada ao PCP.

Contudo, observou-se que as informações advindas da produção não devem ser apenas coletadas, mas analisadas e discutidas para que possam ser utilizadas durante a realização dos planos. A inserção das ferramentas nas rotinas do processo de PCP apresentou-se como um fator de grande importância para a gestão dos fluxos físicos de forma integrada ao PCP. A realização de reuniões para elaboração e análise dos planos consistiam em boas oportunidades para que os dados relativos aos fluxos físicos fossem apresentados e avaliados de forma conjunta pela pesquisadora e pela administração da obra. Outro aspecto que deve ser salientado é a necessidade da participação dos subempreiteiros nas reuniões de forma a auxiliar a administração da obra a realizar o planejamento. Os responsáveis pela mão-de-obra subempreitada devem participar das reuniões para, entre outras coisas, planejar a disposição dos elementos no posto de trabalho de forma a evitar perdas nos fluxos físicos, tais como: transporte por longas distâncias, movimentações desnecessárias, esperas, entre outras.

Através da utilização das ferramentas selecionadas e adaptadas para o estudo, juntamente com o acompanhamento das reuniões e da produção, foram observadas as dificuldades que os administradores das obras pesquisadas tinham para realizar o planejamento dos fluxos da obra. Primeiramente, a falta de tempo foi observada como um fator que dificultava a realização do planejamento adequado da produção. Os gerentes das obras realizavam apenas o planejamento

temporal das tarefas. As empresas acompanhadas no estudo de caso, apesar de realizarem o planejamento semanal de tarefas, não coletavam indicadores da sua produção, e planejavam com base nas datas estabelecidas na programação geral da obra e nos planos das semanas anteriores.

Nas obras analisadas, dados sobre o consumo de mão-de-obra e materiais pelos processos não eram apropriados. Desta forma, uma das funções do planejamento, a de previsão, ficava prejudicada o que ocasionava paralisações nos fluxos devido, entre outras coisas, à falta de recursos. Além disso, a realização do planejamento temporal dos processos não observava a existência de interferências entre as equipes que realizavam tarefas distintas, bem como não contemplava critérios como a terminalidade e a continuidade dos processos. Assim sendo, as equipes não se beneficiavam do efeito aprendido e a constante necessidade de mobilizações e desmobilizações ocasionavam atividades que não agregavam valor ao processo.

Outro aspecto que dificultava a gestão dos fluxos físicos consistia na falta de realização do planejamento em diferentes níveis, de forma a lidar com a incerteza e amenizar os seus efeitos nocivos. Essa constatação confirmou a hipótese de que a gestão dos fluxos físicos depende de definições estabelecidas nos diferentes níveis do processo de PCP. No estudo realizado na Empresa A, foi verificado que a falta de realização do plano de médio prazo resultou em interferências entre processos e descontinuidade dos trabalhos. A Empresa C, apesar de elaborar o plano de médio prazo, não conseguia desfrutar dos benefícios oriundos desse plano, devido às constantes modificações na programação por causa das interferências do cliente da obra. Entretanto, em ambas as situações, constatou-se o potencial que esse plano tem para que sejam identificados e removidos os obstáculos que causam perdas na produção.

Verificou-se que a gestão dos fluxos físicos realizada de forma integrada ao PCP criou condições para que as interferências entre equipes e problemas no seqüenciamento dos processos fossem reduzidos. Porém, é importante ressaltar que não basta apenas identificar problemas através do monitoramento da produção, mas também é necessária a realização de ações para controlar a mesma. Nas empresas investigadas nos estudos de caso, verificou-se que, com frequência, a produção era monitorada, mas não era devidamente controlada. Os problemas que interrompiam o desenvolvimento dos fluxos da produção aconteciam repetidas vezes, e ações não eram implementadas para combater as suas causas e eliminar as fontes de desperdícios. Apesar de terem sido apresentados de forma transparente, os problemas nem sempre eram resolvidos devido à falta de comprometimento da administração da obra em realizar mudanças. Diagramas de processo, mapofluxogramas e mapas de acompanhamento podiam ter sido utilizados em diferentes níveis do processo de PCP para realizar simulações do desenvolvimento dos trabalhos, de forma a eliminar ou reduzir as interferências entre as equipes e as atividades que não agregavam valor aos processos.

No decorrer deste trabalho, constatou-se que a gestão dos fluxos físicos deve ser realizada de forma que as decisões relacionadas aos mesmos sejam observadas nos diferentes níveis do PCP.



Desde a fase de projeto, podem ser definidos elementos que poderão facilitar ou dificultar o desenvolvimento contínuo dos fluxos. A gestão dos fluxos físicos em diferentes níveis deve ocorrer para que a administração da obra possa lidar com a incerteza presente nos diferentes horizontes de tempo em que são elaborados os planos. Desse modo, em cada etapa são realizadas análises e feitas previsões de acordo com as informações disponíveis.

As diretrizes propostas neste trabalho apontam aspectos relevantes que devem ser observados em cada um dos níveis do processo de PCP para que a gestão dos fluxos físicos possa ser conduzida como uma parte desse processo. Deve ser salientado que as ferramentas mencionadas neste trabalho, podem ser utilizadas para a realização de estudos, em diferentes níveis do PCP, que visem à redução da ocorrência das atividades que não agregam valor ao produto final e ocasionam perdas nos fluxos de materiais e mão-de-obra. Também é importante destacar que embora não tenham sido utilizados recursos computacionais para realização de simulações objetivando o planejamento dos processos, ou a tecnologia de informação para a disponibilização de informações em tempo real sobre os fluxos físicos, esses recursos têm um amplo potencial para tornar a gestão dos fluxos físicos mais ágil e eficiente.

No desenvolvimento desta dissertação foram utilizados conceitos, princípios e técnicas relacionadas à Produção Enxuta com o objetivo de consolidar a sua utilização na construção civil e contribuir para a formação da teoria da Construção Enxuta. Durante a condução das pesquisas de campo, buscou-se analisar e explicar os fenômenos da produção com base no referencial teórico supracitado. O exercício da aplicação dos conceitos relacionados à Construção Enxuta contribuiu para a identificação das perdas encontradas na produção, bem como para a proposição de melhorias com base nos princípios desta teoria. As diretrizes propostas para a gestão dos fluxos físicos de forma integrada ao PCP, foram elaboradas visando ao adequado planejamento e controle dos mesmos para reduzir ou eliminar as perdas que ocorrem nos fluxos da produção, com base nos conceitos da Produção Enxuta.

## **6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Neste item são apresentadas recomendações para trabalhos futuros a serem realizados sobre a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras.

- (a) Desenvolver ferramentas computacionais, através do uso da tecnologia de informação, para realizar o planejamento e a gestão dos fluxos físicos.
- (b) Avaliar o impacto de melhorias realizadas nos fluxos físicos em termos do desempenho dos processos.

- (c) Identificar formas adequadas para o planejamento dos fluxos físicos em obras com diferentes características (edifícios residenciais, centros comerciais, escolas, hospitais) e prazos de finalização.
- (d) Estudar e modelar o fluxo de informações necessárias para que a gestão dos fluxos físicos seja realizada de forma integrada ao PCP.
- (e) Estudar as relações entre as seqüências de programação, a disponibilidade financeira e os fluxos físicos da obra.
- (f) Investigar formas de envolver os subempreiteiros e operários no planejamento dos fluxos físicos do canteiro de forma a melhorar a eficiência e eficácia dos processos.
- (g) Estudar formas de realizar o gerenciamento dos fluxos físicos, através de dispositivos visuais dispostos no canteiro ou de ferramentas gerenciais que proporcionem transparência aos mesmos.
- (h) Estudar como pode ser realizada a gestão dos fluxos físicos de forma integrada para diferentes obras de uma mesma empresa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM, E.E.; SWAMIDASS, P.M. Assessing operations management from a strategic perspective. In: VOSS, C., **Manufacturing strategy: process and content**, Chapman&Hall, 1992. p. 373-400
- AGOPYAN, V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras: relatório final**. São Paulo: EPUSP/FINEP/ITQC, 1998.
- AKINCI, B.; FISCHER, M.; ZABELLE, T. Proactive approach for reducing non-value adding activities due to time-space conflicts. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6, 1998, Guarujá-SP. **Proceedings...** Guarujá: IGLC, 1998.
- ALARCÓN, L.F. The importance of research to develop lean construction. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo / Logical Systems Outubro, 1997a.
- ALARCÓN, L.F. Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997b. p.365-377.
- ANDERSSON, N.; JOHANSSON, P. Re-engineering of the project planning process. In: CONSTRUCTION ON THE INFORMATION HIGHWAY, 1996, Bled, Slovenia **CIB Proceedings Publication 198**, Z Turk (University of Slovenia), 1996
- ANTUNES JUNIOR, J.A.V. A lógica das perdas nos sistemas produtivos: uma revisão crítica. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPAD, 19, 1995, João Pessoa. **Anais...** p. 357-371
- ANTUNES JUNIOR, J.A.V. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero**. Porto Alegre, 1998, 399p. Tese de Doutorado em Administração - Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BALLARD, G. Improving work flow reliability. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley, CA, **Proceedings...** University of California, 1999. p. 275-286
- BALLARD, G. Lookahead planning: the missing link in production control. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5, 1997, Gold Coast, Austrália. **Proceedings...** Gold Coast: Griffith University, 1997. p. 13-25.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: improving downstream performance. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997a p.111-125.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: stabilizing work flow. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997b p.101-110.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n 1, p. 11-17, Jan-Feb, 1998.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Toward construction JIT. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997c. p.291-300.
- BERNARDES, M.M.S.; REICHMANN, A.P.; CARVALHO, M.S.; FORMOSO, C.T. Indicadores para análise do processo de planejamento da produção de empresas construtoras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC - 98), 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: NPC/ECV/CTC/UFSC, 1998. V.2, p. 559-567.

- CHOO, H.J.; TOMMELEIN, I.D.; BALLARD, G.; ZABELLE, T.R. WORKPLAN: database for work package production scheduling. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6, 1998, Guarujá-SP, **Proceedings...** Guarujá: IGLC 1998.
- CHUA, D.K.H; JUN, S.L.; HWEE, B.S. Integrated production scheduler for construction look-ahead planning. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley, CA, USA. **Proceedings...** University of California, 1999. p.287-298
- CORRÊA, H. L., GIANESI, I. G. N. **Just-in-time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico.** 2ed. São Paulo : Atlas, 1993
- COSTA, A.L. **Perdas na construção civil: uma proposta conceitual e ferramentas para a prevenção.** Porto Alegre, 1999. Dissertação de Mestrado em Engenharia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- COHENCA, D.; LAUFER, A.; LEDBETTER, F. Factors affecting construction planning efforts. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.115, n.1, p. 70-89, Mar., 1989.
- DIAS, M.A.P. **Administração de materiais: uma abordagem logística.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. **Management research: an introduction.** London: SAGE, 1991.
- FANIRAN, O.O.; OLUWOYE, J.O.; LENARD, D. Effective construction planning. **Construction Management and Economics**, v.12, p. 485-499, 1994.
- FORD, H. **Hoje e amanhã.** Trad. de Monteiro Lobato. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1927
- FORD, H. **Minha vida e minha obra.** Trad. de Monteiro Lobato. Rio de Janeiro: Companhia Editora Nacional, 1926
- FORMOSO, C.T., **A knowledge based framework for planning house building projects.** Ph.D. Thesis. University of Salford. Department of Quantity and Building Surveying, 1991
- FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.S.; OLIVEIRA, L.F.M.; OLIVEIRA, K.A.Z. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1999
- GALSWORTH, G.D. **Visual systems: harnessing the power of visual workplace.** New York: AMACOM, 1997. 320p.
- GOLDRATT, E. M. **Corrente crítica.** São Paulo: Nobel, 1998. 260p
- GREIF, M. **The visual factory – Building participation through shared information.** Portland: Productivity Press, 1991. 281p.
- GUINATO, P., **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time.** Caxias do Sul: EDUCS, 1996. 177p.
- HARRINGTON, J. **Aperfeiçoando processos empresariais.** São Paulo: Mackron Books, 1993. 343p.
- HILL, T.J. Incorporating manufacturing perspectives in corporate strategy. In: VOSS, C. **Manufacturing strategy: Process and content,** Chapman & Hall, 1992. p. 3-11
- HOPP, W. J.; SPEARMAN, M.L. **Factory physics: foundations of manufacturing management.** Boston: Irwin Mc Graw –Hill, 1996. 668p.
- HOWELL, G. A. Lean construction principles. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo / Logical Systems Outubro, 1997.

- HOWELL, G.; BALLARD, G. "Can project controls do its job?". In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham In: **Proceedings...** Edgbaston, 1996.
- HOWELL, G.; BALLARD, G. Implementing lean construction: reducing inflow variation. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997a. p.93-100.
- HOWELL, G.; BALLARD, G. Implementing lean construction: understanding and action. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6, 1998, Guarujá-SP., **Proceedings...** Guarujá: IGLC, 1998.
- HOWELL, G.; BALLARD, G. Lean Production theory: moving beyond "can do". In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997b. p.17-23.
- ISATTO, E.L.; FORMOSO, C.T. Design and production interface in Lean Production: a performance improvement criteria proposition. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6, 1998, Guarujá-SP. **Proceedings...** Guarujá: IGLC, 1998.
- ISHIWATA, J. **IE for the shop floor**: productivity through process analysis. Portland: Productivity Press, 1991. 182p
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, EUA: CIFE, 1992. 75p. (Technical Report 72.)
- KOSKELA, L. Lean production in construction. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema 1997 p.1-9.
- KOSKELA, L. Management of production in construction: a theoretical view. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley, CA, **Proceedings...** University of California, 1999, p. 241-252
- KOSKELA, L. Towards the theory of (lean) construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham In: **Proceedings...**, Edgbaston, 1996.
- LANTELME, E. M. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para construção civil**. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Mestrado em Engenharia - Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- LAUFER, A.; COHENCA, D. Factors affecting construction-planning outcomes. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v.116, n.1, p. 135-156, Mar. 1990.
- LAUFER, A.; TUCKER, R.L. Competence and timing dilemma in construction planning. **Construction management and economics**, v.6, p. 339-355, 1988.
- LAUFER, A.; TUCKER, R.L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction management and economics**, v.5, p. 243-266, 1987
- LAUFER, A.; TUCKER, R.L.; SHAPIRA, A.; SHENNAR, A. The multiplicity concept in construction project planning. **Construction Management and Economics**, v.12, p. 53-65, 1994
- LEE, S.H.; DIEKMANN, J.E.; SONGER, A.D.; BROWN, H. Identifying waste: applications of construction process analysis. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley, CA. **Proceedings...** University of California, 1999. p. 63-72
- LILLRANK, P. The transfer of management innovations from Japan. **Organization studies**, 16/6, p. 971-989, 1995
- MCTIGUE, E. **Visual Control Systems**. Cambridge: Productivity Press, 1991. 127p.
- MELLES, B.; WAMELINK, J. **Production control in construction**. Netherlands: Delft University Press, 1993.

- MENDES JUNIOR, R; HEINECK, L.F.M. Towards production control on multi-story building construction sites. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley, CA. **Proceedings...** University of California, 1999. p. 313-324
- MEREDITH, J. Building operations management theory through case and field study. **Journal of operations management**, 16, p. 441-454, 1998.
- OGLESBY, C.H.; PARKER, H.W.; HOWELL, G.A. **Productivity improvement in construction**. Boston: McGraw-Hill, 1989.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção** – Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.
- OLIVEIRA, K.A. Z. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção: proposta baseada em estudo de caso**. Porto Alegre, 1999. 150p Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- REICHMANN, A.P.; OLIVEIRA, L.F.M.; BERNARDES, M.M.S.; FORMOSO, C.T. Implantação de um modelo de planejamento operacional da produção em uma Empresa De edificações: um estudo de caso. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP/PCC, 1998.. v.1, p.261-268.
- RILEY, D.R.; SANVIDO, V.E. Patterns of construction-space use in mutlistory buildings. **Journal of Construction Engineering and management**, v.121, n 4, p. 464-473, Dec. 1995
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Version 1.1. Massachussets: The Lean Enterprise Institute, 1998.
- SANTOS, A.; FORMOSO, C.T.; ISATTO, E.; LANTELME, E. **Método de intervenção para a redução de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1996. 104p.
- SANTOS, A. **Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso**. Porto Alegre, 1995. 150p. Dissertação de Mestrado em Engenharia - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- SANTOS, A.; POWELL, J.; FORMOSO, C.T. Evaluation of current use of production management principles in construction practice. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley, CA. **Proceedings...**, University of California, 1999. p. 73-84
- SANTOS, A.; POWELL, J.; SHARP, J.; FORMOSO, C.T Principle of transparency applied in construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6, 1998, Guarujá-SP. **Proceedings...**Guarujá: IGLC, 1998.
- SAURIN, T. A. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obra de edificações**. Porto Alegre, 1997. 171p. Dissertação de Mestrado em Engenharia - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SCHROEDER, R.D. **Operations management: decision making in the operations fuction**. 4ed. McGraw-Hill, 1992.
- SERPELL, A.; ALARCÓN, L.F.; GHIO, V. A general framework for improvement of construction process. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham. **Proceedings...**Edgbaston, 1996.

- SERPELL, A.; VENTURI, A.; CONTRERAS, J. Characterization of waste in building construction projects. In: **Lean Construction**. In: ALARCÓN, L. (Ed.). Lean construction. Rotterdam: A.A. Balkema 1997. p. 69-77
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 291p.
- SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas**, Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 380p.
- SKINNER, W. Manufacturing – missing link in corporate strategy. **Havard Business Review**, May-June, 1969.
- SKINNER, W. Missing the links in manufacturing strategy. In: VOSS, C. **Manufacturing strategy: process and content**, Chapman & Hall, 1992. p. 13-25
- SKINNER, W. The productivity paradox. **Havard Business Review**, Jul-Aug, 1996
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997
- SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. Porto Alegre, 1993. 127p. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- SOUZA, F.A.P. **Organização da construção de edificações enfocando as filosofias e princípios da organização da produção: um estudo de caso**. Porto Alegre, 1997. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- SPEAR, S.; BOWEN, H.K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Havard Business Review**, Boston, v 77, p. 96-106, Sep/Oct, 1999.
- TAYLOR, F. W. **Princípios gerais da administração científica**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 1990. 109p.
- THOMAS, H.R.; SANVIDO, V.E.; SANDERS, S.R. Impact of material management on productivity – a case study. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 115, n. 3, p. 370-384, Sep., 1989
- THOMAS, S.R.; TUCKER, R.L.; KELLY, W.R. Critical communications variables. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n.1, p. 58-66, jan-feb, 1998.
- TOMMELEIN, I.D.; BALLARD, G., Look-ahead planning: screening and pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo / Logical Systems, 1997.
- TOMMELEIN, I.D.; ZOUEN, P.P. Interactive dynamic layout planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v.119, n.2, p. 266-287, June 1993.
- WACKER, J.G. A definition of theory: research guidelines for different theory-building research methods in operations management. **Journal of operations management**, v.16, p. 361-385, 1998.
- WHEELRIGHT, S.C. Manufacturing strategy: defining the missing link. **Strategic Management Journal**, v.5, 1984
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **A mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o desperdício e crie riquezas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 427p.
- YIN, R.K. **Case study research: design and methods**, 2.ed. Thousand Oaks: Sage, 1994. 171p.

ZIPKIN, P.H. Does manufacturing need a JIT revolution?. **Harvard Business Review**. p.40-50, Jan-Feb, 1991.