

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ESCOLA DE ENGENHARIA**

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

**PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**DIRETRIZES E FERRAMENTAS PARA CONTROLE**

**Fabiana Pires Rosa**

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

**Orientador: Carlos Torres Formoso**

**Porto Alegre**

**2001**

**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<sup>ª</sup>. Ercília H. Hirota**  
Dra. pela UFRGS

**Prof. Irê S. Lima**  
Dr. pela UFSC

**Prof<sup>ª</sup>. Mírian Oliveira**  
Dra. pela UFRGS

**Dedico essa dissertação ao meu esposo Norton Cezar Dal Follo da Rosa Júnior,  
pelo apoio e presença em todos os momentos deste trabalho,  
e a nossa filha Isabella Rosa da Rosa, que está vindo ao mundo.**

**Aos meus pais Vicente e Zenir,  
irmãos André, Guilherme e Najla ,  
que muito me incentivaram a vencer esta etapa,  
e em especial, a Alexandre e Cristine, meu muito obrigada!**

## AGRADECIMENTOS

- Ao professor Carlos Formoso pela orientação deste trabalho e, em especial, pelo incentivo e pelas valiosas sugestões e críticas que muito contribuíram na minha formação profissional e acadêmica;
  
- Aos estimados professores e amigos Margareth e Hélio Jobim, que muito contribuíram no meu processo de formação no curso de Engenharia Civil na UFSM;
  
- A equipe do Projeto Perdas: prof. Luís Eduardo Isatto, prof(a). Ercília Hirota, Adriano Costa, Marcelo Kipper, e Thaís Alves, pela união e companherismo, fatores que muito contribuíram em meu processo de aprendizagem com trabalhos em equipe;
  
- A equipe de pesquisadores do NORIE, pelos inestimáveis ensinamentos que pude vivenciar no trabalho de pesquisa;
  
- Aos bolsistas do NORIE, Andrei Indusky Pan, Alexandre Kapper, Leonardo de De Bonna Becker, Luis Alberto do Nascimento e, em especial, a Carolina Garcia, pela sensibilidade e dedicação no exercício do seu trabalho;
  
- A Tekne Brasil Investimentos Ltda., pela compreensão e apoio dado para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE QUADROS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	x
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xii
Capítulo 1 - Introdução .....	1
1.1 - Justificativa da pesquisa.....	1
1.2 - Objetivos .....	3
1.3 - Estrutura da dissertação .....	4
Capítulo 2 – Evolução da gestão da produção e o controle das perdas .....	5
2.1 – Administração científica do trabalho .....	5
2.2– O sistema de produção segundo Henry Ford .....	7
2.3– O Sistema Toyota de Produção (STP).....	9
2.3.1 – Origem do Sistema Toyota de Produção .....	9
2.3.2 – Princípio do não-custo .....	12
2.3.3 – Conceito de Produção .....	12
2.3.4 – As perdas no Sistema Toyota de Produção.....	17
2.4 – A Nova Filosofia de Produção ou Produção Enxuta.....	19
2.4.1 - Peculiaridades da construção e a Construção Enxuta.....	24
Capítulo 3 – Estudos realizados sobre perdas na construção civil .....	26
3.1 - Visão e conceitos de perdas adotados na Construção Civil.....	26
3.2 - Papel dos indicadores e das medidas de perdas .....	28
3.3 - Estudos anteriores sobre perdas na construção.....	31
3.3.1. Estudos realizados por Skoyles .....	31
3.3.2 - Estudos realizados por Pinto .....	33
3.3.3 - Estudos realizados por Picchi .....	35
3.3.4 - Estudos realizados por Soibelman .....	36
3.3.5 - Estudos realizados em Hong Kong.....	41
3.3.6 - Pesquisa: "Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras".....	43
3.3.6.1 – Coleta de dados .....	48
3.3.7 - Estudos realizados por Costa .....	49
Capítulo 4 – Método de pesquisa .....	52
4.1 – Descrição do Estudo Exploratório.....	52
4.1.1 – Desenvolvimento da pesquisa pelo NORIE /UFRGS.....	53
4.1.1.1 - Seleção das empresas .....	53
4.1.1.2 - Seleção dos processos e materiais a serem analisados.....	55
4.1.1.3 - Descrição da coleta e análise de dados nas empresas .....	55
4.1.2 – Participação da pesquisadora .....	56
4.2 – Descrição do Estudo de Caso .....	56
4.2.1.1 - Listas de verificação.....	57
4.2.1.2 - Diagrama de fluxo do processo e Mapofluxograma .....	59
4.2.1.3 - Registro de imagens .....	62
4.2.1.4 - Indicadores de produtividade e de produção.....	62

4.2.1.5 - Indicadores de perdas de materiais.....	64
4.2.1.6 - Indicadores parciais de desempenho do processo.....	64
4.3 – Refinamento e teste das ferramentas.....	64
Capítulo 5 – Resultados da pesquisa .....	67
5.1 – Estudo exploratório .....	67
5.1.1 – Descrição das empresas e das obras analisadas .....	67
5.1.2 – Resultados obtidos .....	69
5.1.2.1 - Bloco cerâmico.....	70
5.1.2.2 - Concreto usinado.....	72
5.1.2.3 - Aço em vergalhão.....	72
5.1.2.4 - Fôrmas.....	73
5.1.2.5 - Areia .....	73
5.1.2.6 - Cimento .....	74
5.1.2.7 - Tubo de PVC para água fria e esgoto.....	74
5.1.2.8 - Eletrodutos e condutores elétricos.....	74
5.1.2.9 - Revestimento têxtil.....	75
5.1.2.10 - Revestimento cerâmico .....	75
5.1.2.11 - Análise geral dos dados de perdas .....	75
5.1.3 – Análise crítica do método e das ferramentas utilizadas no projeto.....	77
5.2 – Estudos de caso .....	79
5.2.1 – Características das empresas e das obras analisadas .....	80
5.2.2 – Ciclo de coleta e avaliação dos dados.....	82
5.2.3 – Resultados obtidos .....	83
5.2.3.1 - Ferramentas de diagnóstico.....	84
5.2.3.1.1 - Lista de verificação .....	84
5.2.3.1.2 - Diagrama de fluxo de processo (DFP) e registro de imagens.....	91
5.2.3.2 - Ferramentas de acompanhamento contínuo .....	100
5.2.3.2.1 – Cartão de produção – índice de produção e produtividade .....	100
5.2.3.2.2 – Controle de consumo de materiais e indicadores parciais de perda.....	108
5.2.4 – Considerações gerais sobre os estudos de caso .....	111
5.3 – Estudos de refinamento e teste das ferramentas.....	113
5.3.1– Lista de verificação de processo .....	114
5.3.2– Lista de verificação de materiais e o DFP .....	120
5.3.3– Considerações finais da terceira etapa do trabalho .....	130
6.CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....	131
6.1 - Conclusões .....	131
6.2 - Sugestões para estudos futuros .....	133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	135
ANEXOS .....	140

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estrutura da produção (Shingo, 1996 b, p.38) .....	13
Figura 2.2 - Lote econômico (Shingo, 1996 A, p.46).....	14
Figura 2.3 - Representação esquemática do modelo de conversão (Koskela, 1992).....	20
Figura 2.4 - Produção como processo de fluxo (Koskela, 1992) .....	21
Figura 3.1 - Ocorrência de perdas (SOIBELMAN, 1993) .....	37
Figura 3.2 - Planilha 2.16 da série 2 para medição de estoque.....	45
Figura 3.3 - Planilha 3.9 da série 3 para medição dos serviços.....	45
Figura 3.4 - Planilha 4.1 da série 4 para controle de recebimento e estoque de material.....	46
Figura 3.5 – Síntese do método de pesquisa (baseado em Paliari, et al. (1998, p. 336)) .....	47
Figura 4.1 - Esquema da dissertação .....	54
Figura 4.2 - Planilha 5.2 da série 5 para verificação de recebimento e estocagem de material.....	59
Figura 4.3 - Planilha de mapeamento do fluxo de material.....	62
Figura 4.4 - Cartão de produção .....	63
Figura 5.1 - Estoque de blocos cerâmico ultrapassando a altura de pé-direito .....	72
Figura 5.2 - Esforço desnecessário por falta de equipamentos ergonômicos.....	88
Figura 5.3 – Posto de trabalho para o corte de placas cerâmicas .....	89
Figura 5.4 - Local de estocagem da areia .....	90
Figura 5.5 - Diagrama de fluxo do processo de alvenaria na obra F.....	92
Figura 5.6 - Transporte com caminhão com guindaste .....	93
Figura 5.7 - Diagrama de fluxo do processo de alvenaria na obra G .....	94
Figura 5.8 - Diagrama de fluxo do processo de Revestimento interno na obra G .....	95
Figura 5.9 - Diagrama de fluxo do processo de Revestimento cerâmico em parede .....	97
Figura 5.10 - Sacos de cimento rasgados na pá carregadora .....	100
Figura 5.11 - Transporte manual até estoque intermediário próximo a betoneira.....	100
Figura 5.12 - Transporte a colher .....	100
Figura 5.13 - Transporte a colher para o balde.....	100
Figura 5.14 - Transporte do balde com corda.....	100
Figura 5.15 - Transporte do bloco com corda .....	100
Figura 5.16 - Produtividade dos pedreiros por empreiteiro em todo o período analisado ...	101
Figura 5.17- Carta de acompanhamento diário da produção.....	102
Figura 5.18 - Carta de acompanhamento diário da produtividade global .....	103
Figura 5.19 - Produtividade da Mão-de-obra .....	104
Figura 5.20 - Produção semanal de reboco interno .....	105
Figura 5.21 - Produtividade semanal.....	105
Figura 5.22 - Planilha de controle da produção.....	106
Figura 5.23 - Controle de produção.....	106
Figura 5.24 - Controle de produtividade .....	107
Figura 5.25 - Fluxo do trabalho .....	107
Figura 5.26 - Controle de perda diária de concreto .....	109
Figura 5.27 - Variação da espessura de contrapiso considerando o indicador parcial de perda: espessura de contrapiso .....	109
Figura 5.28 – Dentes nas paredes gerando necessidade de corte das peças .....	111
Figura 5.29 - Exemplo do item de verificação - projeto - para o serviço de alvenaria .....	114

Figura 5.30 - Exemplo do item de verificação - inspeção do processo anterior - para o serviço de alvenaria.....	115
Figura 5.31 - Exemplo do item de verificação - planejamento - para o serviço de alvenaria.....	115
Figura 5.32 - Exemplo do item de verificação - organização do posto de trabalho - para o serviço de alvenaria .....	116
Figura 5.33 - Exemplo do item de verificação - inspeção da qualidade no serviço - para o serviço de alvenaria .....	116
Figura 5.34 - Diagrama de fluxo do processo alvenaria para obra I .....	121
Figura 5.35 - Diagrama de fluxo do processo revestimento interno argamassado para obra I .....	123
Figura 5.36 - Diagrama de fluxo do processo de alvenaria para obra J .....	124
Figura 5.37 - Diagrama de fluxo do processo de revestimento interno argamassado para obra J.....	126
Figura 5.38 - Diagrama de fluxo do processo de alvenaria para obra K .....	128

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Princípios do modelo de conversão e suas deficiências .....	20
Quadro 2.2 - A filosofia convencional de produção e a Nova Filosofia de Produção .....	22
Quadro 3.1 - Verificação do índice de perda.....	34
Quadro 4.1 - Relação das ferramentas e momento de aplicação .....	57
Quadro 4.2 - Simbologia adotada no DFP e no mapofluxograma.....	61
Quadro 4.3 - Diferenças entre os tipos de controle (ISATTO ET AL., 2000, p. 107) .....	64
Quadro 4.4 - Relação de listas de verificações criadas.....	66
Quadro 5.1 – Características das empresas e relação de obras analisadas .....	68
Quadro 5.2 – Características gerais das obras .....	68
Quadro 5.3 – Relação de serviços analisados nas dez obras estudadas.....	69
Quadro 5.4 – Relação de materiais analisados nas dez obras estudadas .....	69
Quadro 5.5 - Bloco cerâmico: índices de perdas, suas causas e alternativas para redução de perdas.....	71
Quadro 5.6 – Característica das empresas e relação de obras analisadas .....	81
Quadro 5.7 – Características das obras analisadas .....	81
Quadro 5.8 - Ferramentas aplicadas e ciclos de avaliação .....	83
Quadro 5.9 - Relação das listas de verificações aplicadas .....	84
Quadro 5.10 - Observações realizadas a partir da aplicação da lista de verificação de canteiro de obra .....	85
Quadro 5.11 - Resultados obtidos para o processo de produção de argamassa.....	86
Quadro 5.12 - Resultados obtidos para o processo de alvenaria .....	87
Quadro 5.13 - Resultados obtidos para o processo de revestimento argamassado interno .....	88
Quadro 5.14 - Resultados obtidos para o processo de revestimento cerâmico.....	89
Quadro 5.15 - Resultados obtidos com a aplicação das listas de verificação de materiais .....	90
Quadro 5.16 - Problemas detectados com a aplicação do DFP .....	98
Quadro 5.17 - Resultados obtidos com a aplicação de indicadores parciais de perda .....	108
Quadro 5.18 - Problemas identificados a partir das ferramentas aplicadas.....	112
Quadro 5.19 - Relação das Listas de verificação aplicadas.....	113
Quadro 5.20 - Análise do processo de produção de argamassa.....	117
Quadro 5.21 - Análise do processo de alvenaria .....	118
Quadro 5.22 - dados obtidos na análise do processo de revestimento interno argamassado .....	119
Quadro 5.23 - dados obtidos na análise do processo de revestimento externo argamassado.....	120
Quadro 5.24 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de alvenaria da obra I .....	122
Quadro 5.25 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de revestimento interno argamassado da obra I .....	123
Quadro 5.26 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de alvenaria da obra J.....	125
Quadro 5.27 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de revestimento interno argamassado da obra J.....	127
Quadro 5.28 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de alvenaria da obra K.....	129

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Índices de perdas de materiais obtidos.....	32
Tabela 3.2 - Acréscimo no consumo de materiais.....	34
Tabela 3.3 - Dados sobre o entulho retirado de três obras realizadas entre 1986 e 1987.....	35
Tabela 3.4 - Perdas devido a espessuras adicionais de argamassa .....	36
Tabela 3.5 - Índices de perdas de materiais nos períodos determinados .....	40
Tabela 3.6 - Principais causas de perdas no estudo realizado .....	43
Tabela 3.7 - Percentual de boas práticas verificado na execução da alvenaria .....	51
Tabela 5.1 - Índices médios de perdas de materiais e índices obtidos em estudos anteriores..	76
Tabela 5.2 - Limites de variação dos índices globais de perdas de materiais .....	77

## RESUMO

O crescente grau de exigência dos clientes, o aumento da competição no setor, a mobilização da mão-de-obra em relação a melhores condições de trabalho e as flutuações de mercado têm levado a indústria da construção civil a passar por uma reestruturação em busca de maiores níveis de qualidade e eficiência dos processos. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor diretrizes e ferramentas para o controle das perdas na construção civil, tomando como referencial teórico a chamada Nova Filosofia de Produção.

O método de pesquisa dividiu-se em quatro etapas. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica em torno dos temas de gestão de produção e controle das perdas, enfatizando estudos realizados no setor da construção civil. Numa segunda etapa foi realizado um estudo exploratório, inserido no projeto "Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras", destacando a análise dos resultados obtidos em dez canteiros de obras na cidade de Porto Alegre. Na terceira etapa, foram realizados estudos de casos em três canteiros de obras, visando o desenvolvimento de ferramentas para o controle de perdas. Na quarta etapa foi realizado um refinamento das referidas ferramentas.

Como principal conclusão deste estudo, constatou-se a necessidade de realizar o controle de perdas através de ferramentas que possibilitam transparência ao processo, que sejam de fácil utilização, de baixo custo para a empresa, e que apresentem respostas rápidas para que possam ser implantadas melhorias no processo analisado, no momento em que as mesmas são identificadas.

## **ABSTRACT**

The growing demand for quality by the clients, the high competition in the sector, the mobilisation of the workers claiming for better work conditions, and the variability of market demand have led forced the construction industry in Brazil to change substantially towards improving quality and productivity. In this context, this research work aims to propose guidelines and tools for controlling waste in construction, using the New Production Philosophy as a theoretical framework.

The research method was conducted in four phases. Initially, a literature on production management and waste reduction was carried out, emphasising previous work related to the construction industry. In the second phase an exploratory waste measurement study was undertaken as part of a nation-wide research project named "Alternatives to reduce waste in construction sites", focussing on the analysis of data from ten construction sites from the Metropolitan Region of Porto Alegre - RS, Brazil. In the third phase, three case studies were carried out as part of another research project, named "Alternatives to reduce waste in construction firms: benchmarking of processes". In the fourth phase, the proposed tools for waste control were adjusted and refined aiming to improve waste control.

The main conclusion of this research study was that there is need to control waste using easy to use and inexpensive tools that increase process transparency. Such tools must provide immediate results so that corrective actions can be implemented as soon as the problems are detected.

## **Capítulo 1 - Introdução**

### **1.1 - Justificativa da pesquisa**

A indústria da construção civil, principalmente o setor edificações, vem sofrendo nos últimos anos mudanças substanciais. Isto ocorre em função de uma série de fatores, tais como o aumento da competição, flutuações no mercado, crescente grau de exigência por parte do cliente externo (amparado pelo Código de Defesa do Consumidor); e demanda por melhorias das condições de trabalho, evidenciada pela Norma NR - 18, intitulada Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, vigente a partir de 1995.

Segundo Silva (1986), a tecnologia de produção no macro complexo da construção civil é o resultado da combinação de processos de naturezas diversas. Na indústria que envolve os materiais tem-se, de um lado, alto teor de conhecimento incorporado, como a indústria do vidro, aço, tintas, tubos e conexões, etc.. Por outro lado, existem indústrias com tecnologias tradicionais que envolvem processos predominantemente artesanais, tais como alguns segmentos da indústria de cerâmica vermelha e da indústria de esquadrias de madeira.

De acordo com a mesma autora, o atraso na construção civil ocorre devido a quatro principais fatores: um desenvolvimento tecnológico lento na ponta da cadeia, sem que seja visível o efeito do desenvolvimento das partes anteriores sobre o produto final; um nível de produtividade considerado baixo quando comparado com padrões de outras indústrias; um nível de qualidade do produto final que não atende as necessidades dos clientes finais; e níveis salariais que mantêm uma parcela da sociedade, empregada na construção civil, sem possibilidades de crescimento do poder aquisitivo ao longo de suas vidas economicamente ativas.

Cardoso (1993) destaca que, muito mais que modificar a base técnica dos processos de construção, deve-se propor soluções de ordem organizacional, nas quais estejam envolvidas o canteiro, a empresa e o setor. A evolução vem se dando tanto na redução da variabilidade dos processos de produção, principalmente através de transferência para fora do canteiro de certas atividades, como na simplificação de outras através do uso de componentes industrializados. São necessárias duas principais ações para que isto ocorra: a formação da mão-de-obra e a elaboração detalhada dos procedimentos de execução dos diferentes serviços.

Farah (1988) relata que a mudança na construção civil é vista sobretudo da perspectiva do controle do processo de trabalho, havendo uma tendência de racionalização da construção, buscando diminuir custos e aumentar a produtividade, não mudando a base técnica.

O esforço de melhoria da eficiência pode ser facilitado pelo entendimento da evolução dos sistemas de produção industrial, passando por Taylor, Ford, o Sistema Toyota de Produção (STP) e a Nova Filosofia de Produção (NFP) ou Produção Enxuta, que é a adaptação dos conceitos do STP para outras indústrias automobilísticas e de outros setores, proposta por Womack et al. (1992). Assim, vislumbra-se a possibilidade da aplicação e adaptação desses conceitos à indústria da construção civil, de forma que o setor possa avançar, com base em novos conceitos e princípios de gestão da produção.

Segundo Koskela (1992), desde o século XIX, a produção era vista apenas como um processo de conversão de uma entrada (recursos) em uma saída (produtos). Entretanto, a partir do Sistema Toyota de Produção, foram verificadas falhas neste modelo, entre as quais se encontra a desconsideração das atividades de fluxo inerentes ao processo e ausência de uma correta especificação do produto de acordo com as necessidades dos clientes, levando a um grande número de retrabalhos. Portanto, neste novo paradigma de gestão da produção, a produção passa ser vista como sendo a soma entre atividades de conversão e de fluxo (transporte, espera e inspeção), surgindo uma divisão explícita entre as atividades que agregam e as que não agregam valor ao produto. Na Nova Filosofia de Produção, todas as atividades que consomem tempo e dinheiro e não agregam valor ao produto são consideradas perdas, devendo, portanto, ser eliminadas.

De acordo com Shingo (1996 b), o STP é um sistema que visa à eliminação total das perdas, aumentando assim a eficiência da produção. Segundo esse autor, é de fundamental importância que as perdas sejam identificadas, pois, somente assim, torna-se possível estabelecer diretrizes eficazes no sentido de sua minimização ou eliminação.

Diversos estudos relacionados à identificação de perdas foram realizados em diversos países, entre os quais se destacam os de Skoyles (1976) na Inglaterra; Pinto (1989), Picchi (1993), Soilbelman (1996) e Costa (1999) no Brasil; e um estudo realizado pela Hong Kong Polytechnic (1993). Em todos eles, constatou-se a existência de elevados índices de perdas de materiais na construção de edificações.

Porém, com exceção da pesquisa realizada por Costa (1999), estes estudos enfocaram apenas perdas de materiais, negligenciando outros tipos de perdas no processo, tais como: perdas no transporte, no movimento, por elaboração de produtos defeituosos, da mão-de-obra, entre outras. Entretanto, os estudos que fundamentam a Nova Filosofia de Produção (Shingo,

1996 b; Womack et al., 1992; Koskela, 1992) apontam para a necessidade de avaliar outros tipos de perdas, principalmente aquelas vinculadas a atividades de fluxo. Este parece ser um caminho para que a modernização gerencial da indústria da construção civil possa se dar de forma mais eficaz, pois apenas os índices de perdas de materiais não são suficientes para dar visibilidade aos problemas existentes nos sistemas de produção e aos custos associados a estes.

Outros dois estudos sobre perdas na construção foram realizados em 1998 e 1999 no país: "Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras", desenvolvido conjuntamente por 16 universidades; e "Alternativas para a redução de perdas na construção civil: *benchmarking* de processos", desenvolvido pela UFRGS através de um convênio com o Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul (SEBRAE/RS). A autora desta dissertação participou de ambos os estudos como membro da equipe de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), representada pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE). A participação nestas pesquisas possibilitou à autora a realização do estudo empírico necessário para a realização desta dissertação.

Neste contexto, o presente trabalho pretende contribuir para o controle e a redução das perdas na construção civil, a partir de conceitos e princípios da Nova Filosofia de Produção, que vêm sendo aplicados com sucesso em outros setores.

## **1.2 - Objetivos**

O objetivo geral desta dissertação é propor diretrizes e ferramentas para o controle das perdas nos processos de produção em canteiros de obras de edificações, baseado na Nova Filosofia de Produção.

Os objetivos específicos são:

- a) propor melhorias em ferramentas existentes para análise das perdas, de forma que as mesmas possam ser mais facilmente identificadas durante a execução dos processos;
- b) investigar a inserção de ferramentas para monitoramento das perdas no processo de controle de produção;
- c) identificar empecilhos para a implementação do controle das perdas.

### 1.3 - Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos.

O primeiro consiste em introduzir a dissertação, apresentando o contexto no qual o trabalho está situado, o problema de pesquisa, seus objetivos e a estrutura da pesquisa.

No Capítulo 2, é discutida a gestão dos sistemas de produção, com ênfase na Nova Filosofia de Produção, destacando o conceito de perdas.

No Capítulo 3, a partir da revisão bibliográfica realizada, são apresentados os conceitos de perdas normalmente adotados nos estudos sobre perdas na construção civil, assim como as principais conclusões alcançadas pelos mesmos.

No Capítulo 4, é descrito detalhadamente o método de pesquisa empregado, sendo apresentadas as três etapas do trabalho: o estudo exploratório realizado em dez obras durante o projeto "Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras"; os estudos de caso realizados em três obras durante o projeto "Alternativas para a redução de perdas na construção civil: *benchmarking* de processos"; e o refinamento de ferramentas através da sua aplicação em três canteiros de obras.

No Capítulo 5, é apresentada a análise e discussão dos dados obtidos nos estudos empíricos realizados.

No Capítulo 6, apresentam-se as conclusões do trabalho, assim como algumas sugestões para estudos futuros.

## Capítulo 2 – Evolução da gestão da produção e o controle das perdas

A gestão de sistemas de produção vem passando por uma série de evoluções com o passar dos anos, bem como a visão do que vem a ser considerado desperdício. Neste capítulo, inicialmente pretende-se fazer uma análise evolutiva da gestão da produção, destacando a Administração Científica do Trabalho, o Sistema Fordista, o Sistema Toyota de Produção e a Nova Filosofia de Produção, dando ênfase às questões relacionadas à detecção e prevenção das perdas. Posteriormente, são apresentadas as peculiaridades da construção e discutida a Construção Enxuta, com o objetivo de estabelecer a base conceitual para o desenvolvimento de diretrizes para o controle de perdas.

### 2.1 – Administração científica do trabalho

Frederic Taylor é considerado o pai da Administração Científica do Trabalho, sendo a sua principal contribuição a introdução de métodos sistematizados para análise dos processos. Seu trabalho teve início nas oficinas da Midvale Steel Company, em 1881, onde realizou estudos de tempos e movimentos.

Taylor (1990) considerava como desperdícios o devastamento das florestas, o desperdício de forças hidráulicas, a erosão de solo e o esgotamento das jazidas de carvão e ferro. Dava destaque também às formas de desperdícios não visíveis e menos tangíveis, ou seja, os desgastes que ocorrem com a mão-de-obra, decorrentes da má direção ou da falta de eficiência, indo ao encontro do que Roosevelt<sup>1</sup> considera como a falta de “eficiência nacional”, alertando, portanto, para as perdas que seu país vinha sofrendo:

“Vemos e sentimos o desperdício 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. Por isto, ainda que o prejuízo diário resultante seja maior que o decorrente do desgaste das coisas materiais, este último nos abala profundamente, enquanto aquele apenas levemente nos impressiona” (Taylor, 1990, p.22).

Taylor, apesar de estar atento ao desperdício de recursos naturais, preocupava-se também com o desperdício de coisas menos visíveis, consideradas como falta de eficiência.

---

<sup>1</sup> Presidente dos EUA, Teodoro Roosevelt, de 1901 a 1908, em discurso realizado na Casa Branca, observou que “a conservação de nossos recursos naturais é apenas uma fase preliminar do problema mais amplo da eficiência nacional”.

Os motivos que levavam ao desperdício podiam ser relacionados à má utilização da mão-de-obra, decorrentes de atos errôneos, mal dirigidos ou ineficientes.

Com o intuito de diminuir estes desperdícios não visíveis, Taylor (1990) atribuiu à direção a função de planejar diariamente os atos dos trabalhadores, habilitando os operários a fazerem seu trabalho mais rápido e melhor, sob o auxílio cordial dos superiores. Antes da administração científica, o planejamento do trabalho estava entregue principalmente à responsabilidade dos trabalhadores, muitas vezes coagidos por capatazes. Outra função da gerência no Taylorismo era reunir os conhecimentos que pertenciam aos trabalhadores de forma a classificá-los, tabulá-los, reduzi-los a normas, leis ou fórmulas, ocorrendo portanto a apropriação do saber deste trabalhador.

Neste sentido, Taylor (1990) passou a agrupar as novas atribuições da gerência da seguinte forma:

- a) desenvolver para cada elemento do trabalho individual uma "ciência"<sup>2</sup> que substitua os métodos empíricos;
- b) selecionar cientificamente, treinar, ensinar e aperfeiçoar o trabalhador;
- c) cooperar cordialmente com os trabalhadores para articular o trabalho com os princípios da "ciência" que foi desenvolvida;
- d) manter a divisão equitativa de trabalho e responsabilidades entre a direção e o operário.

Taylor (1990) entendia que o maior obstáculo para a harmonia entre o trabalhador e a direção é a falta de informação sobre o que consiste um dia completo de serviço do trabalhador. Assim, na Administração Científica o trabalho de cada operário é planejado pela direção, pelo menos com um dia de antecedência, e cada indivíduo passa a receber, detalhadamente, instruções escritas envolvendo: a tarefa que deverá executar, os meios que usará para realizá-la e o tempo exato para sua execução. Segundo Taylor (1990), a Administração Científica consiste em um esforço conjunto da direção, com o papel de planejamento, e do operário na execução de tarefas.

Portanto, Taylor (1990), após vários estudos, propõe os quatro princípios fundamentais da Administração Científica:

- a) substituir o critério individual do operário por uma "ciência";
- b) selecionar e aperfeiçoar cientificamente o trabalhador, que foi previamente treinado e testado, ao invés dele escolher os processos e aperfeiçoar-se ao acaso;

---

<sup>2</sup> Ciência no sentido de utilizar um método de trabalho.

c) cooperação da administração com os trabalhadores, de modo que façam juntos o trabalho, de acordo com "leis científicas" desenvolvidas, em lugar de deixar a solução de cada problema, individualmente, a critério de cada operário.

d) com a aplicação destes novos princípios, em lugar do antigo esforço individual, a administração encarrega-se das atribuições para as quais está mais bem aparelhada e os operários das funções restantes.

A partir da experiência da aplicação destes princípios, Taylor (1990) deixa claro a importância de uma "ciência", até mesmo nas formas mais elementares de trabalho, na qual cada ato elementar do trabalhador pode ser reduzido a uma ciência, configurando-se uma tendência a especialização.

Segundo Antunes Junior (1998), o paradigma da melhoria nas operações tem seu início relacionado com Taylor, pois inicialmente atacou o problema da alocação dos recursos para otimizar a produtividade na empresa, restringindo o sistema global de produção, na medida em que delimitou como sistema de interesse a máquina ou o homem.

## **2.2– O sistema de produção segundo Henry Ford**

Ford (1927) diferenciou-se de Taylor quanto à preocupação acerca do assunto desperdício. Não atribuía importância às questões referentes aos recursos naturais, mas somente ao desperdício do trabalho humano. A ideia era economizar materiais por estar agregado a estes certa quantidade de trabalho. A Ford possuía um grande departamento de recuperação dos desperdícios, que, à medida que aumentava, foi criticada pelo próprio Ford (1927): “Por que motivos temos de ter tanta coisa a aproveitar? Não estaremos dando maior atenção à recuperação dos desperdícios do que o próprio desperdício?” (p. 112).

De acordo com Ford (1927), “o verdadeiro remédio contra o desperdício está na prevenção” (p. 137). Apesar da recuperação dos resíduos após a produção representar um serviço prestado ao público, evitar que eles existam equivale a um benefício maior. Ford diferenciava o desperdício de material do desperdício de tempo, pois considerava este último como energia humana, sendo, portanto, impossível de ser recuperado.

Ford considerava os processos como experimentais. Se estes permitirem uma melhoria na produção, esta deve ser considerada como uma nova etapa a ser adotada, podendo ser sucessivamente melhorada. Nestas melhorias as preocupações com o desperdício do trabalho humano deveriam estar presentes.

As melhorias não se limitavam a substituir o esforço manual pelo mecânico, mas desenvolver um método no qual a máquina realizasse o trabalho na íntegra, passando o homem a ser um simples fiscal. À direção ficava o encargo de melhorar os métodos e planejar a realização do trabalho (Ford, 1927). Uma das principais melhorias implantadas por Ford foi o emprego de plataformas móveis e transportadores em locais que facilitavam o trabalho, usados principalmente nas sessões de montagem, tornando, assim, a operação contínua. O objetivo desta implantação era conservar os produtos em movimento, de modo que o trabalho fosse até o homem, e não o homem ao produto sendo processado.

Neste sistema destaca-se o controle de produção, enfatizando uma preocupação com o estoque. Sabia-se quantas máquinas e homens eram necessários para atingir um certo número de carros num determinado período, bem como administrar as variações de consumo, evitando estoques de matérias primas por mais de 30 dias. Outro foco importante na força produtiva da Ford está na inspeção, pois todas as peças, após fabricadas, eram inspecionadas. Havia uma preocupação com a limpeza no ambiente de trabalho e a conservação de máquinas e ferramentas, pois Ford considerava a sujeira um lixo muito caro.

O conceito de padronização foi fortemente utilizado, pois era considerado benéfico do ponto de vista do produto e também da produção. Para padronizar um método, Ford (1927) sugere: “Qual o melhor meio de fazer uma coisa? Simplesmente a soma de todos os bons meios descobertos até hoje. Este total é o padrão. Mas decretar que o padrão de hoje será o de amanhã, isto excede a nossa força e autoridade” (p.100). “Nossos processos mudam sem parar, não porque sejamos amigos de mudança, mas porque a norma de reduzir sempre o preço de custo e aperfeiçoar o produto nos obriga a aperfeiçoar” (p. 299).

De acordo com Ford (1927), uma indústria consegue reduzir os preços de venda pelo aumento da eficiência, devendo transferir aos consumidores os lucros gerados a partir de seu aperfeiçoamento. Segundo o mesmo autor, o aumento da produção decorre do crescimento do número de compradores que, por sua vez, habilitará a indústria a reduzir os preços, beneficiando o consumidor, e assim, sucessivamente: “Se há algum aumento nos lucros, dá-lo ao público sob forma de preço baixo. Se há alguma melhoria possível no produto, fazê-la, custe o capital que custar, porque é o público que fornece capital” (Ford, 1927, p. 50).

Assim, observa-se que no Fordismo não havia uma preocupação excessiva com o desperdício dos recursos naturais, quando comparado a Taylor, mas sim com o desperdício do trabalho humano. Era necessário economizar material por estar agregado a ele o trabalho humano. Ford buscava reaproveitar os resíduos gerados, mas seu maior foco de preocupação estava na prevenção do desperdício.

Segundo Antunes Júnior (1995), Taylor e Ford preocupavam-se em diminuir perdas de materiais, considerando como principais causas:

- a) a falta de uma visão sistêmica por parte da gerência para treinamento e formação das pessoas;
- b) a falta de uma análise detalhada dos processos nos quais ocorrem as perdas.

## **2.3– O Sistema Toyota de Produção (STP)**

### **2.3.1 – Origem do Sistema Toyota de Produção**

Segundo Ohno (1978), a Toyota começou uma mudança em seu sistema de produção quando Toyoda Kiichiro, presidente da Toyoda Motor Company, disse que eles deveriam alcançar a América em três anos, caso contrário a indústria automobilística do Japão não sobreviveria. Diante disso, os japoneses voltaram suas atenções para o método de produção em massa norte-americano e, de imediato, puderam constatar a disseminação da produção em grandes lotes. Segundo Womack et al. (1992), tal método não poderia ser adotado no Japão pois, quando a Toyota decidiu entrar no ramo de fabricação de carros e caminhões em grande escala, deparou-se com alguns problemas, tais como: o mercado doméstico era relativamente limitado; a força de trabalho não mais estava disposta a ser tratada como custo variável; a economia estava ávida por capitais e trocas comerciais, não permitindo a compra das tecnologias de produção ocidentais mais recentes; os produtores americanos e europeus procuravam expandir seus mercados para o Japão, estando dispostos a defender seus mercados contra as exportações japonesas. Tais fatores levaram o governo japonês a proibir os investimentos externos na indústria automobilística japonesa, o que foi de fundamental importância para a Toyota, na medida em que Ohno passou a estudar possíveis mudanças no sistema de produção, iniciando, então, os primeiros passos do Sistema Toyota de Produção.

Após a evolução e consolidação do STP, Shingo (1996 b) distingue o STP do Fordismo a partir de três características básicas:

- a) Grandes lotes em contraposição à produção em lotes pequenos: enquanto a Ford produzia poucos modelos em grande quantidade, a Toyota passou a produzir muitos modelos em pequenas quantidades. Esta decisão se deu em função das condições do mercado e das demandas dos usuários. A Ford tinha como estratégia a produção em grandes lotes, grandes estoques de produtos acabados (causados por diferenças entre as previsões e a demanda real), e a acumulação de estoques intermediários entre os processos (gerados devido à produção de grandes lotes). Na Toyota, em função da redução do tempo de ajuste (*set up*), obtido através

da troca rápida de ferramentas, tornou-se possível a produção de pequenos lotes, tendo por consequência a redução dos ciclos de produção e a realização da produção de acordo com a demanda real de consumo;

b) Adoção de modelos mistos no processo de montagem: enquanto na Ford a produção estava baseada na produção em grandes lotes, na Toyota a produção é balanceada com modelos mistos, que é resultado de uma seqüência da montagem final repetida durante o dia. Este procedimento passa a eliminar a geração de estoque intermediário, permitindo, assim, uma resposta rápida às flutuações da demanda, aumentando a flexibilidade;

c) Operação de fluxo de peças unitárias na montagem e no processamento das peças: de acordo com Womack et al. (1992), na Ford os trabalhadores da linha de montagem executavam uma ou duas tarefas simples de maneira repetitiva. A alta administração julgava a gerência da fábrica por dois critérios: rendimento e qualidade. O primeiro era medido pelo número de carros produzidos em relação ao planejado. Para o segundo avaliava-se a qualidade dos produtos para o mercado externo. Neste caso, o mais importante era não parar a linha de montagem, deixando para corrigir eventuais problemas somente na área de reparos. Ohno (1978) observou uma grande quantidade de desperdícios neste sistema, englobando os desperdícios de esforços, materiais e tempo, pois considerava que nenhum especialista, além dos trabalhadores da linha de montagem, agregava valor ao produto. Além disso, considerava os trabalhadores da montagem capazes de executar a maioria das funções dos especialistas. A partir destas constatações, Ohno iniciou suas experiências, nas quais, primeiramente, os trabalhadores foram agrupados em equipes, com um líder de equipe no lugar do supervisor. Cada equipe, além de ser responsável por um conjunto de etapas de montagem, responsabilizava-se por uma parte da linha. Posteriormente, Ohno passou a atribuir às equipes algumas tarefas, tais como: limpeza, pequenos reparos de ferramentas e controle de qualidade. E, por último, reservou um horário para a equipe sugerir, periodicamente, um conjunto de medidas para melhorar o processo.

Womack et al. (1992) destaca que a diferença entre a produção em massa e a produção enxuta está em seus objetivos finais. Enquanto a produção em massa estabelece uma meta limitada que permite uma quantidade tolerável de defeitos, um nível de estoques aceitável e um limite na variedade de produtos padronizados, a produção enxuta, na busca da perfeição, tem por objetivo a redução de custos, a não ocorrência de itens defeituosos, a eliminação de estoques e a existência de variedade de produtos.

Segundo Shingo (1996 b), existem dois tipos de superprodução: (a) a superprodução quantitativa, que consiste em produzir mais produtos do que o necessário; e (b) a

superprodução antecipada, que consiste em produzir o produto antes do tempo que o mesmo é necessário. Na Toyota Motors, a superprodução não é tolerada. O método utilizado para eliminá-la é a produção *just-in-time*. A essência do STP é a eliminação da perda por superprodução. Para que isso ocorra é preciso que a produção seja realizada em lotes pequenos, tornando-se possível com o emprego do sistema de troca rápida de ferramenta (TRF<sup>3</sup>) e de reduções drásticas nos tempos de atravessamento (*throughput time*).

Just-in-time (JIT) significa “no momento certo”, “oportuno”, com estoque zero, o que equivale a dizer que cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento certo, sem geração de estoque. O JIT é uma estratégia para atingir a produção com estoque zero, considerado um dos princípios fundamentais do STP (Shingo, 1996 b).

“Na Toyota, produção com estoque zero significa que estoques de carros acabados devem ser zero, ou seja, a produção deve ser igual ao número de pedidos, não excedendo esse número. Por conseguinte, o planejamento para os processos iniciais baseiam-se em pedidos feitos com antecedência; evita-se a geração de excesso de estoque, vinculando-se, contudo, os processos finais e a montagem final com os pedidos reais dos consumidores. E, finalmente, já que não produzir mais do que o necessário é uma regra incondicional, a capacidade da máquina ou a utilização da capacidade não são consideradas como fatores no controle da produção” (Shingo, 1996 b, p. 133).

De acordo com Ohno (1978), o JIT foi desenvolvido a partir de uma analogia feita com supermercados americanos. Em um supermercado, um comprador pode pegar o que é necessário, quando for necessário, na quantia necessária. Logo, a produção é dirigida pela demanda, não pela capacidade.

Para que ocorra uma redução drástica no tempo de ajuste, estratégia utilizada para a produção em pequenos lotes, foi aplicado o sistema de TRF. De acordo com Shingo (1996 b), o sistema de TRF apresenta alguns benefícios essenciais para a produção com estoque zero:

- a) Ao reduzir os tempos de ajuste, as taxas de operação das máquinas aumentarão;
- b) A produção em pequenos lotes reduz significativamente os estoques de produtos acabados e a geração de estoque entre processos (intermediários);
- c) A produção pode responder rapidamente às flutuações da demanda, através de ajustes para adequar-se a mudanças nas exigências do produto ao tempo de entrega.

---

<sup>3</sup> De acordo com Shingo (1996b), a TRF é uma abordagem analítica para melhoria do tempo de ajuste, que deve ser executado em menos de dez minutos. É um dos elementos principais do STP. Os benefícios esperados quando adotado a TRF são: ao reduzir os tempos de ajuste, as taxas de operação da máquina aumentarão; a produção em pequenos lotes reduz os estoques de produtos acabados e a geração de estoques intermediários; responde rapidamente às flutuações da demanda.

Portanto, um dos princípios fundamentais do STP é a busca pela eliminação total de perdas, incluindo a eliminação de estoques, atingido através do JIT, TRF, entre outros.

### 2.3.2 – Princípio do não-custo

De acordo com Ohno (1978), um princípio primário para o STP é a determinação do lucro marginal. Em lugar de:

$$\text{Preço de venda} = \text{custo atual} + \text{lucro}, \quad (2.1)$$

na Toyota entende-se que o cliente, não o fabricante, estabelece o preço. Portanto, a seguinte fórmula é utilizada:

$$\text{Preço de venda} - \text{custo} = \text{lucro} \quad (2.2)$$

No STP entende-se que o mercado (o consumidor) determina o preço de venda adequado, utilizando o chamado princípio do “não custo”. Neste sentido, a visão de lucro é o que resta depois de subtrair o custo do preço final. Para que se possa aumentar o lucro, é necessário reduzir os custos, o que implica eliminar o desperdício (Shingo, 1996 b). Shingo (1996 a) já havia enfatizado que o lucro só é possível com a eliminação total do desperdício.

Conforme Shingo (1996 a), a fórmula pode ser apresentada de outra forma e representar outra abordagem:

$$\text{Preço} - \text{Lucro} = \text{Custo}, \quad (2.3)$$

ou seja, pode ser fixado um custo alvo obtido através da subtração do lucro necessário para manter a estabilidade do preço de venda. Isto indica, mais uma vez, que a empresa deve reduzir custos, não somente visando ao lucro próprio, mas procurando diminuir os preços de venda, retornando uma parcela do lucro ao consumidor.

### 2.3.3 – Conceito de Produção

Shingo (1996 a) afirma que a produção é constituída de uma rede de processos e operações, representado em duas dimensões como uma malha de um tecido (figura 2.1). O processo está centrado no fluxo de produtos, ou seja, é a cadeia de eventos pelas quais a matéria-prima é transformada em componentes semi-processados até se tornar um produto acabado, caracterizando-se como o fluxo do objeto. Diante disso, entende-se por processo o caminho pelo qual o material, após uma série de operações, é transformado em produto. As operações, por sua vez, referem-se ao fluxo humano temporal e espacial, centrado nos trabalhadores. Neste ponto de vista, observa-se o sujeito, ou seja, a seqüência de ações realizadas por um trabalhador ou máquina.

Segundo Shingo (1996 a), um processo é constituído por quatro elementos<sup>4</sup>:

- Processamento: alterações da forma ou matéria, montagem, desmontagem.
- Inspeção: comparação com um padrão.
- Transporte: mudanças de localização ou posição.
- Espera: espaço de tempo que decorre sem ocorrência de mudanças, não ocorrendo processamento, inspeção ou transporte.

De acordo com Shingo (1996 a), no STP o estoque é considerado um mal absoluto que deve ser totalmente eliminado, ao invés de ser considerado um mal necessário, como ocorre nos sistemas de produção tradicionais. A presença de estoques tende a mascarar uma série de problemas encontrados na produção, podendo diminuí-los ou resolvê-los, quando, por exemplo:

- Permite uma resposta imediata para demandas não-previstas;
- O impacto dos elevados tempos de ajuste pode ser diminuído aumentando-se o tamanho dos lotes e regulando-se este aumento através do uso do lote econômico;
- Compensam os defeitos que possam ocorrer;
- São úteis quando se interrompe a produção;
- Podem prevenir quando há baixas de produção.

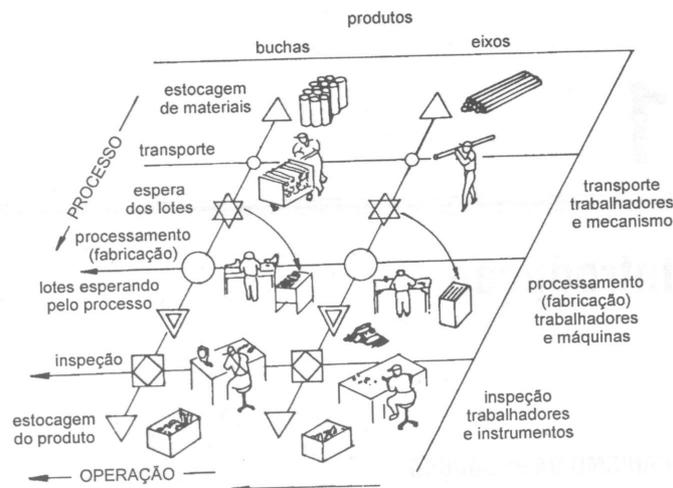


Figura 2.1 - Estrutura da produção (Shingo, 1996 b, p.38)

O conceito de lote econômico pode ser entendido a partir da figura 2.2, na qual se observa que os custos de mão-de-obra diminuem à medida que o tamanho dos lotes crescem. Por outro

<sup>4</sup> Esta conceituação de processo foi proposta pela primeira vez por F.B. Gilbreth no início do século XX.

lado, grandes lotes são acompanhados do aumento da quantidade estocada. Portanto, o lote econômico é definido pela interseção entre as linhas do efeito do tamanho do lote e o impacto do estoque do estoque.



Figura 2.2 - Lote econômico (Shingo, 1996 a, p.46)

Segundo Shingo (1996 a), as operações podem ser classificadas da seguinte maneira:

- Operações de preparação e pós-ajuste (operações de ajuste): é a preparação dos materiais, matrizes, ferramentas, etc., antes de uma operação principal ser executada. As operações pós-ajustes, tais como limpeza, são executadas após uma operação principal.
- Operações principais: uma operação principal é dividida em dois tipos, as operações essenciais, que são as operações diretas de transformação como corte e soldagem, e operações auxiliares, que completam as essenciais.
- Folgas: podem ser divididas em dois tipos: humanas e não-humanas. As folgas humanas podem ser causadas por fadiga física ou por necessidade de higiene pessoal. As folgas não humanas são folgas operacionais usadas para lubrificação, remoção, corte de cavacos, substituição de ferramentas danificadas, etc., e também as folgas entre operações que ocorrem devido à quebra de máquinas e esperas de materiais. Estas categorias existem para cada um dos quatro fenômenos: operação, inspeção, transporte e espera.

De acordo com Shingo (1989), a análise de processo deve ser focada no fluxo de materiais ou produtos, enquanto a análise de operações examina o trabalho exercido no produto pelo trabalhador ou máquina. De acordo com este mesmo autor (1996 b, p. 38) “para realizar melhorias significativas no processo de produção, devemos distinguir o fluxo de produto (processo) do fluxo de trabalho (operação), e analisá-los separadamente”.

Segundo Shingo (1996 b), deve-se privilegiar as melhorias de processo, que devem ser efetuadas antes das melhorias de operações. Ao se introduzir melhorias nos processos, é possível que sejam eliminadas algumas operações. Além disto, quando se realiza melhorias em operações individuais, seu impacto no processo não reflete em um aumento substancial na eficiência global.

De acordo com Shingo (1996 b), os processos podem ser melhorados de duas maneiras: a primeira consiste em melhorar o produto em si através da Engenharia de Valor, ao se questionar como o produto pode ser redesenhado para manter a qualidade e reduzir os custos de fabricação. A outra consiste em melhorar os métodos de fabricação do ponto de vista da engenharia de produção ou da tecnologia de fabricação, através da investigação de como a fabricação deste produto pode ser melhorada. A seguir, são descritas algumas sugestões propostas por Shingo para melhorar os processos.

#### Melhoria de inspeção:

As inspeções são de três tipos: inspeção por julgamento, inspeção informativa e inspeção na fonte. Inspeção por julgamento tem por objetivo localizar defeitos - é aquela que separa os produtos que não atendem aos padrões de qualidade, embora não impeça a sua ocorrência durante o processamento. A inspeção informativa, como o próprio nome diz, informa o processamento sempre que um defeito é encontrado, permitindo que sejam executadas ações corretivas, evitando, assim, que o mesmo se repita. Portanto, embora não apresente a possibilidade de eliminar completamente os defeitos, tende a reduzi-los. Este tipo de inspeção pode ser dividido em duas categorias: a auto inspeção e inspeção sucessiva. A primeira, apesar de proporcionar um retorno mais imediato, uma vez que o trabalhador inspeciona os produtos que ele próprio processa, tende a ter eficiência limitada devido à falta de objetividade desta atividade, podendo-se constatar como inconvenientes dois pontos: o trabalhador pode aceitar itens que deveriam ser rejeitados, bem como pode cometer erros de inspeção involuntariamente. No caso do sistema de inspeção sucessiva é possível encontrar tanto objetividade como retorno imediato, pois, os trabalhadores inspecionam os produtos que passaram pela operação anterior, antes deles próprios processarem este produtos. “Produtos processados pelo trabalhador A passam ao trabalhador B que, após inspecionar o trabalho de A, processa o produto. O trabalho de B é inspecionado pelo trabalhador C que, então, realiza sua operação e assim por diante” (Shingo, 1996 b, p. 53).

De acordo com Shingo (1996 b, p. 48), “a inspeção por julgamento descobre os defeitos, enquanto que as inspeções informativas fazem com que seja reduzida a ocorrência dos defeitos.”

As inspeções na fonte detectam a causa de um defeito ao invés dos resultados, prevenindo a ocorrência de defeitos. No Sistema Toyota de Produção, emprega-se o método de inspeção *poka-yoke*, que é uma inspeção na fonte do tipo cem por cento, através do controle físico ou mecânico, podendo ser utilizado como controle ou advertência. "O dispositivo *poka-yoke* em si não é um sistema de inspeção, mas um método de detectar defeitos ou erros, que pode ser usado para satisfazer uma determinada função de inspeção" (Shingo, 1996 b, p.56).

Segundo Galsworth (1997), o *poka-yoke* é um sistema a prova de erro, que ocorre através de inspeção 100% na fonte, diretamente no processo de trabalho, apresentando o potencial de eliminar defeitos. É uma garantia visual que objetiva executar somente a coisa certa, prevenindo falhas. O elemento utilizado para este sistema pode ser mecânico ou eletrônico, sendo em geral incorporado no equipamento.

Quando um erro é detectado, o processo é imediatamente paralisado até o problema ser corrigido. Como um aviso, um sinal de alerta dispara (buzina ou lâmpada alerta), avisando o encarregado que um problema está ocorrendo, exigindo uma ação corretiva para eliminar o erro (Shingo, 1989). De acordo com Shingo (1996 b), o *Poka-yoke* de controle é o dispositivo coletivo mais poderoso, pois paralisa o processo até que a causa do defeito tenha sido corrigida. Já o *poka-yoke* de advertência permite que o processo que está gerando o defeito continue, caso os trabalhadores não atendam ao aviso.

Além disso, os trabalhadores podem parar a linha de produção sempre que algum problema for identificado. Quando a linha é interrompida, toda a área é informada sobre o tipo de problema existente e o local onde ocorreu o mesmo, através de um *andon* (painel indicador), que é um dispositivo visual que transmite informações e sinaliza a necessidade de ação imediata por parte dos supervisores. Quando ocorrem estas interrupções, grande atenção é dada à busca de soluções para a correção do problema, pois, assim, pode-se evitar que isto novamente ocorra, através da descoberta de suas causas.

### Melhoria do Transporte

Melhoria de transporte significa eliminar a função de transporte tanto quanto possível, pois a ação de transporte, em princípio, não agrega valor. Para que isso ocorra, é necessário implantar melhorias no *layout* baseado no processo, procurando minimizar o transporte. O

uso de uma empilhadeira, calhas ou uma correia transportadora é apenas uma melhoria nas operações de transporte, e não uma melhoria da ação transporte.

#### Melhorias das Esperas

As esperas aumentam o tempo de ciclo da produção<sup>5</sup>, os estoques de materiais, de produtos e de trabalho em progresso, diminuindo o giro do capital, e, assim, gerando desperdício. As esperas de processo ocorrem, em geral, porque operações de inspeção e transporte não estão sincronizadas.

#### **2.3.4 – As perdas no Sistema Toyota de Produção**

No STP, o foco principal das melhorias no sistema de produção é a identificação e eliminação das perdas reduzindo custos. Shingo (1996 b) salienta que é necessário identificar até mesmo o desperdício que é considerado natural. Assim, quando se encontra alguma prática que é vista como algo que não agrega valor, a mesma deve ser mudada.

No STP, pode-se observar a utilização de um conceito mais amplo de perdas em relação ao Taylorismo e Fordismo. Antunes Junior (1995), analisando as perdas no STP, destaca que as atividades constituem-se do trabalho real necessário às organizações, podendo estas serem subdivididas em trabalho que agrega valor, ou seja, algum tipo de processamento, e trabalho que não agrega valor. Este último pode ser sub-dividido em trabalho essencial, que são necessários ao processo, e as perdas, o trabalho não necessário.

De acordo com Ohno (1978), o passo preliminar do STP para reduzir as perdas, é identificá-las, a partir da compreensão do seu conceito. Esse autor propõe uma classificação das perdas em sete categorias. Antunes Júnior (1995) propõe algumas ações para eliminá-las, apresentadas a seguir.

Perdas por superprodução: são consideradas as mais prejudiciais ao sistema produtivo, pois têm a capacidade de mascarar outras perdas. Podem ser de duas naturezas distintas, superprodução quantitativa e superprodução por antecipação. As ações que podem ser realizadas com o objetivo de eliminar este tipo de perda são:

- a) melhoria no processo de estocagem através do nivelamento das quantidades e sincronização entre os processos visando a eliminação ou minimização dos estoques intermediários, através da aplicação de operação em fluxo de uma só peça ou produção de pequenos lotes.

---

<sup>5</sup> Tempo de ciclo de produção é o período real de tempo necessário para executar determinada tarefa, podendo-se passar para a próxima etapa da produção (Womack et al., 1998)

- b) melhoria na operação via preparação de máquina e ajustes, pois longos tempos de preparação (tempo de ajuste das máquinas) implicam a necessidade de produção de grandes lotes, gerando estoques intermediários.

Perdas por transporte: são consideradas todas as atividades de movimentação de materiais que geram custo e não adicionam valor e que podem ser eliminados imediatamente ou em um prazo curto definido. Reduzir as perdas por transporte significa discutir a eliminação da movimentação de materiais tanto quanto possível em um determinado espaço de tempo. As ações que devem ser realizadas para que este tipo de perda seja eliminada são:

- a) primeiramente, deve-se realizar ações procurando eliminar o transporte através de melhoria da organização do local de trabalho;
- b) posteriormente, deve-se realizar melhorias no sentido da mecanização das atividades de transporte que não puderam ser eliminadas.

Perdas no processamento em si: são decorrentes de atividades de processamento desnecessárias para que o produto adquira suas características de qualidade. Dois tipos de ações devem ser realizadas para que este tipo de perda seja eliminada:

- a) analisar que tipo de produto deve ser manufaturado do ponto de vista da Engenharia de Valor;
- b) analisar quais métodos devem ser utilizados para fabricar o produto.

Perdas por fabricação de produtos defeituosos: são consideradas todas as produções de peças, componentes ou produtos acabados que não atendam às especificações de qualidade do projeto. Para reduzir as perdas por fabricação de produtos defeituosos é necessário estabelecer um sistema de inspeção que previna estes defeitos.

Perdas no movimento: são relacionadas aos movimentos desnecessários dos trabalhadores quando estes estão executando as operações nos equipamentos. Tais movimentos, em geral, devem-se à falta de método de trabalho e à má organização do *layout* e do posto de trabalho. Para que estas perdas sejam eliminadas é necessário realizar uma análise a partir de algumas ferramentas como:

- a) estudo de movimentos, proposto por Gilbreith;
- b) estudo dos tempos, proposto por Taylor;

c) estudo do tempo alocado ou previsto.

Perdas por espera: são consideradas as perdas associadas a tempos nos quais trabalhadores ou máquinas não estão sendo utilizados produtivamente, mas seus custos horários continuam sendo despendidos. As principais causas deste tipo de perda são:

- a) elevado tempo de preparação de máquinas e ferramentas;
- b) falta de sincronização da produção;
- c) falta de previsão de problemas que podem ocorrer no sistema como quebra de equipamentos, atraso de matéria prima, etc.

As principais técnicas que podem ser aplicadas para que estas perdas sejam reduzidas ou eliminadas são:

- a) aplicação da sistemática da Troca Rápida de Ferramenta;
- b) sincronização da produção;
- d) sistemas e técnicas que aumentam a confiabilidade do sistema produtivo, impedindo paradas não programadas do mesmo.

Perdas por estoque: são perdas que resultam da existência de estoque de matéria-prima, material em processamento e produtos acabados, que acarretam elevados custos financeiros. Uma das suas principais causas é a falta de sincronia entre o prazo de entrega do pedido de compra e o período de produção.

## **2.4 – A Nova Filosofia de Produção ou Produção Enxuta**

O termo “Nova Filosofia de Produção” refere-se a um conjunto de métodos, técnicas e ferramentas, em desenvolvimento, com origem nos esforços japoneses do JIT, e controle da qualidade total (CQT) na produção de carros (Koskela, 1992). A NFP, também conhecida como Produção Enxuta, surgiu com Womack et al. (1992), na tentativa de transpor os conceitos e princípios do STP às outras indústrias automobilísticas e a outros setores:

“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 espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos da 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).

Koskela (1992) afirma que o modelo conceitual dominante na gestão da produção é o modelo de conversão, segundo o qual a produção pode ser definida da seguinte forma:

- a) Um processo de produção é uma conversão de entradas em saídas (Figura 2.3);
- b) O processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, que são processos de conversão;
- c) O custo do processo total pode ser minimizado pela redução do custo de cada subprocesso;
- d) O valor de saída de um processo é associado aos custos (ou valor) das entradas daquele processo.

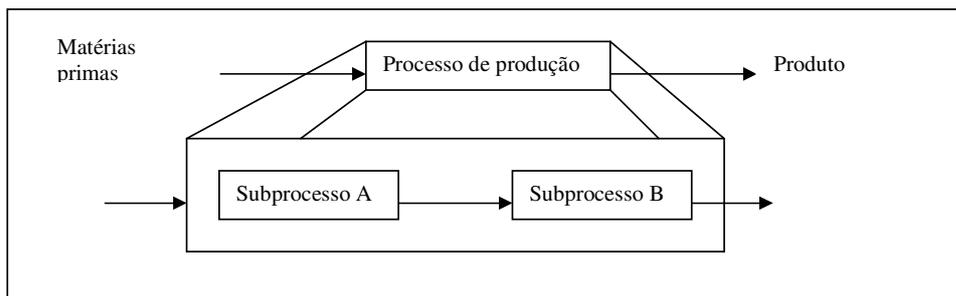


Figura 2.3 - Representação esquemática do modelo de conversão (Koskela, 1992)

Koskela (1998), ao analisar os princípios do modelo de conversão, faz um paralelo com suas deficiências, as quais são apresentadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Princípios do modelo de conversão e suas deficiências

Princípios	Deficiências
1. O processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, que também são processo de conversão.	Não explicita atividades que não agregam valor .
2. O custo do processo total pode ser minimizado pela minimização do custo de cada subprocesso	Não considera as interdependências entre atividades.
3. É vantagem isolar o processo de produção para o meio externo através de folgas organizacionais.	Aumenta a parcela de atividades que não agregam valor.
4. O valor de saída de um processo é associado aos custos (ou valor) de entrada daquele processo.	Não enfatiza a oportunidade de aumentar o valor através do foco nos requisitos do cliente.

Fonte: Koskela, 1998

Conforme Koskela (1998), o modelo de conversão, além de não explicitar como são usados recursos desnecessários, não apresenta a possibilidade de assegurar o atendimento dos requisitos do cliente, podendo resultar em um aumento desnecessário no consumo de recursos, configurando-se um desperdício. Desta forma, a gestão de processos tende a ser ineficaz.

Segundo Koskela (1992), o modelo conceitual da Nova Filosofia de Produção define produção como um fluxo de material ou informação desde a matéria prima até o produto final (Figura 2.4). Neste fluxo, o material é processado (convertido), inspecionado, transportado ou armazenado. Assim como no STP, o processamento representa a única atividade que pode agregar valor ao produto. A inspeção, o movimento e o armazenamento são denominadas de atividades de fluxo, e não agregam valor ao produto. Cada processo pode ser caracterizado por tempo, custo e valor, sendo que o valor refere-se ao atendimento das exigências do cliente.

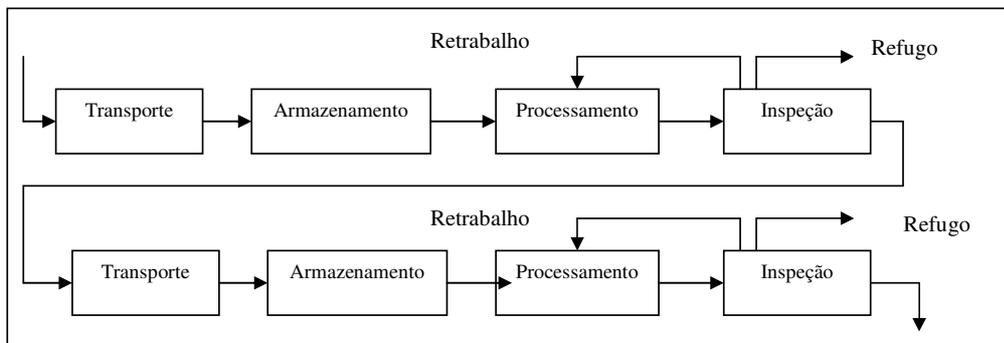


Figura 2.4 - Produção como processo de fluxo (Koskela, 1992)

Koskela (1994) destaca que a Nova Filosofia de Produção está centrada em três aspectos do sistema de produção: conversão, fluxo e geração de valor. Todas as atividades dependem custo e tempo, mas somente atividades de conversão agregam valor ao produto. Portanto, deve-se reduzir ou eliminar as atividades de fluxo, e tornar as atividades de conversão mais eficientes. Devido aos princípios gerenciais tradicionais adotados, os fluxos de processo não têm sido controlados ou melhorados de maneira sistemática. Portanto, o fluxo de material e informação constituem um dos principais focos de análise da NFP.

Womack et al. (1998) salientam que o primeiro passo do pensamento enxuto é especificar o valor com precisão. O segundo é identificar a cadeia de valor inteira para cada produto. A análise da cadeia de valor relaciona três tipos de ações necessárias para projetar, pedir e produzir um produto específico: (1) ações que criam valor, sendo percebidas pelo cliente; (2) aquelas que não criam valor, mas são inevitáveis, devido à tecnologia utilizada

para produção (*muda*<sup>6</sup> tipo um), e não podem ainda ser eliminadas; (3) e as que não criam valor (*muda* tipo dois) e devem ser eliminadas imediatamente.

Enquanto todas as atividades despendem custo e tempo, somente as atividades de conversão podem agregar valor ao produto. Logo, para se reduzir perdas é necessário reduzir ou eliminar as atividades de fluxo e tornar as atividades de conversão mais eficientes. Assim, constata-se na NFP uma preocupação explícita com as atividades de fluxo, o que no Fordismo era negligenciado.

Isatto & Formoso (1998) destacam que a visão de Koskela e Shingo são complementares. Shingo enfatiza a melhoria dos processos sobre as melhorias das operações, enquanto Koskela, por sua vez, propõe um balanceamento entre as melhorias nas atividades de fluxo com as atividades de conversão.

A Produção Enxuta corrige as deficiências da teoria convencional visualizando a produção sob os pontos de vista da conversão, fluxo e valor. Na visão de fluxo a questão básica é a eliminação das perdas no processo. Neste sentido, práticas como eliminação de estoques, redução de retrabalho, redução de distâncias entre estações de trabalho, são estimuladas. Na visão de geração de valor, a questão básica é alcançar o melhor possível do ponto de vista do cliente.

Koskela (1994) destaca as diferenças mais importantes entre a produção convencional e a NFP, que estão resumidas no quadro 2.2.

Quadro 2.2 - A filosofia convencional de produção e a Nova Filosofia de Produção.

	Filosofia convencional de produção	Nova filosofia de produção
Conceito de produção	Produção constituída de conversão, todas as atividades agregam valor	Produção constituída de conversão e fluxo, existem atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor.
Foco de controle	Custo da atividade	Custo, tempo e valor dos fluxos
Foco de melhoria	Aumento da eficiência pela implementação de novas tecnologias	Eliminação ou diminuição de atividades que não agregam valor, aumento da eficiência de atividades que agregam valor através de melhoria contínua e novas tecnologias.

Fonte: Koskela, 1994

Koskela (1992) propõe um conjunto de onze princípios gerais, cujo objetivo é eliminar os desperdícios existentes a partir da análise da cadeia de valor:

- 1- Reduzir a quantidade de atividades que não agregam valor;
- 2 - Aumentar o valor de saída através da observação sistemática das exigências do cliente;
- 3 - Reduzir a variabilidade;

<sup>6</sup> *Muda* é uma palavra japonesa que significa desperdício (Womack et al., 1998).

- 4 - Reduzir o tempo de ciclo;
- 5 - Simplificar minimizando o número de passos, partes e interdependências;
- 6 - Aumentar a flexibilidade de saída;
- 7 - Aumentar a transparência do processo;
- 8 - Focalizar o controle no processo inteiro;
- 9 - Introduzir melhoria contínua no processo;
- 10 - Equilibrar a melhoria do fluxo com a melhoria da conversão;
- 11 - Fazer *benchmarking*<sup>7</sup>.

Womack et al.(1998) denominam desperdício (*muda*) como qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não gera valor, tais como: erros que precisam ser retificados, produção de itens que não atendem às necessidades dos clientes; acúmulo de mercadorias nos estoques; etapas de processamento desnecessárias; movimentação desnecessária de funcionários e transporte excessivo de mercadorias de um lugar para o outro; espera de grupos de pessoas em uma atividade posterior devido a uma atividade anterior não realizada dentro do prazo; e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente.

Segundo esse autor, para se reduzir desperdício é necessário analisar todas as ações necessárias para produzir um certo produto, passando a se ter uma visão de como estas interagem umas com as outras. Após este passo, é necessário questionar essas ações, e as que, isoladamente ou em combinação, não criam nem otimizam valor para o cliente, devem ser eliminadas.

Realizando uma análise da evolução do conceito de perdas, pode-se observar que no Taylorismo havia uma preocupação com o desperdício dos recursos naturais e da mão-de-obra decorrente da má direção e da falta de eficiência. Ford diferenciava o desperdício de materiais do desperdício de tempo, pois considerava este último como irrecuperável - na sua visão, deve-se economizar material por estar agregado ao trabalho humano. Já o STP está calcado no foco à eliminação dos desperdícios, considerando-se que um processo é constituído tanto de atividades que agregam valor como atividades que não agregam valor ao produto - destas, algumas podem ser consideradas atividades de apoio, necessárias a realização do trabalho, e outras são consideradas como perdas, que devem ser reduzidas ou eliminadas. Na NFP as atividades que não agregam valor são denominadas atividades de fluxo, as quais devem ser eliminadas ou reduzidas, e as que agregam valor são denominadas atividades de conversão.

---

<sup>7</sup> Benchmarking é um meio de se estabelecer metas de caráter funcional ou de desempenho, com o objetivo de atingir um nível excepcional de qualidade, desempenho, custos e pontualidade. Benchmarking é uma atividade contínua de comparação dos próprios processos, produtos e serviços com a atividade similar mais conhecida, de modo que metas desafiadoras mas atingíveis sejam estabelecidas e um curso de ação realista seja implementado, a fim de se tornar o melhor dos melhores num prazo razoável (Balm, 1995).

### 2.4.1 - Peculiaridades da construção e a Construção Enxuta

Koskela (1994) destaca como peculiaridades da construção as seguintes características: natureza única dos empreendimentos, produção fixa e multiorganizações temporárias. Howell & Ballard (1994), por sua vez, comentam que o tempo de execução de um empreendimento de construção é similar ao estágio de desenvolvimento de um produto na manufatura, sendo análogo à preparação de um protótipo.

Estas peculiaridades da construção servem muitas vezes como um escudo para implantação de novos conceitos e mudanças no setor, impedindo que práticas bem sucedidas em indústrias de manufatura sejam aplicadas neste setor. Koskela (1992) destaca que os princípios gerais para a gestão de processos, apresentados no item 2.4, podem ser aplicados à construção civil, apesar das suas peculiaridades. Estes podem, inclusive, potencialmente amenizar seus efeitos prejudiciais. Howell (1997) sugere que um empreendimento de construção pode ser entendido como um processo de desenvolvimento de produto, executado por um grande número de pessoas com base em uma série de princípios importantes como segurança, estética, integridade estrutural, etc.. Neste processo, existe uma negociação contínua entre fins e meios por parte de representantes de diferentes grupos de valor.

Na indústria da construção, a difusão da NFP parece ser um tanto limitada e sua aplicação incompleta. A garantia de qualidade e o CQT têm sido adotados por um crescente número de organizações, primeiramente na produção de materiais de construção e de componentes manufaturados e, posteriormente, em projeto e construção. As principais barreiras para implementar estas idéias na construção, de acordo com Koskela (1994), são as seguintes: conceitos da NFP focalizados para certos tipos de manufatura, não facilitando a internalização e generalização do ponto de vista da construção; relativa falta de competição internacional na construção; e resposta atrasada das instituições acadêmicas. Assim, a gestão da produção na construção civil pode ser caracterizada da seguinte forma (Koskela, 1992):

- a) a base conceitual é orientada para o modelo de conversão;
- b) os métodos gerenciais deterioram os fluxos ao violar alguns princípios básicos para projeto e melhoria de sistemas de produção;
- c) como consequência, há consideráveis desperdícios na construção;
- d) o desperdício é pouco visível em termos totais;
- e) os esforços de melhoramento têm sido obstruídos pela negligência na gestão de fluxos.

De acordo com Ballard & Howell (1998), é apropriado aplicar uma estratégia industrial, ou seja, deixar a construção mais parecida com a indústria manufatureira através de

iniciativas como a padronização. Segundo esses autores, deve-se aprender a gerenciar incertezas, complexidades e rapidez dentro das características inerentes à construção, entre elas, produto único, produção em obra e organização temporária.

Segundo Koskela (1992), algumas iniciativas têm sido realizadas para evitar os problemas causados pelas peculiaridades da construção, tais como:

- a) características singulares são reduzidas através da padronização, coordenação modular e ampliação do papel de fornecedores;
- b) dificuldades de produção na obra são aliviadas através de um aumento da pré-fabricação e utilização de times multi-funcionais;
- c) o número de ligações temporárias entre as organizações é reduzida através do encorajamento de alianças estratégicas de longo prazo.

Segundo Koskela (1992), o ponto de partida para melhorar a construção é mudar a forma de pensar, enfatizando a visão de processo como fluxo. Segundo o mesmo autor, a linha básica para melhoramento deve ser: definir processos, localizar e priorizar o potencial de melhoramento, implementar melhoramento e monitorar progresso. O processo de trabalho deve ser transparente através de seu mapeamento, bem como deve ser medido o desperdício inerente a este processo. Assim, o fluxo de informação e de materiais nos processos de projeto e de produção devem ser identificados e mensurados, primeiramente em termos de perda (atividades que não agregam valor), tempo e valor de saída.

O desafio para a NFP é reduzir perdas mediante a estabilização da produção através do processo de planejamento e controle, reduzindo assim as incertezas. Busca-se minimizar variações de entrada, de forma a possibilitar que sejam eliminadas as atividades que não agregam valor. Deve-se estabilizar o fluxo do trabalho procurando reduzir a variação de fluxo, melhorando as combinações de trabalho, para avaliá-lo e finalmente melhorar a performance (Howell & Ballard, 1994). Segundo Ballard & Howell (1998), a Produção Enxuta é essencialmente uma revolução conceitual, no centro da qual estão o gerenciamento dos fluxos e do valor. O gerenciamento do valor contribui para maximizar o valor para os clientes e o gerenciamento de fluxos enfoca a redução de perdas, que é o tema principal deste trabalho.

### **Capítulo 3 – Estudos realizados sobre perdas na construção civil**

São apresentados neste capítulo os principais estudos realizados sobre as perdas na construção civil, assim como as visões e os conceitos adotados nos mesmos. Dentre os trabalhos desenvolvidos sobre o tema destacam-se os estudos realizados por Skoyles na Inglaterra em 1976, Pinto em 1989, Picchi em 1993 e Soilbelman em 1993 no Brasil, Hong Kong Polytechnic em 1993 em Hong Kong. Será destacada também, a pesquisa "Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras", que faz parte do estudo exploratório desta dissertação, desenvolvida em 1998, bem como o estudo realizado por Costa em 1999, tendo em vista a sua participação naquela pesquisa, contribuindo para elaboração de novas ferramentas de controle de perdas.

#### **3.1 - Visão e conceitos de perdas adotados na Construção Civil**

Skoyles (1974) define desperdício como sendo a diferença entre a quantidade de material entregue na obra, diminuída de eventuais transferências para outras obras, e aquela que é empregada efetivamente na construção ou usada para trabalho temporário. Esta definição vem a ser complementada mais tarde pelo mesmo autor (SKOYLES, 1976), quando classifica as perdas, de acordo com a sua natureza, em dois tipos principais: direta e indireta. A perda direta é definida como a perda de materiais que não podem ser recuperados ou utilizados, ou, ainda que são perdidos durante o processo de construção. A perda indireta distingue-se da perda direta por representar somente uma perda monetária, pois os materiais não são perdidos fisicamente. Esta segunda categoria ocorre principalmente em função da substituição dos materiais especificados por outros de maior valor. Por exemplo, tijolos maciços podem ser utilizados para substituir blocos cerâmicos, na falta destes últimos. É freqüente também a utilização de materiais em quantidades superiores às necessárias por problemas no processo, como o elevado consumo de argamassa devido à espessura de revestimento ser maior que a especificada.

Skoyles (1981) considera que as perdas de materiais ocorrem em todos os estágios da construção, desde a chegada do material na obra, na sua estocagem e transporte, até o seu emprego no local a que se destina. Esse autor apresenta ainda outra classificação das perdas,

levando em conta as etapas nas quais as mesmas são originadas: projeto, fornecimento de materiais, gerenciamento da obra, orçamentação, e assim por diante.

Segundo Formoso et al. (1996), as perdas devem ser entendidas como qualquer ineficiência existente no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e capital em quantidade superiores às necessárias para execução do produto, englobando tanto perdas de materiais quanto a execução de atividades que não agregam valor. Esses mesmos autores destacam que o esforço para melhoria do desempenho na construção civil deve considerar o conceito mais amplo de perdas, visando a diminuição do gasto de recursos que não agregam valor, vinculados às atividades de conversão ou fluxo.

Conforme Formoso et al. (1996), para reduzir as perdas na construção é preciso conhecer sua natureza e identificar suas principais causas, pois a competitividade da empresa é alcançada na medida em que a organização persegue a redução de perdas continuamente.

Em Rosa et al. (1998) é apresentada uma proposta de classificação de perdas na construção civil, baseada nas sete perdas do STP, desenvolvida a partir de estudos realizados no NORIE (Núcleo Orientado para inovação da Edificação) da UFRGS, que envolveram discussões entre um grupo de alunos do curso de pós-graduação. O principal objetivo dessa classificação é facilitar a ação gerencial para reduzir as perdas, através da identificação das suas origens e natureza.

A seguir será apresentada a classificação de perdas destacando suas diferenças em relação à proposta de Ohno (1978). Foram inseridos três tipos de perdas não abordadas no STP (perda por substituição, perda por falta de segurança, outras):

- a) Perdas por superprodução;
- b) Perdas por transporte: relacionam-se às atividades de movimentação interna de material e equipamentos, devido ao manuseio excessivo, utilização de equipamentos inadequados, condições inadequadas de acesso, e má distribuição da organização do canteiro, gerando perdas de materiais, mão-de-obra e desgastes desnecessários de equipamentos. Portanto, esta categoria perda difere da proposta por Ohno (1978) por abranger aspectos relacionados ao uso inadequado de equipamentos;
- c) Perdas no processamento em si;
- d) Perdas por elaboração de produtos defeituosos: ocorrem quando são produzidos produtos que não atendem às especificações de projeto, podendo resultar em retrabalhos ou em perdas nos processos posteriores, gerando perdas de materiais, mão-de-obra e equipamento. Como exemplos deste tipo de perda, pode-se citar as seguintes situações: uma parede fora do prumo que deve ser desmanchada, gerando retrabalho; uma parede fora do prumo não desmanchada,

que resultará em perdas na atividade de execução de reboco pelo excesso de espessura. Diferencia-se da proposta de Ohno (1978) por se referir também a perdas geradas em processos posteriores à aceitação do produto;

e) Perdas no movimento;

f) Perdas por espera;

g) Perdas por estoques: resultam da existência de estoques elevados de materiais devido à compra antecipada ou à aquisição de materiais além do necessário, bem como das más condições de estocagem, gerando perdas de materiais, mão-de-obra e equipamentos. A diferença em relação à conceituação de Ohno refere-se à consideração das más condições de estocagem;

h) Perdas por substituição: utilização de um material ou componente de valor ou características de desempenho superiores ao especificado, de um operário qualificado realizando tarefas comuns e/ou de equipamentos com maior avanço tecnológico utilizados em tarefas simples;

i) Perdas por falta de segurança: perdas devido a acidentes de trabalho, gerando afastamento, mortes, indenizações, além de implicar em perdas de materiais e equipamentos;

j) Outras: perdas de natureza diferente das anteriores como roubo, vandalismo, condições climáticas, problemas com equipamentos, etc.

De acordo com Soilbelman (1993), as perdas podem ser identificadas durante a etapa de produção, mas suas origens podem ser tanto no processo de produção quanto nos processos antecedentes, tais como a fabricação de materiais, preparação de recursos humanos e planejamento. Isto já havia sido constatado por Skoyles (1981).

Segundo Formoso et al. (2000), as perdas de materiais não são enfatizadas na Produção Enxuta, pois, provavelmente, as mesmas não são consideradas como um problema grave em outras indústrias, ditas mais modernas. Na maioria dos estudos realizados em torno deste tema, percebe-se que o conceito adotado está focado no desperdício de materiais, ou seja, ainda é tomado por base os conceitos tradicionais de produção, sendo negligenciada a gestão de fluxos, pois a NFP é pouco disseminada no setor da construção civil.

### **3.2 - Papel dos indicadores e das medidas de perdas**

Contador (1997) destaca que um sistema de gerenciamento de obras é ineficaz e incompleto sem um subsistema de controle ou acompanhamento. Segundo esse mesmo autor, controle consiste na ação que ocorre com o objetivo de evitar que uma atividade ou um

produto desvie das condições preestabelecidas, sendo necessário, para isto, estabelecer um padrão de comparação. Este padrão pode ser expresso através de um plano, meta, prazo, despesa, ou especificação de produto. Uma vez definido o padrão, pode-se efetuar o controle, que pode ser dividido nas seguintes etapas:

- a) obter informações sobre o que foi realizado, através de medidas;
- b) comparar o realizado com o padrão previsto;
- c) quando o realizado não coincidir com o padrão, devem ser realizadas ações corretivas para que seja eliminado o desvio ou para que se estabeleçam novos padrões de comparação.

Assim, para haver controle, são necessárias informações sobre o desempenho do processo, que, segundo Lantelme (1994), permitam uma avaliação da eficácia da empresa para atingir seus objetivos, além de apresentarem um importante papel na melhoria da eficiência dos processos. Para atingir esses objetivos, essa autora destaca que um sistema de medição de desempenho deve atender a alguns princípios:

- a) consistência com os objetivos empresariais;
- b) medição de atividades importantes de forma a obter informações sobre as causas dos problemas, para que se possa implantar melhorias;
- c) adaptabilidade às necessidades e objetivos empresariais, os quais são continuamente revistos;
- d) produzir informações de custo acessível;
- e) ser de fácil entendimento.

Segundo Alarcón (1997), para ocorrer melhoramento contínuo é necessário ter medidas que verifiquem e monitorem o desempenho, sendo fundamental a seleção apropriada de medidas.

Ballard & Howell (1997) destacam que a forma de controle normalmente adotada na construção constitui-se em um modelo de controle do empreendimento, não da produção. O controle direto de produção ocorre somente quando o foco é na unidade da produção, e não os contratos envolvidos no projeto ou no gerenciamento da construção. O sistema de controle de produção na construção é tipicamente dividido em três níveis hierárquicos, correspondendo, de uma maneira geral, à indústria manufatureira: (1) planejamento da produção; (2) coordenação de suprimentos e gestão de fluxos; (3) ordem de liberação de trabalho e de controle da produção. A aplicação do controle da produção traz como consequência a estabilidade e previsibilidade do processo da construção, fator este que facilita a implementação de alguns princípios da NFP.

Alarcón (1993) destaca que a introdução da NFP na construção requer novas mensurações de desempenho, diferentes das utilizadas no modelo tradicional, pois estas últimas limitam-se a mensurar custos ou produtividade, que refletem um quadro parcial. Esses índices são necessários, mas não suficientes para a obtenção de melhorias de desempenho na construção, sendo necessário, portanto, outras medidas de desempenho.

Koskela (1992) destaca alguns problemas comuns desses tipos de medidas, entre eles:

- a) não levam ao melhoramento contínuo;
- b) não tentam entender as fontes dos custos indiretos, direcionando mal a atenção;
- c) resultam em índices locais ao invés de índices globais;
- d) medem após o fato ocorrido;
- e) há uma tendência de coletar dados demais.

Segundo esse mesmo autor, na implantação de um sistema de medição de desempenho na Produção Enxuta há um número de exigências a serem medidas, entre elas:

- a) redução do desperdício - medir o desperdício inerente ao processo;
- b) agregação do valor - o sistema deve ser capaz de medir o valor agregado por cada passo no processo;
- c) redução da variabilidade - medir a variabilidade e defeitos é necessário;
- d) tempo de ciclo - deve-se medir o tempo do ciclo para o processo principal e para os processos secundários, assim como para seus subprocessos;
- e) simplificação - medidas para complexidade ou simplicidade devem ser desenvolvidas e aplicadas. As medições não devem exigir muito esforço adicional e não devem ser em grande número, pois não agregam valor diretamente ao produto;
- f) transparência - as medições devem estar perto de cada atividade para que as pessoas responsáveis pela execução recebam retorno direto, imediato e relevante. Desta forma características invisíveis do processo podem se tornar visíveis através de medições. As medidas devem ser transparentes e compreensíveis, sendo que as medidas físicas são melhores que financeiras e *feedback* visual é mais útil do que dados do sistema.
- g) foco no processo inteiro;
- h) estimular o melhoramento contínuo.

Segundo Alarcón (1997), a implementação de um sistema de medidas de desempenho, que inclui medidas baseadas na Construção Enxuta, pode ser uma direção para o melhoramento contínuo dos processos. Em geral, as medidas tradicionais de desempenho, isto é, de custo e de tempo não são eficazes em identificar as causas da baixa produtividade e de falhas de qualidade. Estas medidas não dão uma visão adequada do potencial para

melhoramento e a obtenção de informação, e usualmente são disponibilizadas tardiamente para se tomar ações corretivas. A maioria das atividades que não agregam valor tornam-se invisíveis dentro de sistemas de controle tradicionais, pois estes focalizam sua atenção em atividades de conversão e ignoram atividades de fluxo. Por esta razão, é de grande importância incorporar medidas de desempenho que promovam melhoramento contínuo em processos, e tornem visíveis as atividades que não agregam valor.

Pode-se observar, portanto, a importância dada aos tipos de indicadores que devem ser medidos, e ao conceito referente à transparência do sistema de controle. Isto pode contribuir para a criação de uma postura no ambiente de trabalho em que o próprio trabalhador controla os processos através das informações coletadas mediante um sistema de controle.

### **3.3 - Estudos anteriores sobre perdas na construção**

#### **3.3.1. Estudos realizados por Skoyles**

Skoyles (1974) destaca que a simples mensuração da diferença entre a quantidade de material entregue na obra e a utilizada constitui-se numa medida inadequada, pois os materiais adquiridos para um propósito podem ser utilizados para outro. Portanto, este autor define perda como sendo a diferença entre a quantidade de material entregue na obra (menos as transferências ocorrida para outras obras) e aquela que é levantada para realização da construção, incluindo assim, as perdas por mau uso.

Segundo Skoyles (1974), é impraticável abranger todos os tipos de perdas devido a uma grande variedade de materiais, tipos de construção e às características da edificação. Esse autor sugere iniciar a investigação através de um estudo piloto, visando à identificação dos materiais para os quais a combinação da quantidade usada e a extensão do desperdício produzam perdas mais significativas.

Os primeiros resultados dos estudos de Skoyles foram publicados em 1974, tendo como amostra 33 obras. Seus estudos tiveram continuidade e, em 1976, haviam sido analisados 114 canteiros de obras na Inglaterra, cujos dados de perdas obtidos estão apresentados na tabela 3.1. Nesta tabela está relatado o número de canteiros de obras analisados para cada tipo de material, a amplitude dos resultados, os índices de perdas obtidos e os índices geralmente adotados em orçamento. Conforme conclusões do próprio autor, os resultados mostram que, para os principais materiais, as perdas que ocorrem na prática são em média o dobro das admitidas em estimativas de custo.

Skoyles (1974) aponta algumas dificuldades encontradas ao realizar seus estudos nos canteiros: alguns registros de entrega de material nas obras não são realizados, principalmente quando não existe inspeção no recebimento; as transferências de materiais para outras obras são geralmente ignoradas; com muita frequência existem erros nos registros de entregas, devido à falta de detalhes nas notas e faturas; mesmo quando estes registros estão corretos, pode não haver coincidência entre os estoques de materiais nas obras e os valores registrados, por inexistir um registro adequado dos estoques de materiais.

Tabela 3.1 - Índices de perdas de materiais obtidos

MATERIAL	NÚMERO DE CANTEIROS	AMPLITUDE DOS RESULTADOS (%)	ÍNDICE DE PERDA	
			REAL (%)	USUAL (%)
<b>CONCRETO</b>				
Infra-estrutura	12	3 - 18	8	2,5
Super-estrutura	3	-	2	2,5
<b>AÇO</b>	1	-	5	2,5
<b>TIJOLOS</b>				
Comuns	68	1 - 20	8	4,0
À vista	62	1 - 22	12	5,0
Estruturais vazados	2	-	5	2,5
Estruturais maciços	3	9 - 11	10	2,5
<b>BLOCOS</b>				
Leves	22	1 - 22	9	5,0
Concreto	1	-	7	5,0
<b>TELHAS</b>				
Francesa	1	-	10	2,5
Fibrocimento	1	-	8	2,5
<b>MADEIRA</b>				
Tábuas	3	12 - 22	15	5,0
Compensado	2	-	15	5,0
<b>REV. ARGAMASSADOS</b>				
Paredes	4	2 - 7	5	5,0
Forros	4	1 - 4	3	5,0
<b>REV. CERÂMICOS</b>				
Azulejos	1	-	3	2,5
Pisos	1	-	3	2,5
<b>TUBULAÇÕES</b>				
Cobre	9	-	7	2,5
PVC	1	-	3	2,5
Conexões de cobre	7	-	3	-
<b>VIDRO</b>				
Chapas	3	-	9	5,0
Janelas pré-vidraçadas	2	-	16	0,0

Fonte: Skoyles, 1976

Conforme Skoyles (1976), as perdas no canteiro usualmente começam quando os materiais chegam em obra e são descarregados, pois parte destes pode ser perdida no trânsito, no descarregamento, na estocagem, e/ou no transporte até o posto de trabalho. Já no posto de trabalho, as perdas podem ocorrer quando da necessidade de corte de materiais para a sua

aplicação. Além dessas causas, algumas perdas podem ocorrer devido a roubo em obra ou a danos causados por vandalismo, e ainda, em menor grau, devido a intempéries.

Esse autor destaca que falhas no gerenciamento de materiais em obra estão entre as principais causas de perdas, pois, segundo ele, a estocagem e a movimentação de materiais justificam três vezes mais perdas do que outras causas. Skoyles (1981) relata que, embora algumas perdas sejam relacionadas à natureza do trabalho na construção, muito pode ser feito para reduzir este problema. Há necessidade de melhorar também a comunicação entre aqueles que projetam e aqueles que constroem, e uma maior atenção deve ser dada ao controle de materiais. Entretanto, segundo esse autor, a maior mudança necessária é a de atitude: todos os envolvidos no projeto, fornecimento de materiais, gerenciamento e execução da obra, entre outros, contribuem de alguma forma, para que ocorram perdas.

### **3.3.2 - Estudos realizados por Pinto**

Pinto (1989 a) desenvolveu um estudo sobre perdas na construção civil através de um estudo de caso em um empreendimento, na cidade de São Paulo, cuja área construída foi de 3658 m<sup>2</sup>, distribuída em 18 pavimentos. A obra foi executada através de processo convencional.

Foram estimadas as perdas nos serviços de estruturas, vedação e revestimento. Os dados foram coletados após a conclusão da obra através das notas fiscais obtidas junto à empresa. Para os levantamentos dos quantitativos de materiais necessários foram utilizadas composições unitárias, tomando-se como parâmetro dimensões recomendadas por normas ou consideradas como boas práticas no setor. Como resultado do estudo, obteve-se os dados apresentados na tabela 3.2, que representam a diferença percentual entre as quantidades de materiais comprados e as quantidades definidas nos levantamentos.

Os dados foram obtidos pela relação entre o peso total do material comprado (incorporado ou não à edificação) e o peso do material que deveria estar incorporado ao edifício, em função de parâmetros técnicos recomendados (traços, dimensões, taxas de consumo).

Conforme destaca Pinto (1989 b), como estes índices foram obtidos em um único empreendimento, os dados resultantes não podem ser considerados como representativos do setor. Em relação aos índices obtidos, o autor concluiu que:

- a) as perdas no concreto foram relativamente baixas pelo fato de que a concretagem foi executada por bombeamento, evitando perdas no transporte;

- b) ocorreu uma perda elevada de madeira, pelo reduzido número de reutilizações das formas, existência de desenhos curvos e dificultosos de pilares e má execução desse serviço;
- c) a perda de aço foi considerada elevada, principalmente pela falta de planejamento do corte das barras, gerando desperdícios além do necessário.

Tabela 3.2 - Acréscimo no consumo de materiais

<b>Materiais</b>	<b>Acréscimo verificado (%)</b>	<b>Expectativa usual de perda (%)</b>
Madeiras em geral	47,45	15,00
Concreto usinado	1,34	5,00
Aço CA 50 / 60	26,19	20,00
Componentes de vedação	12,73	5,00
Cimento CP – 320	33,11	15,00
Cal hidratada	101,94	15,00
Areia lavada	39,02	15,00
Argamassa colante	86,68	10,00
Azulejos	9,55	10,00
Cerâmicas de piso	7,32	10,00

Fonte: PINTO, 1989 a.

Estas perdas tanto podem estar incorporadas à construção, pela utilização de materiais desnecessários, em função da execução de elementos mais espessos do que o previsto no projeto, quanto podem ter sido descartadas na forma de entulho, ou seja, pode ter ocorrido tanto perdas direta como indiretas, definido por Skoyles (item 3.1).

Realizada esta verificação do prédio analisado, detectou-se que, enquanto em projeto estipulava-se o peso próprio do edifício em 0,85 t/m<sup>2</sup>, a análise dos documentos fiscais apontou para a utilização real de 1,0 t/m<sup>2</sup> (Quadro 3.1). Portanto, Pinto (1989b) afirma que perda em peso pode ser estimada, para os processo convencionais, na ordem de 20%. Esta perda resultou em geração de entulho, para a qual foram necessárias 213 remoções em caçamba, ao longo de 18 meses de obra, ou seja, em média uma retirada de entulho a cada dois dias de trabalho.

Quadro 3.1 - Verificação do índice de perda

Área construída	3.658,00 m <sup>2</sup>
Peso projetado	3.110,00 ton.
Peso comprado	3.678,00 ton.
Material incorporado ou retirado como resíduo	568,00 ton.
PERDA TOTAL	18,26%

Fonte: Pinto, 1989

De acordo com Pinto (1995 b), a percepção em vários países de que a construção civil precisa mudar acontece não só por causa do elevado desperdício de materiais e do indesejado impacto nos custos finais, mas também porque as áreas urbanas disponíveis para a disposição

de resíduos estão se exaurindo. Segundo pesquisas desse autor, a presença de resíduos da construção e demolições no lixo urbano varia de 18 a 67% (dados de vários países). Estes dados indicam a intensa geração de resíduos de construção e demolição no ambiente urbano, dando a dimensão do impacto ambiental resultante da disposição final deste resíduo.

Segundo Pinto (1995 a), não existe uma solução ou medida corretiva única para melhorar o desempenho do setor em termos de redução de desperdícios e de aumento da produtividade, mas a melhoria depende da adoção de pequenas soluções que, somadas, contribuirão para a melhoria da qualidade em cada empresa. Devem surgir soluções acompanhadas de mecanismos de auto-avaliação e correção, para que a empresa possa consolidar sua própria cultura para a qualidade e redução de custos.

O estudo de Pinto não pode ser considerado representativo do setor pois se limitou a apenas uma única obra. Porém, este estudo foi o primeiro realizado no Brasil que chamou a atenção para as elevadas perdas existentes no setor, despertando o interesse por mais investigações sobre o assunto, tanto por motivos econômicos quanto ambientais.

### 3.3.3 - Estudos realizados por Picchi

Picchi realizou um levantamento em três obras relativas à construção de edifícios de apartamentos em estrutura convencional e vedação em blocos cerâmicos, nos anos de 1986 e 1987, no qual foram observadas e somadas as quantidades (em m<sup>3</sup>) de entulho que eram retirados das obras. Conforme indica a tabela 3.3, a massa de entulho variou de 0,095 t/m<sup>2</sup> a 0,145 t/m<sup>2</sup>, representando de 11 a 17% da massa final do edifício. Isto representa de duas a três viagens de entulho por semana.

Tabela 3.3 - Dados sobre o entulho retirado de três obras realizadas entre 1986 e 1987

Obras	Área Construída (m <sup>2</sup> )	Duração da obra (meses)	Índice de entulho (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Massa de entulho (t/m <sup>2</sup> )	Entulho/massa final projetada do edifício (%)
A	7.619	17	606,50	0,095	11,20
B	7.962	15	707,70	0,170	12,60
C	13.581	16	1645,00	0,145	17,10

Fonte: Picchi, (1993, p. 40)

A partir desses dados esse autor sugere que, o entulho gerado nas obras brasileiras, situa-se entre 10 e 20% da massa final de edifícios, variando em função do elemento de alvenaria utilizado e do grau de organização e controle da obra, podendo-se adotar a referência de volume de 0,1m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (ou dois caminhões de 5m<sup>3</sup>) para cada 100m<sup>2</sup> de área

construída. Considerando que a massa específica média do entulho é de 1,1 a 1,2 t/m<sup>3</sup>, pode-se estimar que a massa de 0,12t/m<sup>2</sup> corresponde aproximadamente a 15% da massa final do edifício.

Deve-se observar que este estudo não inclui o material desperdiçado em espessuras adicionais de argamassa, como o próprio autor destaca, pois é freqüente na construção de edificações a utilização de espessuras além da projetada. Na tabela 3.4, o autor apresenta o cálculo de quanto estas espessuras representam em uma obra, adotando os valores de espessuras projetadas e realizadas de acordo com Pinto (1989) e dados obtidos no setor. Foi observado o uso de 82,50% de argamassa adicional, dado equivalente a 0,15 t/m<sup>2</sup> ou 17% da massa projetada do edifício.

Tabela 3.4 - Perdas devido a espessuras adicionais de argamassa

Revestimento	Espessura projetada (cm)	Volume projetado (l/m <sup>2</sup> )	Espessura realizada (cm)	Volume realizado (l/m <sup>2</sup> )	PERDA			
					Em volume (l/m <sup>2</sup> )	Em % do projetado	Em massa (kg/m <sup>3</sup> )	Em relação à massa projetada do edifício <sup>(2) (3)</sup>
Interno (paredes)	2,0	42,2	3,0	63,3	21,1	50,0	38,0	4,5
Interno (tetos)	2,0	11,0	4,0	22,0	11,0	100,0	19,8	2,3
Externo	3,0	23,1	6,5	50,1	27,0	116,8	48,6	5,7
Contrapiso	3,0	22,2	6,0	44,4	22,2	100,0	40,0	4,7
TOTAL	2,4 <sup>(1)</sup>	98,5	4,3 <sup>(1)</sup>	179,8	81,3	82,5	148,4	17,2

Fonte: Picchi, 1993.

<sup>(1)</sup> média ponderada

<sup>(2)</sup> foi considerada a massa específica média de 1800 kg/m<sup>3</sup> de argamassa

<sup>(3)</sup> foi considerada a massa final do edifício de 0,85 t/m<sup>2</sup>

O método adotado por Picchi (1993) restringe-se à coleta de perdas diretas, a partir do entulho retirado em obra, não havendo uma investigação mais aprofundada das causas das perdas.

### 3.3.4 - Estudos realizados por Soibelman

O estudo realizado por Soibelman (1993) teve como foco não apenas a incidência das perdas de materiais nos processos construtivos, mas principalmente a investigação das suas causas. Foram monitoradas cinco obras convencionais, referentes à construção de prédios residenciais e comerciais, executadas em estrutura convencional de concreto armado, paredes de alvenaria e revestimentos de argamassa. Foram investigados oito materiais, considerados mais relevantes por sua elevada participação no custo das obras ou por serem potenciais geradores de perdas.

Neste estudo, não foram analisadas perdas relativas à utilização de mão-de-obra. Os insumos observados foram aço, concreto pré-misturado, cimento, areia, cal ou argamassa pré-misturada, tijolos maciços e blocos cerâmicos. Estes insumos, segundo aquele autor, correspondem aproximadamente a 20% do custo total da construção, ou 30% do custo dos materiais, em obras convencionais.

Assim como Skoyles (1974), Soibelman (1993) ressalta a importância de perceber que as perdas podem ocorrer em diversas etapas do processo construtivo, desde o recebimento dos materiais no canteiro de obras até o emprego dos materiais durante a execução. Na figura 3.1 estão relacionados as principais fases do processo nos quais ocorrem as perdas. As mesmas foram subdivididas em três grupos: A, B e C. No grupo A, as etapas estão diretamente relacionadas com a administração de materiais. No B, estão incluídas as perdas incidentes sobre a produção propriamente dita. Já no grupo C, as perdas podem ocorrer em quaisquer etapas do processo produtivo. Pode-se observar que no grupo A as perdas incidem diretamente nas chamadas atividades de fluxo, um dos focos principais na NFP.

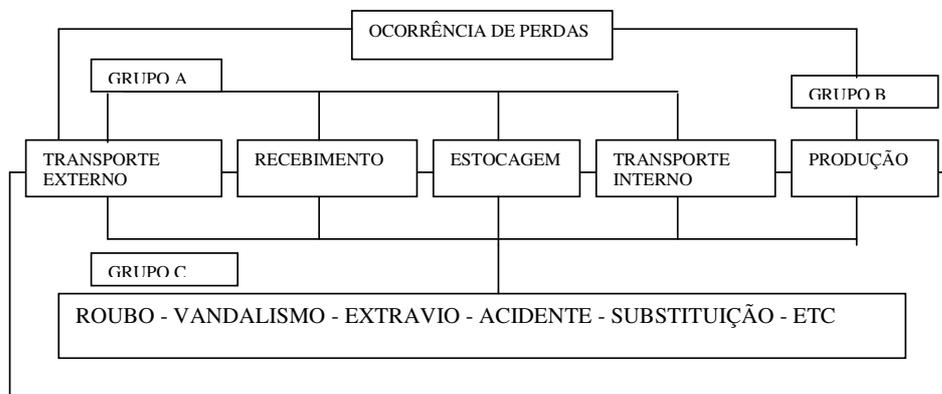


Figura 3.1 - Ocorrência de perdas (SOIBELMAN, 1993)

De acordo com o autor, o planejamento das operações de descarregamento, recebimento, estocagem e transporte interno dos materiais é um aspecto que deve ser considerado no gerenciamento dos empreendimentos. Para reduzir as perdas, devem ser tomadas algumas atitudes como o estabelecimento de critérios no recebimento dos materiais, além de delegar responsabilidade a profissionais para aceitação dos produtos entregues. O *layout* deve ser determinado de acordo com o arranjo físico dos homens, materiais e equipamentos para a maximização da utilização dos espaços; e as interrupções no processo produtivo devem ser diminuídas.

O índice de perdas de materiais foi calculado a partir da comparação entre a quantidade teoricamente necessária de insumos para execução dos serviços (determinada

através de uma avaliação quantitativa de serviço realizado e de tabelas de composição de custos para argamassa, desconsiderando os índices de perdas embutidos) e a quantidade adquirida no período analisado, através da verificação dos documentos fiscais. As causas das perdas foram identificadas através de observações no canteiro, que envolveram medições qualitativas e quantitativas.

A coleta e análise dos dados foram executadas para três períodos diferentes nas obras, quais sejam: consumo de material até a data da vistoria inicial (VI), consumo entre a VI e a vistoria final (VF), consumo do início da obra até a VF. Na VI foi executado um levantamento quantitativo dos serviços realizados até aquele momento e dos estoques de materiais disponíveis em cada obra. O mesmo procedimento se repetiu na VF. Os quantitativos reais de materiais efetivamente utilizados nos períodos considerados foram verificados através dos documentos fiscais, deduzindo a quantidade de material existente nos estoques em obra.

O cálculo da incidência de perdas de materiais foi realizado considerando os três momentos diferentes. No primeiro período, do início da obra até a VI, o índice de perda de um determinado insumo foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{Perda (\%)} = (M_{\text{real}} - \text{Est (VI)}) / M_{\text{teor}} \quad (3.1)$$

onde:

Perda (%) - índice total de perda do material considerando as parcelas de natureza direta e indireta

$M_{\text{real}}$  - quantidade de material adquirida até a VI

Est (VI) - quantidade de material existente no estoque na VI

$M_{\text{teor}}$  - quantidade de material teoricamente necessária para a execução dos serviços até a VI

Para o segundo período entre a VI e a VF, o índice de um determinado insumo foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{Perda (\%)} = (M_{\text{real}} - \text{Est (VI)} - \text{Est (VF)}) / M_{\text{teor}} \quad (3.2)$$

onde:

Perda (%) - índice total de perda do material considerando as parcelas de natureza direta e indireta

$M_{\text{real}}$  - quantidade de material adquirido entre VI e VF

Est (VI) - quantidade de material existente no estoque na VI

Est (VF) - quantidade de material existente no estoque na VF

$M_{teor}$  - quantidade de material teoricamente necessária para a execução dos serviços entre a VI e a VF

Para o terceiro período, desde o início da obra até a VF, obteve-se o índice global de perda através da seguinte equação:

$$\text{Perda (\%)} = (M_{real} - \text{Est (VF)}) / M_{teor} \quad (3.3)$$

onde:

Perda (%) - índice total de perda do material considerando as parcelas de natureza direta e indireta

$M_{real}$  - quantidade de material adquirida até a VF

Est (VI) - quantidade de material existente no estoque na VF

$M_{teor}$  - quantidade de material teoricamente necessária para a execução dos serviços desde o início da obra até a VF.

Para a coleta de dados qualitativos dos serviços e medições pontuais, foi utilizada uma série de planilhas, as quais estão relacionadas a seguir:

Planilha 1 – Identificação do canteiro em análise – visava registrar as principais características do empreendimento, além de indicar os projetos que necessitavam ser fornecidos pela empresa para a coleta dos dados;

Planilha 2 – Quantificação dos percentuais executados dos serviços – foram aplicadas na VI e VF para verificar a quantidade de serviços realizados em cada período, além de registrar as alterações ocorridas no projeto;

Planilha 3 – Controle de material adquirido até a VI – foi realizado nos escritórios das empresas, visando a verificação dos materiais adquiridos no período através dos documentos fiscais;

Planilha 4 – Controle dos estoques de materiais existentes no canteiro – nas datas de VI e VF foram aferidos os estoques existentes nos canteiros;

Planilha 5 – Controle de material adquirido entre VI e VF – semelhante à planilha 3, diferenciando-se desta em função do período de coleta. O levantamento deveria ser realizado no próprio canteiro, mas foi realizado no escritório, em algumas oportunidades, quando não havia observadores para registrar a entrada de materiais;

Planilha 6 – Transporte externo e recebimento de materiais - esta planilha visava a verificar as condições de descarregamento, responsabilidades e atitudes assumidas no recebimento.

Planilha 7 - Verificações quantitativas quanto à estocagem de materiais - foi utilizada para verificar as condições de estocagem dos materiais, com o objetivo de avaliar se estas condições influenciavam na incidência das perdas dos materiais;

Planilha 8 - Transporte interno - era utilizada para registrar as condições de transporte interno, além de características do *layout* dos canteiros e de equipamentos utilizados;

Planilha 9 - Controle de execução dos serviços - foi elaborada para registrar aspectos quantitativos e qualitativos que poderiam estar relacionados com a incidência de perdas de materiais;

Planilha 10 - Verificações nos serviços - esta série objetivou realizar o controle geométrico da estrutura e de esquadro das alvenarias.

A tabela 3.5, apresenta os índices de perdas obtidos nos três períodos analisados. No período entre VI e VF, foram realizadas investigações em torno das causas das perdas ocorridas na obra, o que não ocorreu nos outros períodos.

Tabela 3.5 - Índices de perdas de materiais nos períodos determinados

Material / Etapa	Do início da obra até VI	Entre VI e VF	Do início da obra até VF
	Média	Média	Média
Aço			
CA - 50	1,87	-	6,86
CA - 60	27,39	-	29,49
Soma	20,66	-	19,07
Cimento	110,83	82,61	84,13
Concreto	13,42	12,93	13,18
Areia	47,46	44,37	45,76
Argamassa	-	93,60	91,25
Tijolo furado	67,72	49,99	27,64
Tijolo maciço	29,46	53,96	26,94

Fonte: Baseado em Soilbelman (1993), p.59.

De acordo com Soilbelman (1993), os índices médios das perdas variavam entre 0,85 a 8 vezes as perdas consideradas nos orçamentos. Este fato indica que as previsões de consumo de materiais tendem a ser bastante imprecisas podendo comprometer tanto a programação quantitativa de insumos, quanto a programação financeira. Esse autor destaca que a maior ou menor incidência depende dos procedimentos específicos de administração de cada material. Ou seja, se um insumo específico apresenta um índice elevado de consumo em um empreendimento, superior aos demais analisados, não significa que todos os insumos apresentaram perdas elevadas.

Observou-se também que os materiais granulares tiveram perdas mais elevadas que os demais, principalmente em função de problemas de manuseio dos mesmos, e também, geralmente, pelo excesso de espessura dos revestimentos argamassados, causados principalmente por desvios na geometria da estrutura. Constatou-se espessuras de 30% a 110% superiores às especificadas.

Com relação às causas das perdas, destaca-se que uma grande parcela de perda é causada por problemas relacionados ao projeto, tais como: modificações durante a execução do processo construtivo, falta de obediência às especificações pré-definidas e detalhamento insuficiente dos projetos, além da falta de coordenação entre os mesmos. Soibelman (1993) questiona o papel da mão-de-obra na geração de perdas, ao destacar que, embora muitos culpem os operários de serem negligentes, deve ser considerada, também, a influência de aspectos referentes aos meios fornecidos à mão-de-obra para que ela demonstre um desempenho eficiente. Portanto, esse autor considera que as principais causas encontram-se no gerenciamento da produção, fugindo ao controle dos operários.

Este estudo analisou as perdas em cinco canteiros de obras de uma forma sistemática, procurando identificar suas causas de maneira incisiva, além de analisar qualitativamente aspectos relacionados a estoque, transporte e outros. Entretanto, o método proposto pelo autor é bastante trabalhoso, pois envolveu a coleta de um elevado número de dados em diferentes planilhas, durante um longo período de tempo. Este método caracteriza-se como reativo, pois somente no término do serviço tornou-se possível a obtenção dos dados de perdas, impossibilitando a implantação de melhorias em tempo real.

### **3.3.5 - Estudos realizados em Hong Kong**

C.M. Cheung e outros quatro pesquisadores da Hong Kong Polytechnic realizaram um estudo sobre perdas na construção civil em Hong Kong, entre junho de 1992 e fevereiro de 1993 (Hong Kong Polytechnic and Hong Kong Construction Association, 1993). Foram observados 32 canteiros de obras com o objetivo de quantificar as perdas e identificar as causas das mesmas, além de estimar a quantidade de entulho que iria ser gerada nos canteiros das novas obras e em demolição, para os próximos cinco anos nessa cidade. Foi inicialmente realizado um estudo piloto em dois canteiros de obras e, a partir deste, foram definidos os dados de maior relevância a serem coletados.

A principal motivação para a realização deste estudo foram os problemas encontrados com a disposição do entulho gerado nas obras no país. Num primeiro momento havia interesse econômico na execução de aterros. Entretanto, com o passar do tempo, isto passou a ser um problema por falta de área disponível. Com o intuito de reduzir este volume de entulho gerado, o governo passou a cobrar elevadas taxas para serem realizados os depósitos, levando as empresas a procurar reduzir o desperdício em obra.

Este estudo considerou a definição de perdas como o entulho gerado e removido do canteiro de obra em reformas ou demolição, e também em obras novas de edificações ou de infra-estrutura. Os índices de perda de materiais foram determinados através da comparação entre a quantidade de material recebida em obra e a quantidade de serviço executado, sendo que os dados cumulativos foram coletados e registrados para cada mês. Assim, o nível de perdas de materiais por projeto foi calculado. Os seguintes serviços foram analisados: concretagem, alvenaria, revestimento em argamassa e revestimento cerâmico. Estes foram escolhidos porque, além da escavação, são os serviços que tendem a produzir maior parte das perdas, como observado durante o estudo piloto.

Durante este estudo, foi constatado que várias empresas não possuíam registros dos materiais utilizados no canteiro, a não ser para concreto e para o aço. Segundo os autores do estudo, isto ocorreu pelo fato destes materiais implicarem grandes custos no projeto.

Foram analisados 14 canteiros de obra para obtenção do índice de perdas de concreto, sendo que os índices variaram entre 2,4% a 26,5%, resultando numa perda média de 10,92%. Estas diferenças podem ter ocorrido devido a problemas de coleta, mas também em função do tipo de técnica de trabalho empregado, do sistema de fôrmas utilizada, do tamanho dos elementos de concreto realizados, e da efetividade da supervisão em obra.

Para outros materiais utilizados nos serviços úmidos, o monitoramento de perdas não obteve sucesso, uma vez que não foi possível usar o mesmo método utilizado para o concreto, por insuficiência de dados.

Foram identificadas neste estudo as principais causas de perdas de alguns materiais utilizados na construção, apresentadas na tabela 3.6.

Estes dados foram obtidos através do preenchimento e análise de planilhas coletadas em obras que abordavam os seguintes itens: quantidade e tipo de material entregue, data de início e fim do trabalho realizado; e a quantidade de material que sobrou e as possíveis causas de perdas de materiais. A partir das planilhas foi possível identificar quantitativamente as causas de incidência de perdas de materiais.

O intuito desta pesquisa não foi coletar dados sobre perdas somente em função de questões econômicas, mas também devido a problemas ambientais decorrentes da falta de locais para depósito do entulho gerado. Apresenta uma interessante contribuição quando identifica quantitativamente a incidência das causas das perdas dos materiais analisados.

Tabela 3.6 - Principais causas de perdas no estudo realizado

MATERIAL	Nº OBRAS OBSERVADAS	CAUSAS	PARCELA DO DANO (%)
CONCRETO USINADO	25	Compra maior que a necessária	51,2
		Perdas durante a concretagem	22,0
		Formas quebradas	8,4
		Trabalhos provisórios	7,8
		Retrabalhos	5,2
		Outras	5,4
AÇO	17	Perdas no corte	87,1
		Danos durante a estocagem	4,4
		Ferrugem	4,1
		Retrabalhos	3,5
		Outras	0,9
ARGAMASSA / CIMENTO	8	Materiais misturados em demasia	58,8
		Perdas na execução	19,4
		Armazenagem inadequada	11,2
		Outras	10,6
TIJOLOS / BLOCOS	13	Perdas no corte	39,6
		Danos durante a execução	18,9
		Danos durante o transporte	15,8
		Compra maior que a necessária	14,6
		Danos durante a estocagem	11,1
AZULEJOS	7	Perdas no corte	40,0
		Danos durante a estocagem	29,3
		Mudanças nos projetos	12,9
		Compra maior que a necessária	10,7
		Outras	7,1
MADEIRA	7	Formas envelhecidas	56,1
		Perdas no corte	24,9
		Formas danificadas	10,4
		Outras	8,6

Fonte: Hong Kong Polythecnic, 1993.

### 3.3.6 - Pesquisa: "Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras"

A pesquisa "Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras" foi realizada no período de outubro de 1996 a maio de 1998, com a coordenação conjunta do Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção (ITQC) e da Universidade de São Paulo (USP), sendo financiada pelo Programa HABITARE da FINEP (Financiadora de Estudos e Pesquisas) e pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI).

Além da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)<sup>8</sup> e da USP, participaram desta pesquisa outras quatorze universidades de várias regiões do país:

<sup>8</sup> Na UFRGS, esta pesquisa foi coordenada pelo professor Carlos Torres Formoso, e teve a participação dos pesquisadores Adriano Costa e Fabiana Pires Rosa (autora desta dissertação), bem como os auxiliares de

Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Universidade de Pernambuco (UPE), Universidade Estadual de Faria de Santana (UEFS), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Universidade Federal do Piauí (UFPI), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

O método de pesquisa, conforme Formoso et al. (1998), foi desenvolvido conjuntamente através de discussões envolvendo os pesquisadores de várias universidades, baseados principalmente nos estudos desenvolvidos por Pinto em 1989 e Soibelman em 1993. O principal objetivo deste projeto se constituiu em coletar dados referentes a perdas de materiais no país, através de aplicação do mesmo método por vários grupos de pesquisa, procurando identificar suas causas para, a partir destas, sugerir formas de como preveni-las.

Foi elaborado um conjunto de planilhas estruturadas em sete séries:

Série 1 - Utilizadas para coletar informações relativas à empresa e às obras, permitindo identificar os processos e materiais que poderiam ser analisados. Esta série foi aplicada durante o primeiro contato da equipe envolvida no projeto com as empresas e obras participantes;

Série 2 – Utilizadas para coletar informações relativas ao estoque de material (figura 3.2) nas datas de vistoria inicial (VI – data em que iniciou as coletas de dados) e vistoria final (VF – data final de coleta);

Série 3 – Utilizadas para o cálculo da quantidade de serviço executado entre as datas VI e VF (figura 3.3). Para o levantamento desses dados, foram utilizados os projetos referentes a cada processo analisado e visitas em obra, para verificar se o projeto não havia sofrido modificações;

Série 4 – Utilizadas para contabilizar a quantidade de material recebida ou transferida (figura 3.4), envolvida no processo analisado, entre as datas de VI e VF. Esta série possibilitou o controle sistematizado de entradas dos materiais analisados na obra, servindo posteriormente de base para calcular os quantitativos de materiais utilizados, em conjunto com os dados coletados na série 2;

Alternativas para redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obra					
PLANILHA Nº 2.16			MEDIÇÃO DE ESTOQUE (VI E VF):		
REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO E PAREDE					
A. Identificação da obra					
Observador:			Código da obra:		
B. Quantidade de materiais estocados					
Vi = ___ / ___ / ___			Vf = ___ / ___ / ___		
Cód.	Q <sup>dade</sup> (Caixas)	Q <sup>dade</sup> (m <sup>2</sup> )	Cód.	Q <sup>dade</sup> (Caixas)	Q <sup>dade</sup> (m <sup>2</sup> )
Observações:					

Figura 3.2 - Planilha 2.16 da série 2 para medição de estoque

Alternativas para redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obra											
PLANILHA Nº 3.9.1						MEDIÇÃO DOS SERVIÇOS DE					
ALVENARIA: BLOCOS / TIJOLOS											
A. Identificação da obra											
Observador:						Código da obra:					
Pavimento:		Croqui:		Data VI:		Data VF:					
B. Medições efetuadas											
Parede Nº	Cod. Mat.	% b Parede	Parede		Abertura		Área líquida	% Completa		Dif. (%)	Dif. (m <sup>2</sup> )
			Comp.	Altura	Comp.	Altura		VI	VF		
Observações:											

Figura 3.3 - Planilha 3.9 da série 3 para medição dos serviços

Alternativas para redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obra					
PLANILHA N° 4.1		CONTROLE DE RECEBIMENTO E ESTOQUE DE MATERIAIS: AREIA			
A. Identificação da obra					
Observador:				Código da obra:	
Data de início de coleta (VI):			Data de término de coleta (VF):		
B. Quantidade de material recebida de fornecedores					
Data	Código	Quantidade		Nº do doc de compra	Fornecedor
		Recebida	PAGA		
Observações:					

Figura 3.4 - Planilha 4.1 da série 4 para controle de recebimento e estoque de material

Série 5 – Lista de verificação utilizada para caracterizar qualitativamente os processos de recebimento e estocagem dos materiais analisados;

Série 6 - Lista de verificação utilizada para caracterizar qualitativamente os serviços analisados;

Série 7 – Utilizada tanto para a obtenção dos indicadores parciais e globais de perdas e/ou consumos de materiais, quanto para a coleta dos indicadores de desempenho, estes servindo como justificativas dos índices de perdas encontradas.

Quanto à aplicação destas séries, cabe ressaltar que as empresas participantes ficaram com a responsabilidade de preencher efetivamente a série 4, pois esta necessitava de um acompanhamento diário na obra. As demais séries foram aplicadas pela equipe de pesquisa.

De acordo com Isatto et al. (2000), o projeto foi estruturado em três etapas, que constituíram-se em: (a) preparação geral, etapa em que foi estabelecido uma base conceitual e um método uniforme de coleta; (b) coleta de dados, etapa em que foram realizadas as medições em obra num período de aproximadamente oito meses, período este pré-estabelecido de acordo com o planejamento da pesquisa; e (c) análise geral dos dados, etapa em que foram sintetizados e analisados os resultados obtidos, bem como discutidos as causas das perdas no setor.

Paliari et al. (1998) faz uma síntese da aplicação da metodologia através da figura 3.5, na qual identifica três fases relacionadas às datas da VI e da VF. Na primeira fase, foi aplicada

a série 1. Na segunda, após a VI, foram aplicadas as séries restantes, ou seja, da série 2 a 7. Após a realização da VF, foi realizado o processamento e a análise dos dados coletados.

Os índices de perdas de materiais foram obtidos a partir da comparação do consumo real, coletados na série 2 e 4, com a quantidade teoricamente necessária para a execução do serviço realizado entre VI e VF, dados estes obtidos na série 3. Este índice de perda de material foi concluído na série 7, através de diferentes indicadores numéricos que quantificavam as perdas dos insumos, tanto em relação às perdas diretas quanto às indiretas.

Paliari et al. (1998) faz um relevante comentário acerca da importância desta pesquisa, quando destaca que o levantamento sobre os índices de perdas globais e de consumo é importante para servir de base no orçamento e comparar o desempenho de uma empresa em relação às demais.

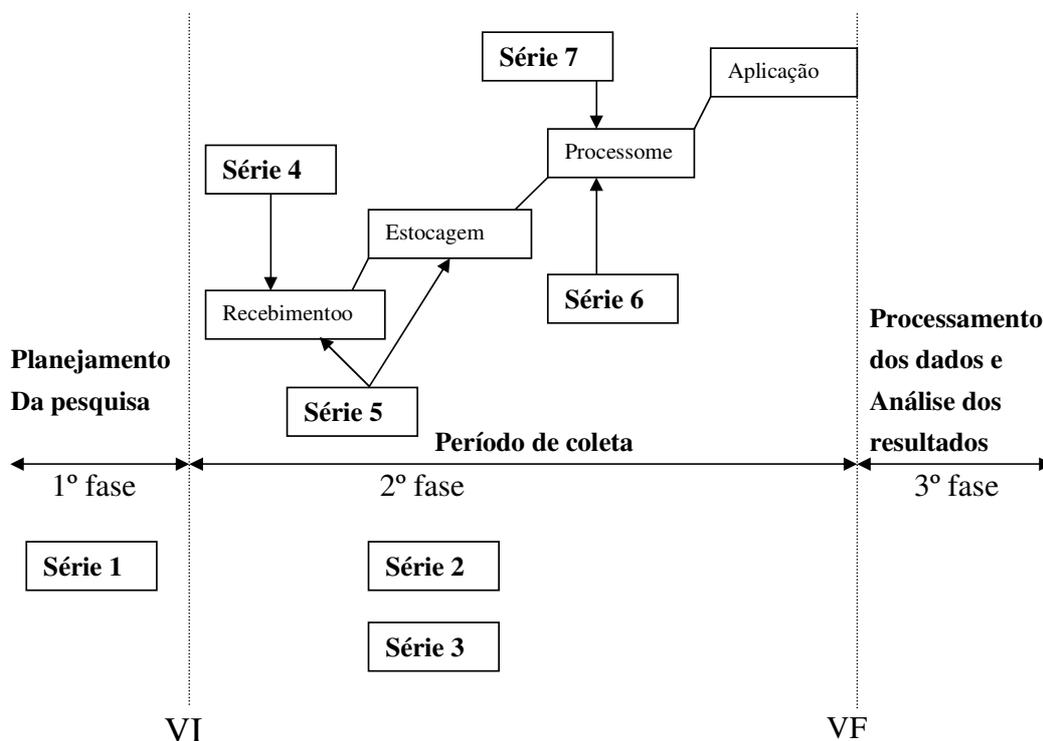


Figura 3.5 – Síntese do método de pesquisa (baseado em Paliari, et al. (1998, p. 336))

Na série 7, foram utilizados três tipos de indicadores que expressavam as perdas quantitativas e consumos de material, sendo eles:

- Indicador global de perda de cada material por obra: calculado para cada tipo de material, considerando todos os serviços em que o mesmo foi utilizado;

- Indicador global de consumo de material por serviço: calculado para cada tipo de material considerando um único serviço em que o mesmo tenha sido aplicado, independente de ter sido utilizado ou não em outros serviços;
- Indicadores parciais de perdas: calculado para identificar as principais parcelas de perdas em alguns processos, como por exemplo, o excesso de espessura do reboco interno.

O indicador global foi calculado a partir da seguinte fórmula:

$$I_{\text{global}} = ((\text{Consumo}_{\text{real}} - 1) / \text{Consumo}_{\text{teórico}}) \times 100, \text{ onde:} \quad (3.4)$$

$$\text{Consumo}_{\text{real}} = \text{Est (VI)} + \text{Rec (VI, VF)} \pm \text{Transf (VI, VF)} - \text{Est (VF)} \quad (3.5)$$

Os dados do  $\text{Consumo}_{\text{real}}$  são obtidos a partir da aplicação das séries 2 e 4, na qual:

Est (VI) - estoque existente do material referido, no dia em que foi realizado a VI (série 2);

Rec (VI, VF) - quantidade de material recebido entre os dias da VI e VF (série 4);

Transf (VI, VF) - quantidade de material transferido para outros locais, entre os dias da VI e VF (série 4);

Est (VF) - estoque existente do material referido, no dia em que foi realizado a VF (série 2);

$$\text{Consumo}_{\text{teórico}} = \text{QS (VI, VF)} \times \text{CM} / \text{QS}, \text{ onde:} \quad (3.6)$$

QS (VI, VF) - quantidade de serviço realizado entre os dias da VI e VF (série 3);

CM / QS - consumo de material por quantidade de serviço, ou seja, o consumo unitário de material obtido através de informações da empresa.

Através das séries 5 e 6, e dos indicadores parciais, pôde-se ter uma idéia qualitativa dos processos de produção. Neste sentido, foram utilizadas listas de verificação, registros fotográficos e anotações por parte da equipe de pesquisa que se faziam pertinentes ao objeto de estudo. Embasados nestas ferramentas, pôde-se posteriormente realizar uma análise das possíveis causas das perdas de materiais.

### 3.3.6.1 – Coleta de dados

Este estudo teve apenas um ciclo de coleta de dados, o qual foi realizado em três fases. Na primeira fase, que ocorreu em dezembro de 1996, foi aplicada a série 1 nas cinco empresas selecionadas, sendo coletadas informações referentes às características das empresas e das

obras participantes. Além disto, foram definidos nesta etapa os processos e materiais a serem estudados.

Em janeiro de 1997 teve início a segunda fase da pesquisa, considerado o período de coleta de dados propriamente dita. O marco desta fase se deu na data em que foi realizada a VI (vistoria inicial) nas obras, pois nesta vistoria foram aplicadas as séries de planilhas 2 e 3, sendo aferidos, respectivamente, as quantidades de materiais existentes nos estoques e as quantidades de serviços realizados, além de ser iniciada a coleta da série 4 por parte das empresas. Também nesta fase foram realizados registros fotográficos, anotações observadas em obra pela equipe do projeto e coleta de indicadores parciais de perda. A terceira fase iniciou na data de VF, na qual as séries 2 e 3 foram reaplicadas e a série 4 foi recolhida. Após a conclusão da coleta de dados, iniciou-se o processamento e análise dos dados obtidos na aplicação de todas as séries de planilhas.

Todo este ciclo (primeira, segunda e terceira fase) ocorreu em onze meses (de dezembro de 1996 a outubro de 1997). As empresas participantes do estudo em Porto Alegre só obtiveram os resultados em julho de 1998 em um seminário realizado na UFRGS, no qual estavam presentes os representantes das mesmas e a equipe de pesquisadores envolvida neste estudo. Neste seminário, além da divulgação dos principais índices de perdas e suas causas, obtidos em todo o país, foi entregue a cada empresa um relatório confidencial constando tanto o histórico da pesquisa, quanto a análise das perdas obtidas em suas obras. Os resultados obtidos, bem como uma análise crítica sobre este projeto serão apresentados no estudo exploratório dessa dissertação, no capítulo 5 (item 5.1).

### **3.3.7 - Estudos realizados por Costa**

Os estudos realizados por Costa (1999) tiveram seu início no projeto "Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras". A partir dessa pesquisa, esse autor apresentou uma proposta para o estudo de perdas na construção civil, baseado na classificação de perdas, que foi fundamentada nos conceitos e princípios da NFP. A partir da classificação de perdas proposta, o autor sugere um conjunto de planilhas para levantamento de informações qualitativas, com o objetivo de identificar e controlar as perdas, na forma de lista de verificação<sup>9</sup>, em substituição às planilhas da série 5 e 6 desse projeto.

De acordo com Costa (1999), as perdas foram classificadas da seguinte maneira: perda por superprodução, perda por manutenção de estoques, perda por transporte, perda no

---

<sup>9</sup> A ferramenta (lista de verificação) será detalhada no capítulo 4.

movimento, perda por espera, perda por elaboração de produtos defeituosos, perda no processamento em si, perda por substituição, e outras perdas. A ferramenta proposta teve seus itens agrupados segundo esta classificação, ou seja, de acordo com as diferentes categorias de perdas abordadas. Esta forma foi utilizada com o objetivo de testar a aplicabilidade da classificação proposta<sup>10</sup>, além da tentativa de viabilizar uma análise mais metódica da execução de cada processo e evidenciar as perdas.

Como características das ferramentas propostas por Costa, destacam-se: adaptação a diferentes processo, rápida e fácil aplicação e retroalimentação em curto espaço de tempo, de forma que as medidas para o controle das perdas possam ser tomadas em tempo real, durante a execução do processo na obra. A principal ferramenta empregada foi a lista de verificação, sendo a mesma foi dividida em duas etapas, para seu preenchimento: a de observação, na qual se percorre o canteiro com o objetivo de fazer observações e responder aos itens da lista; a de perguntas aos mestres e encarregados do serviço, buscando responder itens que não foram possíveis de observar na etapa de observação.

As listas de verificações foram aplicadas em oito edifícios residenciais na cidade de Porto Alegre. Por se tratar de uma ferramenta que coleta dados qualitativos, foi apresentado pelo autor os dados correspondentes aos processos de alvenaria em três obras analisadas (tabela 3.7), nas quais o autor atribuiu o peso igual a um para todos os itens e calculou o percentual de itens assinalados com "sim" em relação ao total de itens da planilha, servindo para indicar o grau de mobilização da empresa na busca do controle das diferentes categorias de perdas.

Costa (1999) propõe uma ferramenta pró-ativa no controle de perdas, pois durante sua aplicação é possível visualizar imediatamente cada tipo de perda que está ocorrendo no processo, possibilitando assim, a verificação de quais pontos necessitam serem melhorados. A lista de verificação proposta consiste em um registro formal sobre as perdas que estão ocorrendo no canteiro, podendo posteriormente serem comparadas quando aplicadas em outros canteiros.

---

<sup>10</sup> Esta classificação foi anterior a proposta por Rosa et al. (1998), havendo algumas diferenças entre as mesmas como a inserção da perda por falta de segurança.

Tabela 3.7 - Percentual de boas práticas verificado na execução da alvenaria

TIPO DE PERDA	OBRA												Mín. <sup>5</sup> (%)	Máx <sup>6</sup> (%)	Méd <sup>8</sup> (%)
	1				2				3						
	TI <sup>1</sup> (n°)	IA <sup>2</sup> (n°)	IA <sup>3</sup> (%)	IS <sup>4</sup> (%)	TI (n°)	IA (n°)	IA (%)	IS (%)	TI (n°)	IA (n°)	IA (%)	IS (%)			
Superprodução	4	4	100	50	4	4	100	75	4	4	100	50	50	75	58
Estoque	1	1	100	100	1	1	100	100	1	1	100	0	0	100	66
Transporte	13	8	61	62	13	8	61	62	12	12	100	33	33	62	52
Movimento	18	17	94	59	19	17	90	82	18	17	94	59	59	82	66
Espera	8	7	87	71	8	7	87	85	8	8	100	87	71	87	81
Produto defeituoso	17	10	59	50	17	12	70	83	17	14	82	78	50	83	70
Processamento em si	5	5	100	40	5	5	100	60	5	5	100	40	40	60	46
Substituição	3	3	100	100	3	3	100	100	3	3	100	66	66	100	88
TOTAL	69	55	80	60	70	57	81	79	68	64	94	59	59	79	66

Fonte: Costa, 1999, p. 127.

<sup>1</sup> Número total de itens por categoria de perda

<sup>2</sup> Número de itens aplicáveis ("sim + não") por categoria de perda

<sup>3</sup> Percentual de perda aplicáveis em relação ao número total de itens, por categoria de perda

<sup>4</sup> Percentual marcados com "sim" em relação ao número de itens aplicáveis, por categoria de perda

<sup>5</sup> Valor mínimo de IS

<sup>6</sup> Valor máximo de IS

<sup>7</sup> Média aritmética de IS

## Capítulo 4 – Método de pesquisa

Esta dissertação faz parte de um conjunto de estudos realizados no NORIE/UFRGS na área de controle da produção na construção civil. Dentre os diferentes estudos realizados nesta área, destacam-se neste trabalho duas pesquisas, a saber: "Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras" e "Alternativas para a redução de perdas na construção civil: *benchmarking* de processos"<sup>11</sup> (Projeto Perdas).

O desenvolvimento desta dissertação se deu em três etapas principais. Em primeiro lugar, foi realizado um estudo exploratório a partir do acompanhamento e de uma análise crítica da pesquisa "Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras", cuja principal preocupação estava focada nas perdas de materiais e suas causas. Este estudo exploratório teve por objetivo analisar métodos e técnicas para o controle de perdas e sua relação com alguns conceitos e princípios da NFP e, ao seu final, definir o foco de estudo desta dissertação.

Num segundo momento, foi proposto um conjunto de ferramentas bem como suas formas de aplicação a partir de estudos de caso realizados durante o desenvolvimento do Projeto Perdas. Finalmente, foi realizada uma terceira etapa, na qual foram desenvolvidas e testadas algumas ferramentas de controle de perdas.

Na figura 4.1, é apresentada uma visão geral de como foi desenvolvida esta dissertação, mostrando a estruturação em três etapas, referida anteriormente. Nos itens que seguem será feita a descrição detalhada das etapas realizadas.

### 4.1 – Descrição do Estudo Exploratório

Na pesquisa "Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras", foram analisados cerca de 70 canteiros de obras distribuídos em doze Estados, onde foram coletadas informações sobre dezoito tipos de materiais. Estes dados proporcionaram uma visão geral da dimensão das perdas físicas de materiais na indústria de construção no país. Esta pesquisa focou as perdas ocorridas durante a etapa de produção, sendo que, em cada

---

<sup>11</sup> O Projeto Perdas, desenvolvido no NORIE/UFRGS em parceria com o Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul (SEBRAE/RS), teve a coordenação dos professores Carlos Torres Formoso e Eduardo Luís Isatto e a participação dos pesquisadores Ercília H. Hirota, Fabiana P. Rosa, Marcelo K. da Silva e Thaís da C. L. Alves, além dos auxiliares de pesquisa Carolina Garcia e Luís Alberto H. do Nascimento.

obra, o projeto era utilizado como fonte para a definição dos consumos de materiais teoricamente necessários para cada serviço (Souza et al., 1998).

O Estudo Exploratório, apresentado a seguir, foi desenvolvido a partir do acompanhamento e desenvolvimento da pesquisa na UFRGS na cidade de Porto Alegre.

#### **4.1.1 – Desenvolvimento da pesquisa pelo NORIE /UFRGS**

Neste item descreve-se o desenvolvimento do projeto no NORIE/UFRGS, sendo destacadas a seleção das empresas, a seleção dos processos e materiais a serem analisados, e a coleta dos dados. Estes itens serviram de base para o desenvolvimento do estudo exploratório.

##### 4.1.1.1 - Seleção das empresas

Num primeiro momento<sup>12</sup>, foram selecionadas as empresas que poderiam vir a participar do projeto, explicando às mesmas como seria o desenvolvimento da pesquisa, sendo repassados o método, o planejamento e as responsabilidades que ficariam a cargo de cada empresa.

Foram selecionadas cinco empresas localizadas na cidade de Porto Alegre, as quais colocaram à disposição dez obras a serem analisadas. A partir da aplicação das planilhas 1.1 e 1.2<sup>13</sup>, pertencentes a série 1, pôde-se identificar as possibilidades de processos e materiais a serem estudados em cada obra.

As empresas foram escolhidas em função de seu interesse em participar da pesquisa, seu setor de atuação (obras residenciais e comerciais) e tipos de obras disponíveis (edifícios com tecnologia convencional ou racionalizada nos quais estavam sendo utilizados os materiais escolhidos para o estudo).

---

<sup>12</sup> A autora desta dissertação não participou deste primeiro momento.

<sup>13</sup> Planilha 1.1 - dados relativos à empresa e  
Planilha 1.2 - dados relativos à obra

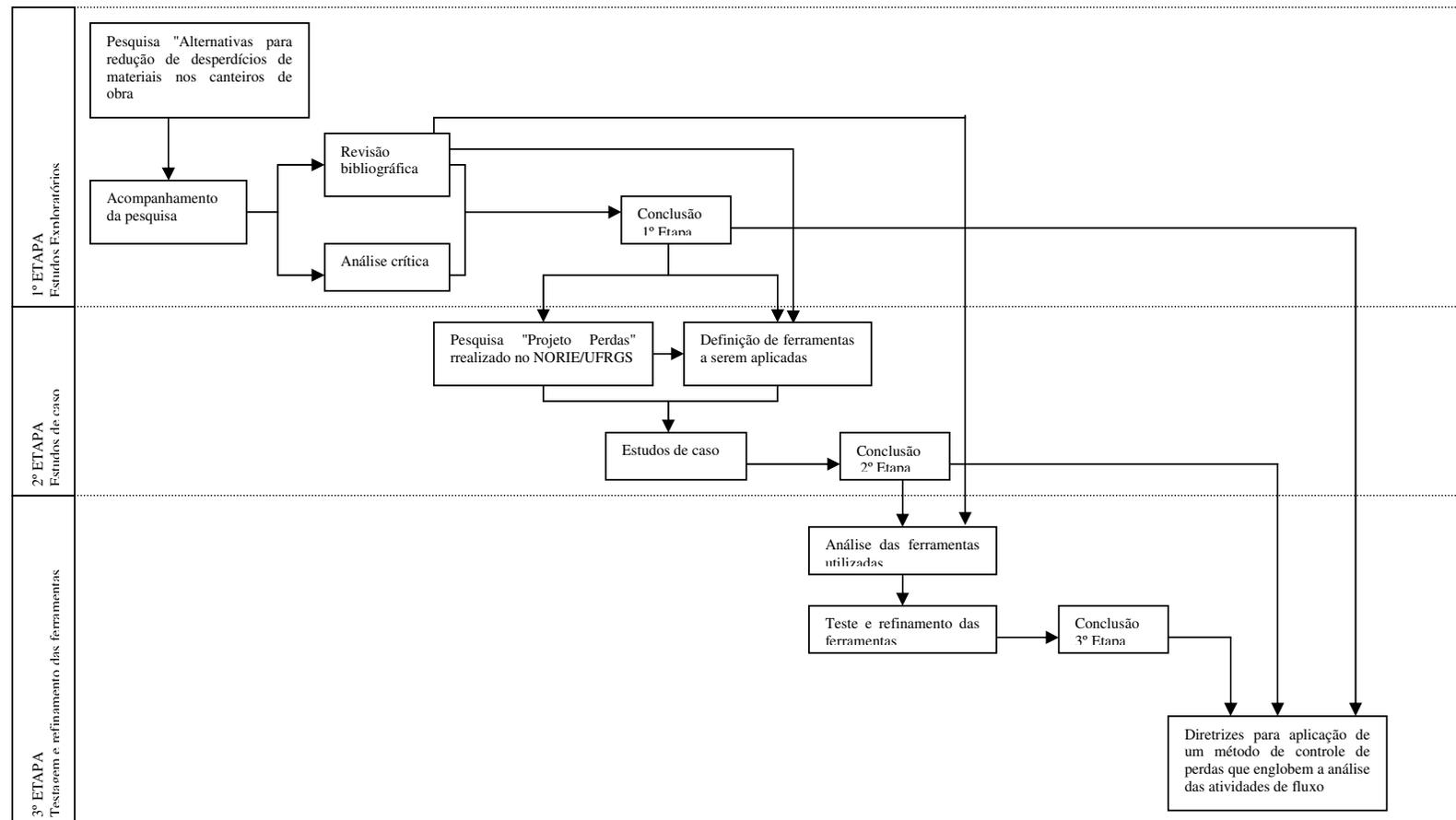


Figura 4.1 - Esquema da dissertação

#### 4.1.1.2 - Seleção dos processos e materiais a serem analisados

Os processos e materiais foram selecionados em função da programação das obras participantes do projeto. Ou seja, o período de coleta planejado para a pesquisa deveria coincidir com o período nos quais uma elevada parcela dos serviços seriam executados. . Portanto, foram analisados os seguintes serviços: contrapiso, revestimento cerâmico (parede interna), revestimento em argamassa externo, revestimento em argamassa interno, estrutura de concreto (lançamento de concreto usinado), armaduras, formas, alvenaria, instalação elétrica, instalação hidráulica, revestimento cerâmico de piso, revestimento têxtil, pintura interna e pintura externa.

De acordo com os processos disponíveis, os seguintes materiais foram estudados: areia, cimento portland, revestimento cerâmico (azulejo), concreto usinado, aço em vergalhões, chapa de madeira compensada, blocos e tijolos, cal, argamassa industrializada e pré-misturada, eletrodutos e condutores, tubos de PVC para água fria e esgoto, pisos cerâmicos, carpete e tintas.

#### 4.1.1.3 - Descrição da coleta e análise de dados nas empresas

A coleta de dados propriamente dita iniciou em meados de novembro de 1996, com o levantamento quantitativo para cada um dos serviços em projetos fornecidos pelas empresas. Estes dados eram registrados na série de planilhas 3. A coleta de dados nos canteiros iniciou com a VI, realizada em cada uma das obras a partir de janeiro de 1997. À empresa ficou a responsabilidade de, a partir de então, coletar a série 4, ou seja, realizar o controle de entrada e saída dos materiais que estavam sendo analisados. A equipe de pesquisadores passou então a realizar o acompanhamento da execução dos serviços nos canteiros de obras, através de visitas periódicas.

Nessas visitas de monitoramento, foram coletados os seguintes dados: (a) planilhas da série 5, registrando, de forma qualitativa, o recebimento e a estocagem dos materiais; (b) planilha da série 6, aplicando uma lista de verificação que coletava dados qualitativos do processo; (c) os indicadores parciais de perdas existentes na série 7; (d) registros fotográficos; e (e) anotações qualitativas diversas sobre as visitas realizadas.

Conforme o planejamento do projeto, em setembro de 1997 foi realizada a VF em cada uma das obras, na qual foi aplicada novamente a série 2, verificando a quantidade de materiais estocada, e a série 3, registrando a quantidade de serviços executados entre VI e VF. Após a VF, se deu início à tabulação final e à análise dos dados. A análise geral dos dados foi

realizada em observação conjunta dos dados quantitativos (série 7) com os qualitativos (série 5, série 6, registro fotográfico e anotações realizadas nas obras), o que permitiu apontar algumas possíveis causas das perdas constatadas.

#### **4.1.2 – Participação da pesquisadora**

A pesquisadora participou da coleta e da análise dos dados, tendo sido responsável pela elaboração dos relatórios para as empresas envolvidas. A partir da experiência obtida na participação neste projeto, foi possível realizar algumas observações e a análise crítica do método e das ferramentas de coleta de dados utilizadas, à luz de alguns conceitos e princípios da Nova Filosofia de Produção.

#### **4.2 – Descrição do Estudo de Caso**

Os estudos de caso ocorreram durante o desenvolvimento do projeto "Alternativas para a redução de perdas na construção civil: *benchmarking* de processos", chamado Projeto Perdas. Neste projeto<sup>14</sup>, foram aplicadas várias ferramentas, até se chegar a uma sistemática de controle de produção que permitisse aos próprios gerentes de obra, de uma forma mais rápida que no projeto anterior, visualizar as perdas no processo, considerando o conceito de perdas sob a ótica da Nova Filosofia da Produção, conforme destacado no item 2.4.

Segundo Isatto et al. (2000), o conjunto de diretrizes e ferramentas propostas neste projeto teve por objetivo implementar medidas gerenciais de prevenção de perdas que pudessem ser incorporadas nas rotinas das empresas de construção civil, de forma integrada a gestão de produção, diferenciando-se dos estudos anteriores nos seguintes aspectos:

- o controle de perdas está integrado ao processo de planejamento e ao controle da produção;
- as ferramentas são simples e fáceis de serem utilizadas pelas empresas, permitindo um controle em tempo real;
- além das perdas de materiais, outros tipos de perdas são investigados, como aquelas relacionadas ao uso ineficiente da mão-de-obra.

Foram realizados três estudos de caso para a aplicação das ferramentas e evolução da sistemática proposta de monitoramento das perdas do processo. Os dados obtidos nas coletas eram mensalmente divulgados às empresas participantes, tendo por objetivo visualizar

---

<sup>14</sup> Cabe ressaltar que o referido projeto teve sua continuidade com a implantação de ferramentas na área de planejamento (Alves, 1999).

possíveis causas das perdas e, junto com os gerentes das empresas, traçar algumas diretrizes para solucioná-las.

O método de pesquisa foi desenvolvido conjuntamente pela equipe do projeto de perdas, embasados em estudos anteriores acerca deste tema, e numa pesquisa bibliográfica em torno de ferramentas utilizadas para o controle de produção. O principal objetivo deste projeto era identificar as perdas sob um conceito mais amplo, incorporando um controle de produção com um caráter pró-ativo junto às empresas de construção, ou seja, um controle que gere dados para que se possa realizar ações corretivas em tempo real, com o intuito de solucionar as causas das perdas no processo.

O método envolveu a aplicação de um conjunto de ferramentas de fácil coleta e visualização dos dados. Algumas ferramentas foram utilizadas para o diagnóstico do processo de produção, sendo portanto, aplicadas numa primeira visita e reaplicadas quando havia mudança no processo. Outras eram aplicadas ciclicamente, durante todo o período de estudo, ficando a coleta de dados a cargo da empresa. No Quadro 4.1 estão relacionadas as ferramentas utilizadas e o momento em que as mesmas eram aplicadas.

Quadro 4.1 - Relação das ferramentas e momento de aplicação

<b>Ferramentas / Momento de aplicação</b>	<b>Diagnóstico</b>	<b>Acompanhamento durante todo o estudo</b>
Lista de verificação do canteiro de obra	X	
Lista de verificação do processo	X	
Lista de verificação do recebimento e armazenagem dos materiais	X	
Diagrama de fluxo do processo	X	
Registro de imagens	X	
Indicadores de desempenho	X	
Cartão de produção		X
Controle de perdas de materiais		X

Nos itens que seguem, serão descritas as ferramentas utilizadas, bem como sua forma de coleta e análise de dados.

#### 4.2.1.1 - Listas de verificação

Foram aplicadas três listas de verificações: (a) para avaliar o canteiro de obra, (b) para avaliar as condições de recebimento e estocagem dos materiais; (c) para avaliar o processo em

estudo. Estas listas foram aplicadas no início da coleta de dados e quando havia mudanças substanciais nos itens verificados.

Segundo Santos et al. (1996), a lista de verificação é uma ferramenta que, além de sua função de diagnóstico, tem um caráter pró-ativo, na medida em que seus itens apontam ações para melhorar o que está sendo verificado. Isatto et al. (2000) destaca outros objetivos para a lista de verificação: chamar a atenção para pontos considerados críticos para o desempenho do processo e segurança do trabalho, a serem observados antes do início do processo; registrar as melhores práticas da empresa, de forma a padronizá-las, além de auxiliar no processo de melhoria contínua; permitir uma avaliação quantitativa das condições do canteiro, baseada no percentual de itens atendidos favoravelmente em relação ao total de itens observados na avaliação, servindo para a realização de *benchmarking* interno ou externo à empresa.

Foram adotadas as listas de verificação de processo e a de recebimento e estocagem dos materiais, utilizadas no projeto "Alternativas para redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras" pois, a partir da aplicação desta ferramenta, foi possível avaliar qualitativamente tanto as características do processo, quanto do recebimento e estocagem dos materiais.

A lista de verificação utilizada para a avaliação do canteiro de obra foi baseada na ferramenta desenvolvida por Saurin (1997). Segundo esse autor, ela permite uma ampla análise qualitativa do canteiro, no âmbito da logística e do *layout*, em três principais aspectos: instalações provisórias, segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. Esta lista não foi aplicada na íntegra, privilegiando-se apenas os itens que iriam influenciar diretamente no desempenho dos processos, e que não estavam presentes nas listas de verificação de processo e de recebimento e armazenagem dos materiais cujas perdas foram estudadas. Saurin (1997) propõe uma análise dessa ferramenta através de um sistema de pontuação, mas, como a mesma não foi aplicada na íntegra neste projeto, esta pontuação não foi adotada.

O preenchimento das listas aplicadas segue a mesma lógica. Para cada item analisado, era preenchida uma única opção, ou seja, "sim", "não" ou "não se aplica", conforme figura 4.2. As questões das listas foram formuladas de maneira afirmativa, e considerada como uma boa prática. Logo, quando marcado "sim", significava que o item analisado estava sendo realizado de maneira correta.

Alternativas para redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obra			
PLANILHA Nº 5.2		DADOS RELATIVOS AOS MATERIAIS: CIMENTO PORTLAND	
A. Identificação da obra			
Observador:	Data:	Código da obra:	
B. Especificação do material			
<input type="checkbox"/> Cimento portland - CP IV		<input type="checkbox"/> Outros: _____	
C. Serviços nos quais o material é utilizado			
<input type="checkbox"/> Estrutura de concreto		<input type="checkbox"/> Alvenaria	
<input type="checkbox"/> Revestimento argamassa interno		<input type="checkbox"/> Revestimento cerâmico	
<input type="checkbox"/> Revestimento argamassa externa		<input type="checkbox"/> Outros: _____	
D. Lista de verificação			
Item	Sim	Não	Não se aplica
Recebimento			
1. Existe procedimento sistematizado para o controle da quantidade no recebimento do cimento.			
2. Existe local de recebimento pré-definido no canteiro.			
3. Existe dispositivo para reduzir o esforço do operário no descarregamento. Se sim, quais? <input type="checkbox"/> carrinhos <input type="checkbox"/> calhas <input type="checkbox"/> palletes <input type="checkbox"/> outros: _____			

Figura 4.2 - Planilha 5.2 da série 5 para verificação de recebimento e estocagem de material

#### 4.2.1.2 - Diagrama de fluxo do processo e Mapofluxograma

De acordo com Barnes (1977), o gráfico do fluxo do processo ou diagrama de fluxo de processo (DFP) é uma técnica utilizada para se registrar um processo de maneira compacta, a fim de melhor compreendê-lo e posteriormente propor a sua melhoria. Este diagrama consiste numa representação gráfica de cada passo do processo na fábrica. Durante sua análise, podem surgir sugestões de melhorias. O DFP pode mostrar a seqüência das atividades de uma pessoa, ou os passos a que um material é submetido. Portanto, o gráfico pode ser do tipo homem ou do tipo produto. Nesta dissertação, foi utilizada o diagrama do tipo produto, em que foi analisado o fluxo dos materiais.

Segundo Ishiwata (1991), uma análise do processo de produto é um método analítico usado para estudar o fluxo da operação em termos de materiais, partes ou produto deste processo. Esse autor destaca que existem quatro tipos de processo de produto: (a) linear, que transforma materiais em produtos, em uma única linha de processo, (b) convergente, em que materiais ou partes são reunidas para realização de um produto; (c) ramificado (é oposto ao convergente), em que uma linha é dividida em duas ou mais linhas; e (d) composto, que inclui uma configuração da linha do processo que se ramifica em um ponto e se converge em outro.

Umble (1992) destaca que o processo manufatureiro pode ser visualizado como uma cadeia interdependente de atividades, na qual o número de dependências existentes em uma fábrica é usualmente elevada, podendo ser visualizado através do DFP. A interação em fábrica pode se dar de três formas:

- (a) "V": um único material pode ser processado e transformado em diferentes produtos finais, processo que geralmente se caracteriza por apresentar equipamentos de intenso investimento de capital e altamente qualificado;
- (b) "A": é caracterizada pela existência de convergências em pontos comuns no processo, sendo realizada pela junção de um grande número de materiais para fabricação de um item final;
- (c) "T": é caracterizada pela existência de pontos divergentes comuns na junção final de partes de componentes diferentes.

Nos fluxos observados nesta pesquisa, predominou o tipo convergente, segundo denominação de Ishiwata (1991), ou do tipo "A", conforme denominação de Umble (1992), nos quais vários materiais convergem para realização de um processo.

Segundo Barnes (1977), o mapofluxograma do processo é o desenho das linhas de fluxo em uma planta para se visualizar melhor o processo. Segundo Santos et al. (1996), o mapofluxograma consiste em representar graficamente o *layout*, traçando as linhas de fluxo de materiais e pessoas. Através das linhas de fluxo indicadas em planta, é possível identificar problemas com o cruzamento de fluxos que ficam evidentes quando representados nesta ferramenta.

Esta ferramenta foi utilizada para uma melhor representação dos fluxos sobre as plantas das obras obtidas junto às empresas. O mapofluxograma de cada material foi representado em transparências, e as mesmas foram sobrepostas para se ter uma visão geral dos fluxos no canteiro.

Segundo Ishiwata (1991), devem ser realizadas as seguintes considerações na análise do processo :

- (a) estudar o fluxo do processo;
- (b) identificar onde existem as perdas no fluxo do processo;
- (c) verificar se a seqüência do processo pode ser reformulada de forma a se tornar mais eficiente;
- (d) verificar se todos os passos existentes em cada processo realmente são necessários, e o que aconteceria se algum fosse retirado.

Conforme o modelo conceitual da Nova Filosofia de Produção, a produção é definida como um fluxo de material, onde são realizados as atividades de processamento, transporte, estoque e inspeção. Portanto, estas atividades foram observadas no DFP, e a simbologia adotada (Quadro 4.2) foi adaptada de bibliografias que tratam do assunto (Barnes, 1977; Ishiwata, 1991; Shingo, 1996; Santos et al., 1996).

Deve-se ressaltar que os conceitos de estoque e espera foram considerados com o mesmo significado, pois havia uma dificuldade durante a aplicação do DFP de diferenciar estas atividades de fluxo nos processos estudados. Esta abordagem não é adotada pelos autores referenciados, pois espera é considerado como uma parada do material, aguardando uma nova atividade, e estoque necessita de uma solicitação para o material alterar sua atividade. Estas atividades também são diferenciados também pelo tempo em que o material está parado, o que dificulta ainda mais esta diferenciação durante a aplicação do DFP.

Quadro 4.2 - Simbologia adotada no DFP e no mapofluxograma

ATIVIDADES	SIMBOLO	DESCRIÇÃO	TIPO DE ATIVIDADE
Processamento	○	Alterações da forma ou matéria, montagem, desmontagem	Agregam valor ao produto
Transporte	⇒	Mudanças de localização ou posição	Não agregam valor ao produto
Inspeção	□	Comparação com um padrão	Não agregam valor ao produto
Estoque	△	Espaço de tempo que decorre sem ocorrência de mudanças	Não agregam valor ao produto

Para a coleta em obra do DFP, foi utilizada uma ferramenta denominada mapeamento do fluxo de materiais (figura 4.3) baseada em Barnes (1977). Este mapeamento era realizado individualmente para cada tipo de material envolvido no processo, sendo descrita a atividade realizada, hachurado o símbolo referente, e anotada alguma observação necessária. Para análise desta ferramenta, eram agrupados todos os fluxos dos materiais, que passam a formar um DFP integrando todos as atividades de fluxos do processo. Após todas as atividades serem agrupadas, era realizada uma totalização dos tipos de atividades realizadas, fazendo uma distribuição percentual das mesmas para se poder identificar a parcela daquelas que agregam valor ao processo.

MAPEAMENTO DO FLUXO DE MATERIAS					Nº: _____
PROCESSO: ALVENARIA					
MATERIAL: BLOCO CERÂMICO					
A. Identificação da obra					
Empresa:			Código da obra:		
Observador:			Data:		
B. Registro das atividades					
Descrição das atividades	Símbolos das atividades				Observações
	Operação	Transporte	Inspeção	Estoque	
	○	⇒		△	
	○	⇒		△	
	○	⇒		△	

Figura 4.3 - Planilha de mapeamento do fluxo de material

#### 4.2.1.3 - Registro de imagens

O registro de imagens consiste na documentação por meio de fotos ou filmagens do canteiro, visando a contribuir para a análise qualitativa dos processos. Segundo Santos et al. (1996), os registros contribuem efetivamente para a compreensão e análise de outras técnicas de coleta de dados. Isatto et al. (2000) destaca que o registro de fotos e filmagens pode servir também como apoio ao treinamento dos funcionários, buscando padronizar os procedimentos de execução dos processos na empresa.

Esta ferramenta foi aplicada durante todo o período de estudo, quando eram feitas as visitas aos canteiros. Num primeiro momento, foi realizado um planejamento de quais registros deveriam ser coletados, tomando por base as ferramentas de diagnóstico aplicadas, como o DFP e as listas de verificação do canteiro de obra. Foram registradas etapas do processo, incluindo o recebimento e estocagem dos materiais, assim como eventos não rotineiros, considerados de interesse ao estudo.

#### 4.2.1.4 - Indicadores de produtividade e de produção

Foram calculados indicadores de produtividade a partir da utilização do cartão de produção, cujo modelo encontra-se na figura 4.4 Esta ferramenta foi aplicada para medir a produção realizada pela equipe ou por cada funcionário em uma determinada quantidade de horas de serviço. Sua aplicação ocorreu durante todo o período do estudo pela própria empresa, sendo o almoxarife ou o estagiário os responsáveis pela coleta dos dados no cartão.

A partir do cartão de produção, foi possível calcular o índice de produtividade. O cálculo proposto para obtenção do índice foi obtido através do somatório de homens horas (hh) gastas, dividido pela quantidade de serviço executado ( $Q_{serv}$ ) no período ou por evento

pré-determinado (hh/m<sup>2</sup>). Porém, no decorrer da aplicação desta ferramenta pôde-se observar que, através da inversão deste índice (m<sup>2</sup>/hh), os mesmos apresentam um significado mais claro para a gerência, sendo, por esta razão, o adotado para análise dos dados.

Segundo Isatto et al. (2000), o levantamento destes índices pode ser realizado de duas maneiras: (a) controle por período, em que os intervalos de tempo são previamente definidos, registrando a  $Q_{serv}$  e os hh gastas no período pré-estipulado; e (b) controle por evento, no qual se registra os hh gastos para conclusão de determinada etapa da obra. No quadro 4.3, são apresentadas as principais diferenças entre estes dois tipos de controle. Nesta dissertação, foi utilizado o controle por período, pois os dados foram coletados e analisados em espaços de tempos relativamente curtos. Foram definidos ciclos de medição diária, que pode não ser viável em algumas obras, em função do grande esforço de coleta e processamento requerido.

CARTÃO DE PRODUÇÃO				N°: _____	
PROCESSO: ALVENARIA					
<b>A. Identificação da obra</b>					
Empresa:			Código da obra:		
Observador:			Data:		
<b>B. Período de medição</b>					
Medição anterior:			Data: _____		Hora: _____
Medição atual:			Data: _____		Hora: _____
<b>C. Registro da Produção</b>					
Equipe / Funcionário	Horas gastas	Item realizado	Produção (m <sup>2</sup> )	Índice de produtividade	
				Em hh/m <sup>2</sup> :	
<b>D. Observações</b>					
<b>D. Croqui</b>					

Figura 4.4 - Cartão de produção

Quadro 4.3 - Diferenças entre os tipos de controle (Isatto et al., 2000, p. 107)

Abordagem do controle	Quantidade	Tempo decorrido para a realização
Evento	Fixa, determinada previamente a partir da definição da etapa	Variável (medido)
Período	Variável (medida no local ou estimada em termos de % executado)	Fixo e previamente definido (intervalo entre medições)

Através dos índices de produção, registrava-se a quantidade de serviço realizado, sendo possível acompanhar a evolução do serviço nos períodos, avaliando o ritmo de trabalho. Após concluída a coleta dos índices de produtividade, os mesmos eram comparados com os valores orçados, fazendo-se uma avaliação do desempenho das equipes e do próprio valor adotado no orçamento.

#### 4.2.1.5 - Indicadores de perdas de materiais

Os procedimentos de coleta e processamento de dados para a obtenção de indicadores de perdas de materiais foram semelhantes à pesquisa "Alternativas para redução de desperdício de materiais nos canteiros de obra". Entretanto, o tempo de coleta foi reduzido ao mesmo período estabelecido para o controle de produtividade. As coletas de dados foram realizadas pelas empresas durante todo o desenvolvimento do estudo.

#### 4.2.1.6 - Indicadores parciais de desempenho do processo

Os procedimentos adotados para obtenção de indicadores parciais também foram semelhantes aos adotados no projeto acompanhado no estudo exploratório, sendo estes registrados nas planilhas da série 7. Os indicadores foram utilizados com o objetivo de diagnosticar o processo em estudo, sendo os mesmos analisados conjuntamente com outras ferramentas. Estes apontam, algumas vezes, possíveis causas para o índice de perdas de materiais obtidos, como por exemplo: elevada espessura da laje de concreto, justificando a perda de concreto no processo de execução de estrutura; grande número de peças cerâmicas cortadas nas paredes, justificando o índice de perda de revestimento cerâmico.

### 4.3 – Refinamento e teste das ferramentas

Após a aplicação das ferramentas utilizadas nos projetos de perdas já discutidos, verificou-se a necessidade de um refinamento nas mesmas, de forma a analisar mais

objetivamente os fluxos dos materiais e subprodutos no canteiro de obra. Foi desenvolvido um conjunto de planilhas que visavam ao estudo de alguns serviços e materiais utilizados em alguns processos, tomando como ponto de partida o DFP utilizado no projeto "Alternativas para a redução de perdas na construção civil: *benchmarking* de processo". Após seu desenvolvimento, as mesmas foram aplicadas em alguns canteiros de obra, na tentativa de validá-las e ajustá-las.

Propõe-se um novo conjunto de listas de verificação para substituir as séries de planilhas 5 e 6, aplicadas nos projetos anteriores. Não houve alterações substanciais nos outros tipos de ferramentas utilizadas, pois as mesmas foram consideradas satisfatórias.

Para a execução das novas listas de verificação, foram tomadas por base as séries 5 e 6 e a lista de verificação de canteiro de obra aplicada nos projetos anteriores; revisão bibliográfica relativa ao conteúdo dos processos em análise (Souza & Merbekian, 1996; Ripper, 1984; Yazigi, 1998); planilhas desenvolvidas por Costa (1999) e a experiência da autora no desenvolvimento dos projetos anteriores.

Foram selecionados os serviços a serem pesquisados e os materiais e subprodutos envolvidos neste processo, em função daqueles já estudados no Projeto Perdas. Desta forma, no quadro 4.4 são apresentados os processos e seus respectivos materiais e subprodutos selecionados para esta etapa do estudo. Ao todo, foram criadas sete listas de verificação de processos e oito listas de verificação referente ao fluxo de materiais ou subprodutos, perfazendo um total de quinze listas.

Os itens das listas referentes aos serviços foram reunidos segundo algumas etapas de realização de uma obra, tais como projeto, inspeção do processo anterior, planejamento, organização do posto de trabalho e inspeção da qualidade do serviço executado. Esta forma de agrupamento foi adotado por estarem diretamente relacionados a itens que influenciam as perdas de um processo. Já para as listas de verificação de fluxo de materiais e subprodutos, os itens utilizados referem-se às atividades de fluxo pelos quais os mesmos passam desde que chegam na obra, tais como: inspeção do material no recebimento, transporte do recebimento até o local de estocagem, estoque do material, transporte do material até o posto de produção. Nos anexos 1 e 2, encontram-se as listas de verificação utilizadas para o processo de alvenaria e de fluxo do material bloco cerâmico, que servem de exemplo para as ferramentas desenvolvidas.

Quadro 4.4 - Relação de listas de verificações criadas

Processo	Material	Subproduto
Produção de argamassa Revestimento interno argamassado Revestimento externo argamassado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areia</li> <li>• Cal</li> <li>• Cimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa intermediária</li> <li>• Argamassa produzida em obra</li> </ul>
Contrapiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areia</li> <li>• Cimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa produzida em obra</li> </ul>
Alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areia</li> <li>• Cal</li> <li>• Cimento</li> <li>• Bloco cerâmico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argamassa intermediária</li> <li>• Argamassa produzida em obra</li> </ul>
Revestimento cerâmico para piso Revestimento cerâmico para parede	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placa cerâmica</li> <li>• Argamassa colante</li> </ul>	

Como as listas de verificação servem primariamente para diagnosticar o processo, as mesmas foram aplicadas uma única vez em cada obra estudada. Através da aplicação destas ferramentas, procurou-se testá-las e refiná-las. Concomitantemente à aplicação das listas de verificação, foi aplicado o DFP. Esta ferramenta dá uma visão geral do processo ao qual a lista de verificação sendo utilizada pode estar relacionada e permite contabilizar o número de atividades de fluxo e de conversão envolvidas.

## **Capítulo 5 – Resultados da pesquisa**

Neste capítulo, são apresentados os resultados da pesquisa, distribuídos em três fases. A primeira refere-se ao estudo exploratório desenvolvido durante o projeto “Alternativas para a redução de desperdício de materiais em canteiros de obras”, no qual foram analisadas dez obras de cinco empresas da cidade de Porto Alegre. A segunda diz respeito aos estudos de casos realizados no Projeto Perdas em três obras, situadas nas cidades de Porto Alegre, Triunfo e Novo Hamburgo. Na terceira fase, será apresentado o teste e o refinamento das ferramentas propostas, que foram aplicadas em três obras localizadas na cidade de Porto Alegre.

### **5.1 – Estudo exploratório**

#### **5.1.1 – Descrição das empresas e das obras analisadas**

Os quadros 5.1 e 5.2 apresentam uma descrição sucinta das empresas e obras analisadas respectivamente. Os dados apresentados nesses quadros foram coletados em dezembro de 1996, período em que foi iniciado o projeto na cidade de Porto Alegre - RS. Pode-se observar, de uma maneira geral, que as empresas participantes tinham envolvimento prévio em programas de melhoria diversos. A maioria delas havia participado de parcerias institucionais com universidades, SEBRAE ou SENAI. Tais iniciativas tinham reflexos no sistema de produção: a maioria das obras possuía projetos de formas e havia um processo de coordenação de projetos. Duas das empresas utilizavam grua de forma a tornar mais eficiente o sistema de movimentação de materiais.

Quadro 5.1– Características das empresas e relação de obras analisadas

Empresa /Item	Área construída de 1991 a 1996	Número de funcionários de empreiteiro no início	Número de funcionário próprios	Atividade de faturamento	Obras estudadas	Participação em programas de qualidade
Empresa A	10.000 m <sup>2</sup>	120	-	85% construção predial a terceiros 15% construção e incorporação	A01;A02; A03	- trabalhos desenvolvidos junto ao NORIE/UFRGS.
Empresa B	33.586 m <sup>2</sup>	30	38	3% construção predial a terceiros 90% construção e incorporação 7% outras atividades	B01	- programas de treinamento junto ao SEBRAE/RS e implantação de programas de melhoria (5'S, segurança no trabalho, alfabetização, padronização de processo).
Empresa C	16.600 m <sup>2</sup>	30	34	100% construção e incorporação	C01 C02 C03	- implantação de programas de melhoria (5'S, segurança no trabalho, alfabetização, padronização de processo e implantação de ISO 9000).
Empresa D	(*)	(*)	(*)	10% construção predial a terceiros 90% construção e incorporação	D01	- desenvolveu programas de qualidade junto ao SEBRAE/RS, SENAI e empresas de consultoria implantando projetos de melhoria (segurança do trabalho, alfabetização e padronização de processo)
Empresa E	(*)	12	98	25% construção predial a terceiros 75% construção e incorporação	E01 E02	- programas de treinamento junto ao SEBRAE/RS, implantando projetos de melhoria (segurança no trabalho e padronização de processo).

(\*) - estes dados não foram disponibilizados pela empresa

Quadro 5.2 – Características gerais das obras

Item / Obra analisada	A01	A02	A03	B01	C01	C02	C03	D01	E01	E02
Tipo de obra (residencial ou mista)	Residencial	Mista	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial
Número de pavimentos	10	11	6	7	8	9	10	10	10	7
Área construída (m <sup>2</sup> )	3.854	3.705	1.280	1.878	2.295	1.489	4.214	3.854	6.050	4.281
Tipo de alvenaria	vedação	Vedação	estrutural	vedação	vedação	vedação	vedação	Estrutural	vedação	vedação
Transporte vertical além de elevador de obra									grua	grua
Projeto executivo de formas	X	X		X	X	X	X		X	X
Coordenação de projeto				X	X	X	X	X		
Estrutura concreto moldado local	X	X	X	X	X	X	X	X <sup>15</sup>	X	X

<sup>15</sup> As vigas e pilares foram executados em concreto moldado no local, mas as lajes e escada foram pré-moldadas

### 5.1.2 – Resultados obtidos

Nos quadros 5.3 e 5.4 são apresentados, respectivamente, os processos e materiais investigados em cada uma das obras selecionadas. No quadro 5.4, são indicados também os índices de perdas que foram efetivamente obtidos para cada material analisado. Pode-se observar que uma elevada parcela dos dados trabalhados foi perdida, parcela esta que será analisada no item 5.1.4.

Quadro 5.3 – Relação de serviços analisados nas dez obras estudadas

Serviços / Obras analisadas	A01	A02	A03	B01	C01	C02	C03	D01	E01	E02
Estrutura de concreto armado	X	X			X	X	X			X
Armaduras	X					X	X			X
Formas	X					X	X			
Alvenaria	X	X			X			X		X
Produção de argamassa	X	X								
Revestimento interno argamassado			X	X				X	X	X
Instalações hidrossanitárias			X	X	X			X		X
Instalações elétricas			X	X	X		X	X		X
Revestimento externo argamassado			X	X				X	X	
Contrapiso				X				X	X	
Revestimento cerâmico piso				X				X	X	
Revestimento cerâmico parede				X				X	X	
Revestimento têxtil				X				X		
Pintura				X				X		

Quadro 5.4 – Relação de materiais analisados nas dez obras estudadas

Materiais / Obras analisadas	A01	A02	A03	B01	C01	C02	C03	D01	E01	E02	Percentual de índices de perdas obtidos (%)
Areia lavada	X	X		X	X			X	X	X	0,00
Cimento portland	✓	X	X	✓	X			X	✓	✓	50,00
Concreto usinado	✓	X			X	✓	✓			✓	66,66
Aço em vergalhões	X				X	✓	✓			✓	60,00
Chapas em madeira compensada	X					X	X				0,00
Blocos e tijolos	✓	✓			✓			X		✓	80,00
Cal	X							X			0,00
Argamassa intermediária			X					X			0,00
Argamassa industrializada				X	X			X			0,00
Eletrodutos			X	X	X			X		X	0,00
Tubos PVC água fria			✓	✓	X			X		X	40,00
Tubos PVC esgoto			✓	X	X			X		X	20,00
Carpete				X				✓			50,00
Condutores elétricos				X				X		X	0,00
Tintas				X				X			0,00
Placa cerâmica			✓	✓				X	X		50,00
<b>Total Percentual</b>	42,8	25,0	50,0	30,0	11,1	66,7	66,7	7,7	33,3	44,4	31,34

X Índice de perda cuja coleta foi proposta no início do trabalho

✓ Índice de perda efetivamente obtido

A partir dos dados coletados, foram elaborados quadros resumindo os resultados do estudo, nos quais são apresentados os índices de perdas, expressos pelo percentual e pela diferença entre as quantidades efetivamente consumida e a levantada em projeto. Nestes quadros são mostrados também os resultados obtidos na aplicação dos indicadores parciais de perdas. Estes indicadores, em alguns momentos, serviram como justificativa de parte das perdas obtidas nas obras, podendo também serem utilizados como valor de referência para estudos futuros. Além disso, são apresentados o percentual das perdas cujas causas foram quantificadas e as prováveis causas que não foram possíveis de quantificar, bem como alternativas para a redução das perdas de material.

O quadro 5.5 apresenta um exemplo de resultado de processamento dos dados, obtido para o material bloco cerâmico. No anexo 03 estão apresentados os dados obtidos para os materiais concreto usinado (anexo 03 - quadro 1), aço em vergalhão (anexo 03 - quadro 2), formas (anexo 03 - quadro 3), areia (anexo 03 - quadro 4), cimento (anexo 03 - quadro 5 e 6), tubo de PVC (anexo 03 - quadro 7), eletrodutos (anexo 03 - quadro 8), e placa cerâmica (anexo 03 - quadro 9). A seguir, são apontadas as principais dificuldades encontradas no levantamento e análise dos dados coletados para cada tipo de material.

#### 5.1.2.1 - Bloco cerâmico

No quadro 5.5 são apresentados os índices de perdas de bloco cerâmico obtidos tanto em percentual como em número de blocos perdidos, o percentual de blocos não inteiros na parede, as causas específicas das perdas não quantificadas para cada obra, e também, algumas alternativas para redução de perdas deste material. Foi observado um índice de perda médio para este material de 23,06%. Parte deste índice pode ser justificado pelos indicadores de blocos não inteiros na parede, ou seja, 3,73%. O restante deve-se a causas não quantificadas.

Como principal dificuldade para a coleta de dados relativa ao bloco cerâmico, pode-se citar a quantificação dos estoques. Na maioria das obras analisadas havia um grande número de estoques intermediários, com pilhas de diferentes blocos distribuídos pela obra, gerando um grande trabalho de coleta. Outro problema encontrado foi o fato de que o controle tanto da qualidade quanto da quantidade do material, durante seu recebimento, nem sempre era realizado pela empresa.

Quadro 5.5 - Bloco cerâmico: índices de perdas, suas causas e alternativas para redução de perdas

Obra	Perda bloco (%)	Perda bloco (un.)	Blocos/tijolos não inteiros			Perda não inteiro (un)	Perda não inteiro (%)	Total perda justif. (%)	Causas específicas das perdas não quantificadas
			Blocos quebrados (%)	1/2 blocos (%)	Total não inteiros (%)				
A01	8,41	6.976	7,71	2,97	10,68	3198	45,84	3,85	- partes das pilhas de estocagem apresentavam aproximadamente 3m de altura (figura 5.1), além de estarem em contato com o solo e expostas às intempéries;- os blocos eram transportados para os pavimentos e armazenados próximo ao posto de trabalho, mas não havia um planejamento de quantidade necessária, gerando um posterior manuseio, o que resultava em perda por transporte; - falta de padronização do processo de alvenaria;- falta de projeto de paginação de parede.
A02	48,24	44.841	10,59	6,10	16,69	4921,5	10,97	5,29	- os blocos estavam estocados de maneira incorreta, pois os mesmos não estavam protegidos da umidade e do contato com o solo. Estavam estocados em pilhas com altura superior a 2,0m, o que pode ocasionar quebras nos blocos e tijolos;- as pilhas de blocos eram constituídas por mais de um tipo de material, dificultando assim o controle de estoque e gerando duplo manuseio;- o transporte dos blocos era realizado em carrinhos-de-mão, que são inadequados para o transporte desse material, tendo em vista o risco da quebra dos blocos;- não era realizado nenhum tipo de controle no recebimento dos blocos;- não existiam procedimentos documentados e padronizados para execução da alvenaria, nem do controle e verificação da execução;- paredes que deveriam ser realizadas com blocos de oito furos foram realizadas em tijolos maciços, ocasionando uma perda por substituição.
C01	15,70	4.871	5,07	12,32	17,39	785	16,12	2,53	- os blocos estavam estocados em base plana, com pilha máxima de 2,0m, onde em cada pilha havia um único tipo de bloco, mas o material não estava protegido da chuva, nem da umidade do solo; - problemas de modulação para o fechamento da última fiada, para possibilitar o encunhamento com argamassa expansiva pois, para que isso ocorresse, era necessário quebrar blocos.
E02	19,90	33.045	4,10	5,53	9,63	3408	10,31	2,05	- algumas paredes que deveriam ser executadas com bloco foram realizadas com tijolo maciço, gerando perdas por substituição na mão-de-obra, pois tanto o custo do material quanto a execução de paredes em tijolo maciço são maiores que paredes em bloco; - verificou-se a inexistência de procedimento padronizado de verificação e controle de processo.
<b>Alternativas para redução de perdas de bloco cerâmico baseado em Isatto (2000)</b>									<b>Causas gerais</b>
maior controle quantitativo e qualitativo no recebimento de material; utilizar carrinhos especiais para o transporte dos blocos na obra, evitando quebras de materiais; eliminar estoques intermediários evitando manuseio excessivo do material; utilizar escantilhão para o levantamento da alvenaria, pois facilita o controle de nível e prumo da parede além de controlar as de espessura das juntas de assentamento; o encunhamento das paredes deve ser realizado com argamassa expansiva, o que diminui a quebra dos tijolos na última fiada; distribuir a quantidade necessária de material no posto de trabalho, reduzindo perdas no transporte; utilizar equipamentos e ferramentas que facilitam a execução, além de permitir um melhor controle sobre o processo; projeto de paginação das paredes, o que facilita a execução; procedimentos de execução e controle padronizados para este processo.									falta de controle durante o recebimento da quantidade e da qualidade do material entregue; o material era descarregado em local provisório e após transportado até o local definitivo de armazenagem, gerando duplo manuseio; vários estoques intermediários nas obras até chegar ao posto de trabalho; não havia planejamento da quantidade de blocos necessário para cada posto de trabalho, gerando novos transporte; as pilhas de blocos continham mais de um tipo de bloco podendo gerar perdas por substituição.



Figura 5.1 - Estoque de blocos cerâmico ultrapassando a altura de pé-direito

#### 5.1.2.2 - Concreto usinado

A principal dificuldade para o fechamento do índice de perda deste material foi também a falta de controle da quantidade de material entregue em obra. A cubagem do material entregue é de difícil implementação pela forma como é realizado o descarregamento do concreto: é um processo rápido e o material é de difícil manuseio. Em geral, os equipamentos utilizados (bombas, caçamba ou jericá) não permitem a rápida quantificação do volume entregue. Os dados foram coletados somente através do controle das notas fiscais, tomando-se como verdadeiras as quantidades especificadas nas mesmas.

#### 5.1.2.3 - Aço em vergalhão

Nas obras A01 e C01, os índices de perdas não foram obtidos, pois o controle de entrega de material nas obras (série 4) não foi realizado pelas empresas. Tentou-se resgatar as notas fiscais nos escritórios, mas isto não foi possível, pois nem todas as notas estavam disponíveis.

Teve-se grande dificuldade em quantificar os estoques de aço, conforme proposto na planilha 2.7, pois não foi possível pesar a quantidade de aço nas obras estudadas, por falta de equipamento adequado. Outra alternativa era a contagem das barras, que foi dificultada pela desorganização dos canteiros. Logo, para se obter a quantidade utilizada foi necessário utilizar as notas fiscais desde o início da obra até a conclusão do serviço de estrutura. Portanto, sugere-se que, quando a empresa compra aço e confecciona as armaduras em obra, este tipo de controle deve ser realizado somente se houver um estoque de material organizado, bem como um controle da quantidade de aço entregue na obra.

#### 5.1.2.4 - Fôrmas

Para este material foram obtidos dados referentes ao indicador parcial de aproveitamento das chapas de madeira resinada, assim como as prováveis causas não quantificadas, que podem influenciar este aproveitamento. O indicador foi calculado através da divisão entre a quantidade de chapas necessárias para execução das fôrmas e a quantidade adquirida e utilizada no período. Obteve-se um índice de reaproveitamento médio de 4,215 vezes, que é do mesmo nível de grandeza do valor estimado pela maioria dos fabricantes de chapas de compensado resinado, que é de 4 vezes.

A rigor, o sistema de fôrmas deveria ser encarado como um equipamento e não como um material a ser consumido em obra. Desta forma pode-se ter um maior cuidado durante a execução do projeto, confecção e montagem, de modo a otimizar a utilização das chapas. A principal dificuldade encontrada para coleta deste índice foi o controle de utilização e substituição de chapas antigas por novas, pois se deve registrar a substituição de chapas sempre que isto ocorrer. Em sistemas de fôrmas convencionais estas substituições são realizadas continuamente, ao longo de todos os pavimentos - às vezes substitui-se apenas uma parte da chapa. Este tipo de monitoramento é bastante trabalhoso e, por esta razão, dificilmente é realizado pelas empresas.

Os principais fatores que influenciaram o grau de reaproveitamento das chapas foram: a repetição dos elementos estruturais, que permite a reutilização das chapas sem necessidade de novos cortes; a qualidade dos materiais adquiridos; o tipo de sistema de fôrma adotado, que pode resultar na maior ou menor danificação das chapas, em função da utilização de pregos e do tipo de travamento utilizado; falhas na execução, tais como furos sem proteção, escoramento insuficiente; despreocupação na desforma, , entre outras.

#### 5.1.2.5 - Areia

Apesar do índice de perda da areia não ter sido quantificado para os processos de alvenaria, revestimento argamassado e contrapiso, pôde-se observar qualitativamente algumas possíveis causas de perdas não quantificadas nas obras analisadas e algumas alternativas para inibir as perdas de areia.

Os principais problemas encontrados na coleta de dados deste material foram o controle de recebimento durante a entrega. Não era realizada a cubagem dos caminhões para checar se a quantidade especificada na nota fiscal correspondia à entregue em obra. Não havia também o controle do destino do material durante a execução dos diferentes tipos de argamassa, dificultando o fechamento dos dados quantitativos de materiais. Finalmente, há dificuldade de medição dos estoques pois, na maioria das obras analisadas, a estocagem se deu de maneira incorreta, impossibilitando a realização de cubagem do material no estoque.

#### 5.1.2.6 - Cimento

Uma das dificuldades encontradas para o estudo das perdas deste material em obra foi o controle do destino do cimento para os diferentes tipos de argamassa nos diferentes serviços executados, realizados, geralmente, pelo operador da betoneira. Era necessário, para cada traço confeccionado, registrar o serviço para o qual o mesmo se destinava. Para este controle foi fornecido às obras um quadro com furos dotados de pinos, que listavam os serviços e o número de betoneiras realizadas para cada traço. Portanto, o operador teria apenas que movimentar os pinos cada vez que um traço de argamassa era confeccionado. No final do dia estes quantitativos deveriam ser repassados a uma planilha de controle de traços confeccionados diariamente. Porém, em algumas obras, este sistema não funcionou, pois algumas marcações não foram feitas, o que resultou na perda de muitos dados. Outro empecilho encontrado foi quanto à utilização de pá como medida de traço, pois este equipamento não fornece nenhum tipo de precisão na quantidade de material utilizado, impossibilitando a realização do controle nestes casos.

#### 5.1.2.7 - Tubo de PVC para água fria e esgoto

A principal dificuldade encontrada para o monitoramento das perdas foi a falta de detalhamento em projeto, que não permitiu realizar adequadamente os levantamentos quantitativos (série 3), assim como a elevada incidência de substituição de materiais por diâmetros diferentes dos especificados em projeto.

#### 5.1.2.8 - Eletrodutos e condutores elétricos

Nenhum índice de perda foi obtido para este material, devido, principalmente, ao fato de que o projeto original não era seguido em obra pelas equipes de instaladores. Assim, os levantamentos quantitativos (série 3), baseados em projeto, não serviam de referência para o cálculo das perdas. Além disso, a execução dos serviços e o fornecimento dos materiais foram realizados por sub-empresários, que, via de regra, não controlavam o destino dos materiais por obra, ou seja, os materiais eram transportados com frequência de uma obra para outra sem qualquer registro. Assim, não foi possível realizar o preenchimento adequado da série 4.

#### 5.1.2.9 - Revestimento têxtil

Na obra D01, o índice de perda encontrado foi de 14,40%. Este índice não pôde ser comparado com o desempenho de outras obras, pois esta foi a única na qual este material teve suas perdas medidas. Não houve dificuldade na coleta de dados desse material. Este índice foi levantado em apenas uma obra devido a falta de disponibilidade de obras que estavam executando este serviço no período de coleta da pesquisa. A falta de planejamento do corte das peças de carpete foi identificada como principal causa das perdas.

#### 5.1.2.10 - Revestimento cerâmico

A principal dificuldade encontrada para o fechamento dos índices de perda deste material foi a falta de controle do destino dos mesmos. Inicialmente o revestimento cerâmico ficava estocado nos compartimentos onde iria ser utilizado. Porém, após a conclusão do compartimento, o material que sobrava era transportado e estocado em outra peça, não havendo, portanto, controle do nível de estoques e do destino dos materiais.

Parte da perda ocorrida para este material pôde ser justificada pelo indicador de percentual de placas cortadas na parede. Porém não foi possível definir o percentual justificável deste indicador em relação à perda total, pois parte das placas cortadas foram reaproveitadas, não se configurando como perda total de material.

#### 5.1.2.11 - Análise geral dos dados de perdas

A tabela 5.1 apresenta as médias dos indicadores globais de perdas de materiais das obras analisadas, os índices mínimos e máximos e o número de observações, permitindo que

se visualize o nível de grandeza dos dados coletados. Além desses dados, a tabela apresenta os resultados médios obtidos nesta pesquisa a nível nacional, resultados de estudos anteriores (Skoyles, 1976; Pinto, 1989; Soilbelman, 1993), e também os valores da TCPO (1996), freqüentemente utilizados em orçamentos.

Material	Média (%)	Mínimo (%)	Máximo (%)	Nº de observações	Dados nacionais <sup>1</sup> (%)	Soilbelman (1993) (%)	Pinto (1989) (%)	Skoyles (1976) (%)	TCPO (1996) (%)
Concreto usinado	8,10	2,80	22,40	5	9,50	13,00	1,34	2,0	5,0
Aço	13,10	10,50	16,50	3	10,30	19,00	26,19	5,00	20,00
Cimento	113,12	42,77	247,75	4	95,40	84,00	33,11	-	-
Blocos e tijolos	23,06	8,41	48,24	4	17,00	28,00	13,00	9,00	10,00
Tubulações hidrossanitárias	56,21	35,80	96,10	3	19,90	-	-	3,00	1,00
Revestimento têxtil	14,40	14,40	14,40	1	14,40	-	-	-	-
Revestimento cerâmico	9,00	5,50	12,50	2	15,60	-	9,55	3,00	10,00

Tabela 5.1 - Índices médios de perdas de materiais e índices obtidos em estudos anteriores

<sup>1</sup> - Agopyan et al. (1998)

Realizando uma análise geral dos dados obtidos, pôde-se verificar que os índices de perdas obtidos neste estudo, comparados com os averiguados em estudos anteriores, não apresentaram diferenças consideráveis em termos de nível de grandeza. Constatou-se que os resultados deste estudo vão ao encontro das conclusões dos estudos de Soilbelman (1993), pois se observou uma grande variabilidade dos índices obtidos para um mesmo insumo. Em algumas obras os índices de perdas atingiram níveis bastante baixo, na ordem de 3 a 5%, enquanto que em outras atingiram níveis bastante elevados, chegando a mais de 100%. Pode-se concluir, mais uma vez, que as perdas elevadas não são inerentes a todas as obras do setor e que é possível eliminar grande parcela destas perdas. Neste estudo, assim como naquele realizado por Soilbelman (1993), verificou-se que os índices médios de perda obtidos são superiores aos normalmente utilizados nos orçamentos, como os da TCPO (1996), o que pode comprometer tanto as programações quantitativas quanto financeiras dos empreendimentos.

Isatto et al. (2000) realizaram uma análise da amplitude das observações registradas para cada material, em relação aos dados do projeto a nível nacional. A tabela 5.2 apresenta os limites dos índices globais e o número de observações realizadas em cada faixa e, também, os dados obtidos nas obras analisadas em Porto Alegre. Pôde-se constatar uma distribuição não uniforme das perdas entre as faixas observadas. Isatto et al. (2000) sugerem que estas faixas podem ser utilizadas para *benchmarking*, indicando níveis de performance diferenciados.

Material	Faixa de perda	Limites do índice de perdas (%)	Número de observações por faixa (%)	
			Dados nacionais <sup>1</sup>	Porto Alegre
Areia	1	0 a 60	70,83	-
	2	60 a 120	29,17	-
Cimento	1	0 a 60	53,66	25
	2	60 a 120	24,39	50
	3	120 a 250	-	25
Cal	1	0 a 60	63,64	-
	2	60 a 120	36,36	-
Concreto usinado	1	0 a 5	22,86	20
	2	5 a 15	65,71	60
	3	15 a 25	11,43	20
Aço	1	0 a 10	41,67	-
	2	10 a 14	41,67	66,67
	3	16 a 18	16,66	33,33
Bloco cerâmico	1	0 a 10	37,74	25
	2	10 a 20	28,30	50
	3	20 a 35	22,64	-
	4	35 a 65	11,32	25
Bloco de concreto	1	0 a 10	66,67	-
	2	10 a 25	20,00	-
	3	25 a 45	13,33	-

Tabela 5.2 - Limites de variação dos índices globais de perdas de materiais

<sup>1</sup> - Isatto et al. (2000)

### 5.1.3 – Análise crítica do método e das ferramentas utilizadas no projeto

A principal crítica ao método de pesquisa utilizado neste projeto refere-se à duração do ciclo de coleta e análise dos dados. Para se obter os resultados sobre o desempenho dos processos analisados, foram necessários onze meses após o início da coleta de dados. Apesar desta pesquisa não ter um caráter de intervenção, este fator impossibilitou qualquer implantação de melhorias a partir dos dados coletados, configurando-se, portanto, em um método reativo.

Durante a coleta de dados, ocorreram algumas dificuldades em relação às informações fornecidas pelas empresas participantes do projeto, tais como:

- algumas vezes, foi necessário visitar as obras e os projetistas para o esclarecimento dos projetos e, conseqüentemente, para um correto preenchimento da série 3;
- devido às modificações ocorridas durante a realização da obra, muitos levantamentos quantitativos de serviços realizados a partir do projeto tiveram que ser alterados;
- a falta de um planejamento adequado das atividades por parte da obra, causou a perda de levantamentos quantitativos e a oportunidade de mais dados serem coletados, pois algumas atividades não iniciaram conforme havia sido informado no preenchimento da planilha 1.2;

- d) falhas no preenchimento da série 4, a única coleta de responsabilidade da empresa, resultaram na impossibilidade de fechar vários índices quantitativos de perdas de materiais.

Em relação ao método adotado na pesquisa, de forma geral, podem ser apontados os seguintes pontos críticos:

- a) obteve-se, na maioria das vezes, dados referentes às perdas diretas e indiretas de materiais, não sendo considerados outros tipos de perdas que podem ser relevantes em termos de custo, como as perdas originárias das atividades de fluxos desnecessárias;
- b) não houve suficiente reflexão para a proposição de alternativas para que as perdas possam ser reduzidas, como o próprio nome do projeto referenciava. Isto se deveu principalmente ao longo tempo decorrido entre a coleta e análise dos dados e também pelo fato de que, apesar da elevada quantidade de dados coletados, era difícil comparar os resultados das diferentes obras, no âmbito nacional, por não haver informações suficientes sobre os contextos nos quais as mesmas foram realizadas;
- c) havia um grande número de diferentes planilhas, cada uma delas com muitos dados a serem coletados, o que tornou a coleta e análise dos dados excessivamente trabalhosa;
- d) a pesquisa iniciou antes que todas as planilhas tivessem sido devidamente testadas, gerando atrasos no preenchimento e perdas de dados;
- e) o método é muito complexo para ser aplicado ou incorporado diretamente aos sistemas de controle das empresas, apesar de não ter sido esta a intenção do estudo. Assim, sugere-se que este método seja simplificado e aprimorado para este fim.

O projeto foi caracterizado pelo rigor na análise dos dados coletados, sendo rejeitados os dados sempre que havia suspeita de distorção dos mesmos, fato este que ocorreu em vários momentos, devido a alguns dos problemas apresentados acima.

Na série 7, alguns indicadores não puderam ser aplicados, devido à falta de disponibilidade de equipamentos adequados e pessoal suficiente para a coleta - por exemplo, a diferença entre a massa linear real dos vergalhões de aço em relação à nominal, devido à não existência de balança em obra. Um indicador da série 7 que, apesar de concluído, não foi utilizado para análise dos dados, foi a diferença entre a quantidade paga e a recebida. No momento em que se decidiu fazer um controle no recebimento de materiais, passou-se a conferir as quantidades que chegavam em obra (com exceção dos materiais que necessitavam ser cubados e/ou pesados) e o que constava na nota, não havendo, portanto, diferença entre a paga e a recebida.

Em função dos problemas apresentados, uma parcela relativamente alta dos dados que se pretendia inicialmente coletar foram perdidos, conforme indica o Quadro 5.4. Uma forma de evitar este tipo de problema teria sido realizar fechamentos parciais dos dados, através da introdução de tempos de ciclo de coleta e análise mais curtos. Outra alternativa poderia ser empregar um maior número de pesquisadores na coleta, mantendo os mesmos na obra em tempo integral, a exemplo do que foi realizado no estudo de Soilbelman (1993) - esta estratégia teria como desvantagem o elevado custo de aplicação do método, considerando o elevado número de obras sendo investigadas.

Portanto, para a aplicação eficaz deste método, constatou-se que algumas condições devem ser atendidas: as empresas devem realizar um controle sistematizado de recebimento de material e organização nos estoques, para que se possa realizar os levantamentos quantitativos de materiais utilizados no serviço executado; não podem ocorrer alterações constantes nos projetos, pois isto compromete o levantamento das quantidades de serviço a serem executadas e conseqüentemente altera os quantitativos de materiais necessários. Em suma, é necessário que se tenha procedimentos de controle mais bem definidos e um maior treinamento do pessoal envolvido, por parte das empresas, para que o método de pesquisa proposto neste projeto possa gerar os dados propostos.

Apesar de algumas limitações do método proposto e das ferramentas utilizadas, pôde-se, através desta pesquisa, quantificar de forma sistemática e uniforme as perdas de materiais em várias regiões do país, podendo-se ter hoje dados consistentes sobre as perdas de materiais na indústria da construção civil. Estes dados poderão servir de base para estudos posteriores neste tema.

Assim, a partir desta pesquisa, verificou-se a necessidade de desenvolver métodos e ferramentas de caráter pró-ativo, com um tempo de ciclo mais curto, permitindo, assim, desencadear ações para melhoria em tempo real dos processos sendo executados, a partir dos dados coletados. Para que isso ocorra é essencial que as ferramentas sejam de fácil entendimento e possam ser aplicadas pelas próprias empresas em um curto espaço de tempo, sendo, portanto, essencial a participação efetiva da empresa na coleta e análise dos dados.

## **5.2 – Estudos de caso**

Os estudos de caso foram realizados em três obras, localizadas nas cidades de Porto Alegre, Novo Hamburgo e Triunfo, no Rio Grande de Sul, executadas por diferentes empresas. Neste item, inicialmente são descritas as características das empresas e das obras

estudadas e, posteriormente, são apresentados os dados coletados com suas respectivas análises.

### **5.2.1 – Características das empresas e das obras analisadas**

Nos quadros 5.6 e 5.7, apresenta-se uma descrição das características das empresas e das obras analisadas, dados estes coletados em meados de 1998. Assim como se pôde observar no estudo exploratório, todas as empresas analisadas haviam participado anteriormente de programas de qualidade, o que mostra uma preocupação e interesse por parte das mesmas na implantação de melhorias nos processos.

Na obra F, até este estudo, nenhum tipo de controle de produtividade e da produção da mão-de-obra era realizado. Aplicava-se apenas um controle de entrega de blocos de concreto na obra, através de duas planilhas, uma na qual se registrava o que era entregue, e outra em que se solicitava a reposição dos blocos que haviam sido entregues com defeito. Não era realizado qualquer outro tipo de controle sobre os materiais entregues. A partir do início desta pesquisa, um estagiário da empresa passou a ser responsável pela coleta dos dados para, posteriormente, repassá-los à equipe do projeto. Deve-se destacar que parte da mão-de-obra utilizada nos serviços analisados era sub-empreitada. No caso da alvenaria, o processo foi executado por quatro diferentes equipes, sendo uma da própria empresa e as outras três de empreiteiras.

Na obra G, já havia controles de consumo de alguns materiais com o intuito de acompanhar os gastos na obra. Havia um estagiário para realização dos controles necessários, responsável pela coleta e entrega de dados à equipe do projeto. Também estavam sendo desenvolvidos trabalhos na área de Planejamento e Controle da Produção (PCP), em parceria com o NORIE.

Quadro 5.6 – Característica das empresas e relação de obras analisadas

Empresa /Item	Área construída de 1991 a 1996	Número de funcionários de empreiteiros (da empresa)	Número de funcionários próprios (da empresa)	Principais atividades em termos de faturamento	Obras estudadas	Participação em programas de qualidade
Empresa F	102.475 m <sup>2</sup>	34	455	Construção industrial	F	- trabalhos desenvolvidos junto ao NORIE/UFRGS - Programa de qualidade total do SEBRAE/RS
Empresa G	18.000 m <sup>2</sup>	15	2	55% construção predial 45% construção e incorporação	G	- trabalhos desenvolvidos junto ao NORIE/UFRGS - programas de implantação de programas de melhoria na área de segurança no trabalho
Empresa H	46.000 m <sup>2</sup>	125	15	100% construção e incorporação de imóveis residenciais	H	- programa Qualidade Total junto ao SEBRAE/RS; - trabalhos desenvolvidos junto ao SESI, desenvolvendo projetos de melhorias como programas 5'S, segurança de trabalho e estudo de <i>layout</i> de canteiro

Quadro 5.7 – Características das obras analisadas

Item / Obra analisada	F	G	H
Tipo de obra (residencial ou mista)	Industrial	Residencial	Residencial
Número de pavimentos	1	8	24
Área construída (m <sup>2</sup> )	10.080	2.326,90	11.702,30
Tipo de alvenaria	Vedação em bloco de concreto	Vedação em bloco cerâmico	Vedação em bloco cerâmico
Estrutura de concreto	Pré-moldado	Moldado no local	Moldado no local
Cidade no RS	Triunfo	Porto Alegre	Novo Hamburgo

Na obra H não estava sendo realizada, até este estudo, qualquer controle de produtividade e produção da mão-de-obra ou controle de consumo do material na obra. A partir do início deste estudo, aplicou-se a técnica de cartão de produção para controle de mão-de-obra e passou-se a controlar as quantidades de materiais entregues, ambas as tarefas realizadas pelo almoxarife. Os dados eram posteriormente repassados à equipe de projeto para análise.

### **5.2.2 – Ciclo de coleta e avaliação dos dados**

Primeiramente, foi realizada em cada empresa uma reunião com o engenheiro responsável pela obra, na qual se discutiu como o estudo iria ser conduzido e definiu-se os processos a serem analisados. Considerando os estágios nos quais as obras se encontravam, foram selecionados os processos de execução de alvenaria e contrapiso para a obra F, alvenaria e revestimento argamassado interno na obra G, e revestimento cerâmico na obra H, para serem analisados.

Outro ponto a ser destacado nesta reunião foi a atribuição das funções para a empresa e para a equipe de pesquisadores no projeto, sendo que a primeira ficava responsável pela coleta referente às ferramentas que necessitavam de acompanhamento contínuo (cartão de produção para índices de produção e produtividade, e controle de consumo de materiais). Os pesquisadores eram responsáveis pela aplicação das ferramentas de diagnóstico (listas de verificação, DFP, coleta de indicadores de desempenho e registro de imagens) e fechamento dos índices de produção, produtividade e perdas de materiais, realizando gráficos de acompanhamento dos índices.

Após a realização desta reunião, uma vez definido como o estudo iria ser conduzido, quais processos seriam analisados e a data de início da coleta de dados, foi realizada a primeira visita à obra pela equipe de projeto, na qual se iniciou a aplicação das ferramentas de diagnóstico inicial do canteiro de obras e dos processos em estudo. No quadro 5.8 estão apresentados como ocorreram os ciclos de avaliação nas obras, destacando as ferramentas aplicadas e o período quando as mesmas foram utilizadas.

Concluído cada ciclo de coleta nas empresas, era realizada uma reunião com os engenheiros, diretores e pessoal envolvido na coleta, na qual os dados coletados eram analisados e discutidos. Para esta reunião eram apresentados os resultados obtidos com a aplicação das ferramentas. A partir destes dados, as empresas podiam visualizar os processos analisados e propor algumas soluções para os problemas encontrados. Estas discussões serão

apresentadas no decorrer da apresentação dos resultados obtidos com a aplicação das ferramentas.

Quadro 5.8 - Ferramentas aplicadas e ciclos de avaliação

Ferramenta	Obra	SEMANA														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lista de verificação de canteiro de obras <sup>1</sup>	F	▨														
	G	▨								▨						
	H	▨														
Lista de verificação de processos <sup>1</sup>	F	▨														
	G	▨								▨						
	H	▨														
Lista de verificação de recebimento e armazenagem dos materiais <sup>1</sup>	F	▨					▨									
	G	▨								▨						
	H	▨														
DFP <sup>1</sup>	F		▨					▨								
	G		▨								▨					
	H		▨													
Registro de imagens <sup>1</sup>	F	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
	G	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
	H	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Indicadores de desempenho <sup>1</sup>	F							▨								
	G										▨					
	H		▨													
Cartão de produção <sup>2</sup>	F		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
	G		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
	H		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Controle de perdas de materiais <sup>2</sup>	F							▨	▨	▨						
	G															
	H		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Índice de produção e produtividade <sup>2</sup>	F		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
	G		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
	H		▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨	▨
Reuniões junto às empresas	F							▨	▨			▨				
	G															▨
	H							▨	▨							▨

Legenda:

▨	Processo: alvenaria	<sup>1</sup> - Ferramentas de diagnóstico
▨	Processo: revestimento cerâmico	<sup>2</sup> - Ferramenta de acompanhamento da
▨	Processo: revestimento argamassado interno	Produção
▨	Processos: alvenaria e contrapiso	
▨	Processo: contrapiso	

### 5.2.3 – Resultados obtidos

Os resultados e a sua análise são apresentados a partir das ferramentas aplicadas para cada processo nas obras analisadas. Inicialmente são apresentados os resultados obtidos com a aplicação das ferramentas de diagnóstico e as de acompanhamento contínuo nas obras. Posteriormente, serão apresentados os resultados obtidos nas reuniões junto às empresas e as considerações gerais acerca das ferramentas aplicadas.

### 5.2.3.1 - Ferramentas de diagnóstico

#### 5.2.3.1.1 - Lista de verificação

Foram aplicados três tipos de listas de verificação, referentes ao canteiro de obra, aos processos e aos materiais envolvidos. No quadro 5.9 é apresentada a relação das listas de verificação aplicadas em cada obra pela equipe de projeto. Nos itens que seguem serão apresentados separadamente os dados obtidos a partir dessas ferramentas.

Quadro 5.9 - Relação das listas de verificações aplicadas

Lista de verificação / Obras		F	G	H
De canteiro de obra		✓	✓	✓
De processo	Alvenaria	✓	✓	
	Revestimento interno argamassado		✓	
	Revestimento cerâmico			✓
	Produção de argamassa	✓	✓	
De recebimento e armazenagem de materiais	Areia	✓	✓	
	Cimento	✓	✓	
	Argamassa pronta	✓		
	Blocos e tijolos	✓	✓	
	Cal		✓	
	Concreto usinado	✓		

As listas de verificações serviram de apoio à análise do DFP, pois as mesmas apontam pontos fortes ou fracos do processo através da constatação da aplicação, ou não, de uma boa prática. As listas de verificação também permitem analisar qualitativamente o processo, podendo servir de referência para futuras avaliações - ao aplicá-la novamente, mudanças na incidência de respostas "sim" indicam que houve mudanças no processo.

#### a) Lista de verificação de canteiro de obra

A partir da aplicação desta ferramenta, pôde-se realizar uma análise qualitativa das características do canteiro, ressaltando-se alguns pontos que podem influenciar as perdas no processo. No quadro 5.10 são apresentadas as características observadas referentes às instalações provisórias e à segurança em obra, bem como suas conseqüências no processo.

Portanto, pôde-se concluir durante a reunião junto às empresas que havia uma falta de planejamento dos canteiros de obras analisados, gerando, como conseqüência, atividades de fluxos desnecessários e aumentando a possibilidade de ocorrerem perdas por falta de segurança. Esta ferramenta foi aplicada na íntegra nas três obras em estudo, mas, no momento de análise, foram considerados somente os itens referentes às instalações provisórias e

segurança, pois os itens referentes ao sistema de movimentação e armazenamento de materiais foram analisados a partir da lista de verificação referente ao recebimento e armazenagem de materiais em obra (série 5), devido à mesma abordar estes itens de forma mais detalhada.

Quadro 5.10 - Observações realizadas a partir da aplicação da lista de verificação de canteiro de obra

Item / Obra	F	G	H
	Notas obtidas		
Instalações provisórias	62,07%	59,09%	66,67%
	- Instalações sanitárias localizadas a uma distância superior a 150m, o que implicava em perdas por movimento devido a deslocamento excessivo dos funcionários		
	- almoxarifado junto ao descarregamento de caminhões diminuindo perdas de transporte	- não era possível a entrada de caminhões na obra o que implicava em grandes distância de transporte dos materiais e movimento excessivo dos funcionários	- almoxarifado estava localizado próximo ao descarregamento de materiais e do guincho o que implica em distâncias reduzidas de transporte e movimentação
	- almoxarifado distante do posto de trabalho e do guincho implicando em deslocamento excessivo dos funcionários para o transporte de materiais e ferramentas		
	Notas obtidas		
	52,50%	73,33%	48,48%
Segurança	- fios condutores estavam em local de trânsito de pessoas e equipamentos, sem a proteção devida, o que poderia causar acidentes em obra	- falta de proteção, em alguns pontos, contra queda no perímetro dos pavimentos e aberturas desprotegidas nas lajes, podendo provocar acidentes	- o poço do elevador apresentava proteção inadequada
	- falta de sinalização de segurança		- trajeto apresentando rampas com inclinação maior que 10% propiciando a acidentes
	-	- falta de iluminação na escadaria podendo provocar acidentes em obra	

#### b) Lista de verificação de processo

Nas listas de verificação de processos foram registradas as características gerais dos serviços, além de avaliados alguns aspectos referentes a projeto, planejamento e organização de execução, procedimentos de execução e controle e processo de execução. Nos quadros 5.11, 5.12, 5.13 e 5.14 são apresentados, respectivamente, os resultados obtidos nos processos de produção de argamassa, alvenaria, revestimento argamassado interno e revestimento cerâmico. Na parte inicial dos quadros apresentam-se as características gerais dos serviços, o que fornece uma noção básica sobre os equipamentos utilizados e a organização do processo. Os resultados estão apresentados em termos de percentuais atingidos nos itens gerais e nos subitens verificados, que correspondem a respostas "sim" durante a aplicação da ferramenta.

Nestes quadros também são destacados os problemas identificados a partir da aplicação da ferramenta.

Quadro 5.11 - Resultados obtidos para o processo de produção de argamassa

Item / Obra	F	G
<b>Características gerais do serviço</b>		
- local de produção	centralizada	Centralizada
- tipo de mão-de-obra	subempreitada	Própria
- equipamentos de transporte utilizado para os materiais do estoque ao preparo	Cimento - escavadeira Areia - padiola	Cimento - balde Areia - carrinho dosador Cal - carrinho porta <i>pallet</i>
- equipamento de dosagem	Cimento - saco de cimento Areia - padiola	Cimento - balde Areia - carrinho dosador Cal - carrinho porta <i>pallet</i>
- equipamento de mistura	Betoneira sem carregador	Betoneira sem carregador
<b>Notas obtidas</b>		
<b>Planejamento e organização da produção</b>	<b>20%</b>	<b>40%</b>
- logística	0%	33,33%
- transporte	0%	50%
- dosagem	40%	40%
- descarregamento	0%	0%
<b>Problemas detectados</b>		
<b>F</b>	<b>G</b>	
não havia um quadro de traço visível aos funcionários junto ao local de produção; falta de planejamento de <i>layout</i> do local de produção de argamassa, propiciando, assim, as perdas neste processo; não havia preocupação com o local e a forma de estocagem dos materiais e equipamentos de transporte; não havia condições nos trajetos a serem percorridos pelos materiais, dificultando o sistema de movimentação no posto de trabalho; havia distância elevada do local de estocagem principal dos materiais até a central de argamassa	- as condições de trajeto dos materiais rampas com inclinação maior que 10%, dificultando assim o transporte dos materiais.	

É possível com esta ferramenta analisar qualitativamente o processo em estudo, podendo-se apontar os problemas detectados quando não foram obtidas respostas "sim". Porém, verificou-se que as questões referentes aos itens de execução dos processos devem somente ser coletadas quando for realizada uma lista de verificação que contemple o processo específico da obra que está sendo analisada, e não uma lista padrão conforme a que foi aplicada. Isto se deve principalmente à elevada variabilidade que existe entre diferentes obras para um mesmo processo de produção, tendo cada uma delas características peculiares, adaptadas à sua realidade tecnológica. Este fato não foi observado no estudo exploratório, principalmente pela falta de análise dos dados qualitativos.

Na obra F foi utilizado no processo de alvenaria, além de argamassa pronta, argamassa produzida em obra. Portanto, foram analisados os processos de execução de alvenaria e também de produção de argamassa. Havia produção de argamassa em canteiro quando a argamassa pronta solicitada não era suficiente para a produção realizada, identificando-se, nesse caso, uma falta de planejamento de compras, de controle e padronização do processo.

Na obra G era utilizada argamassa produzida em obra nos processos de alvenaria e revestimento argamassado interno.

Quadro 5.12 - Resultados obtidos para o processo de alvenaria

Item / Obra	F	G
<b>Características gerais do serviço</b>		
- tipo de mão-de-obra	Empreiteiro	Empreiteiro
- forma de contratação de serviço	Por m <sup>2</sup> de produção	Por tarefa
- equipamentos de transporte horizontal do estoque ao posto de trabalho	Bloco e argamassa - carrinho-de-mão	Bloco - carrinho plataforma Argamassa - carrinho-de-mão
- equipamentos de transporte vertical do estoque ao posto de trabalho	Bloco - corda e roldana sendo transportado bloco por bloco Argamassa - corda e roldana sendo transportado em balde	Bloco e argamassa - elevador de obra
- equipamento e ferramenta para execução	Nível a laser, serra elétrica manual, colher de pedreiro, linha de nylon	Nível de mangueira, escantilhão, serra elétrica, colher de pedreiro, colher meia cana
<b>Notas obtidas</b>		
<b>Projeto</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>
<b>Planejamento e organização da produção</b>	<b>20%</b>	<b>70%</b>
- logística	25%	100%
- transporte	33,33%	66,67%
<b>Procedimento de execução e controle</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>
<b>Processo de execução</b>	<b>20%</b>	<b>70%</b>
- marcação	50%	50%
- elevação	69,23%	94,74%
- fixação junto à estrutura	50%	100%
<b>Problemas detectados</b>		
F	G	
<p>- não havia um projeto específico de paginação de paredes, ficando a cargo do funcionário executá-la conforme sua determinação e experiência, fato que pode propiciar uma falta de uniformidade na execução e perdas no processo;</p> <p>- não existia um planejamento do seqüenciamento de execução das paredes, ficando a cargo do mestre definir esta execução;</p> <p>- não havia um estudo detalhado do posto de trabalho, implicando em maior número de atividade de transporte e estoque na obra, pois os estoques de materiais eram localizados em locais distantes do ponto de aplicação;</p> <p>- não havia um sistema de solicitação de argamassa adequado, pois em alguns momentos constatou-se sobra do produto pronto, sendo desperdiçado, e em outros verificou-se falta, sendo necessário confeccioná-lo em obra. Um dos motivos da falta de planejamento do pedido deste material pode ter acontecido devido à ausência de conhecimento da empresa dos seus índices de produção e consumo de material, bem como a variação destes índices;</p> <p>- embora a empresa possuísse procedimentos documentados deste processo, elas não estavam em posse dos funcionários no posto de trabalho;</p> <p>- não eram utilizados equipamentos que facilitassem o controle de qualidade do serviço, como o escantilhão, sendo utilizados prumo e nível de bolha para a realização desta etapa;</p> <p>- deveriam ser implementados equipamentos que oferecessem melhores condições ergonômicas aos funcionários, como o uso de suporte para masseiras, evitando esforços desnecessários (figura 5.2);</p>	<p>- não haviam procedimentos padronizados de execução e controle deste processo, deixando a cargo dos funcionários a alocação de critérios para a realização das tarefas, e a aceitação dos serviços era baseada em critérios visuais, subjetivos, adotadas pelo mestre, engenheiro ou estagiário;</p> <p>- a organização do posto de trabalho era deficiente, existindo com frequência duplo manuseio dos blocos, pois a distribuição do material necessário para as paredes era realizado de maneira aleatória. No caso da argamassa, ocorriam perdas por sobras no final da jornada de trabalho;</p>	



figura 5.2 - Esforço desnecessário por falta de equipamentos ergonômicos

Quadro 5.13 - Resultados obtidos para o processo de revestimento argamassado interno

Item / Obra	G
<b>Características gerais do serviço</b>	
- tipo de revestimento	Chapisco e massa única
- tipo de mão-de-obra	Empreiteiro
- equipamentos de transporte horizontal da argamassa até o posto de trabalho	carrinho-de-mão
- equipamentos de transporte vertical da argamassa até o posto de trabalho	elevador de obra
<b>Notas obtidas</b>	
<b>Projeto</b>	<b>0%</b>
<b>Planejamento e organização da produção</b>	<b>71,73%</b>
- logística	0%
- organização do posto de trabalho	66,67%
- transporte dos materiais	100%
<b>Procedimento de execução e controle</b>	<b>0%</b>
<b>Processo de execução</b>	<b>68%</b>
- condições para o início do trabalho	80%
- preparo da base	0%
- execução do chapisco	40%
- execução das mestras	100
- execução da massa única	66,67%
- sarrafeamento	0%
- desempenho	80%
<b>Problemas detectados</b>	
<p>- não haviam procedimentos padronizados de execução e controle deste processo, ficando a cargo do funcionário a forma de execução e aceitação do serviço;</p> <p>- como no processo de alvenaria, a argamassa chegava ao andar que seria utilizado e era depositada em uma chapa de compensado, após era transportada a pá para masseira onde ficava estocada, ocorrendo perdas por transporte;</p> <p>- foram verificados vários estoques no posto de trabalho, pois, a partir da masseira, o pedreiro transportava a argamassa com a desempenadeira para um banco, após era aplicado na parede;</p> <p>- observou-se uma falta de preocupação com as atividades de fluxo, e as perdas com movimentação e transporte na obra.</p>	

Quadro 5.14 - Resultados obtidos para o processo de revestimento cerâmico

Item / Obra	H
<b>Características gerais do serviço</b>	
- tipo de mão-de-obra	Empreiteiro
- forma de contratação de serviço	Toda a obra
- equipamento de transporte horizontal do estoque ao posto de trabalho	carrinho-de-mão
- equipamento de transporte vertical do estoque ao posto de trabalho	elevador de obra
- equipamentos e ferramentas utilizadas	Esquadro de alumínio, prumo, nível, colher de pedreiro, desempenadeira dentada, rodo, riscador com broca de vídea, cortador mecânico, maquina, martelo de borracha
<b>Notas obtidas</b>	
<b>Projeto</b>	<b>0%</b>
<b>Planejamento e organização da produção</b>	<b>57,14%</b>
- organização do posto de trabalho	66,67%
- transporte dos materiais	50%
<b>Procedimento de execução e controle</b>	<b>0%</b>
<b>Processo de execução</b>	<b>100%</b>
- condições para o início do trabalho	100%
- execução da camada de fixação	100%
- aplicação do revestimento cerâmico	100%
- rejunte	100%
<b>Problemas detectados</b>	
<p>- existia uma preocupação em distribuir nos compartimentos a serem revestidos a quantidade de placa cerâmica e argamassa colante necessária para execução do serviço na peça, quantidades estas superiores à orçada. Esta distribuição era registrada com o intuito de obter o controle do material fornecido. Porém, quando ocorriam sobras desses materiais nos compartimentos, estas eram transferidas para outros pontos de utilização e nem sempre eram registradas, perdendo assim, a fidelidade do controle e da quantidade de material utilizada;</p> <p>- não foi verificada a existência de planejamento do assentamento das peças em ambientes com o mesmo tipo e forma de colocação, aproveitando, entre outras coisas, as peças já cortadas e o desencadeamento do efeito aprendizado;</p> <p>- constatou-se que as condições do posto de trabalho para o corte de peças não era ergonômica (figura 5.3), contribuindo para eventual perda em movimentos desnecessários.</p>	

Figura 5.3 – Posto de trabalho para o corte de placas cerâmicas



### c) Lista de verificação de recebimento e armazenagem dos materiais

Nas listas de verificação dos materiais foram avaliadas as atividades de recebimento e estocagem dos materiais. No quadro 5.15 estão apresentados os resultados obtidos em forma de percentual de respostas "sim" do total dos itens averiguados, e os principais problemas detectados com a aplicação desta ferramenta em cada obra analisada.

Quadro 5.15 - Resultados obtidos com a aplicação das listas de verificação de materiais

Item	Obra F					Obra G			
	Areia	Cimento	Argamassa industrializada	Bloco de concreto	Concreto usinado	Areia	Cimento	Bloco cerâmico	Cal
Recebimento	50 %	60%	66,67%	60%	71,43%	50%	40%	60%	60%
Estocagem	0%	75%	50%	66,67%	-	60%	75%	50%	57,14%
Problemas detectados	- não havia nenhum tipo de inspeção do material; o material estava estocado de maneira incorreta (figura 5.4)	Nenhum tipo de inspeção qualitativa era realizada; altura das pilhas de sacos de cimento não respeitava as recomendações de normas, ultrapassando os dez sacos recomendados.	Não havia qualquer tipo de inspeção no recebimento; - o local de estocagem não estava protegido das intempéries, o que poderia influenciar na qualidade da argamassa.	- não havia um local definido para o recebimento; a base do local de estocagem não era plano; o material estava desprotegido das intempéries	Na inspeção, eram conferidas, na nota fiscal, as características do concreto, mas não era executado nenhum tipo de controle no volume entregue, nem verificado o abatimento do tronco de cone ( <i>slump test</i> ).	O material não passando por nenhum tipo de inspeção; o local de estocagem era encontrava-se desprotegida das intempéries, estando estocado de maneira incorreta.	- o material não é descarregado no local definitivo de armazenagem gerando duplo manuseio; no estoque não havia espaçamento lateral entre os sacos e a parede	O transporte do <i>pallet</i> até o estoque era realizado com uma paleteira manual, o que apresentava dificuldade para movimentá-la devido à existência de uma rampa com acive acentuado; durante este transporte, alguns blocos quebravam, pois não havia nenhum tipo de dispositivo que prendesse os blocos ao <i>pallet</i> .	Na estocagem observou-se que não havia espaçamento entre os sacos e a parede, e a altura da pilha de sacos era superior a 10 sacos, o que não é recomendado por norma.

Figura 5.4 - Local de estocagem da areia



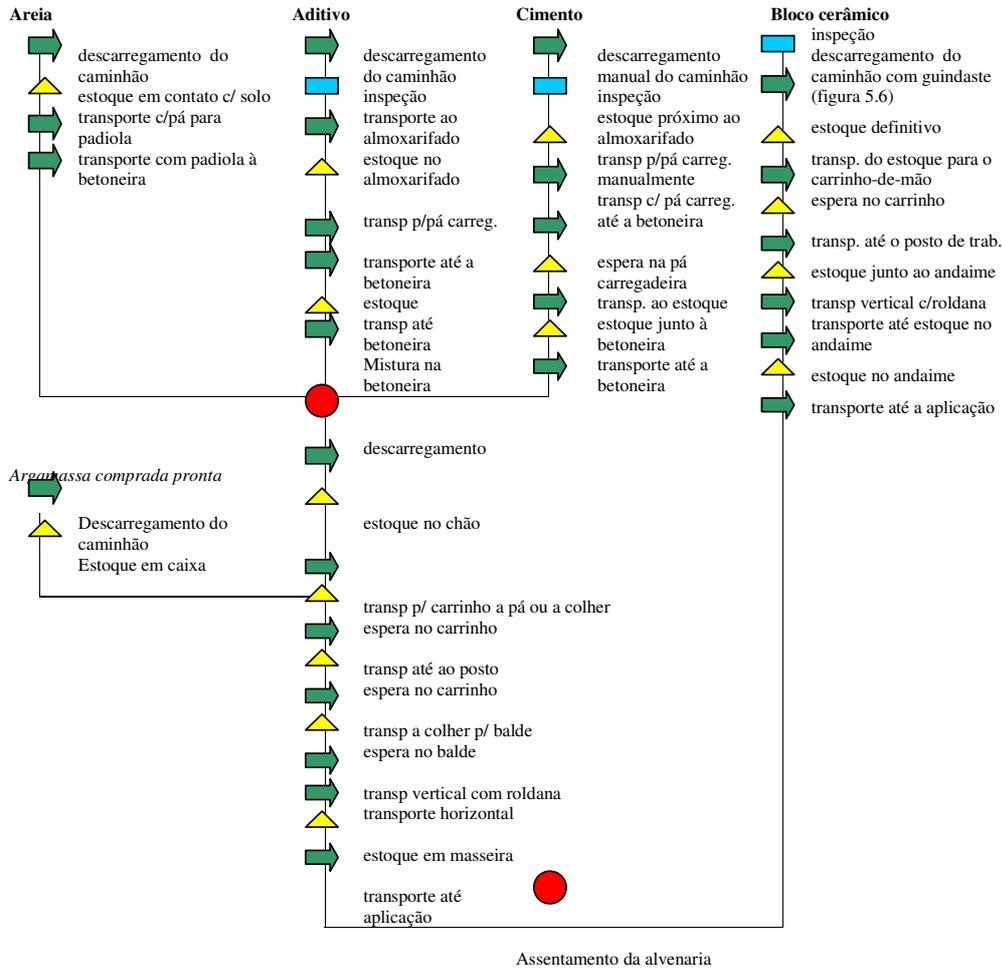
De maneira geral, esta ferramenta conscientizou as empresas para a necessidade de realizarem inspeção no recebimento de materiais e de terem cuidado com a estocagem dos mesmos.

#### 5.2.3.1.2 - Diagrama de fluxo de processo (DFP) e registro de imagens

Através da aplicação do DFP, foi possível visualizar o processo de maneira compacta, analisando o fluxo dos materiais e subprodutos que o compõe, desde a chegada do material em obra até a sua utilização. Esta ferramenta permite identificar a seqüência de atividades de fluxo realizadas, através da análise de toda a extensão do processo, aumentando o grau de transparência do mesmo para a equipe envolvida na sua gestão. Pode-se também avaliar a proporção de cada tipo de atividade (transporte, inspeção, estoque ou processamento), em relação ao total.

A análise do DFP foi realizada conjuntamente com o registro de imagens (fotos), de forma a oferecer uma visão detalhada dos processos analisados, permitindo que fossem realizadas proposições de melhorias nos processos com o intuito de reduzir ou eliminar as atividades de fluxo. Conforme mencionado no item 5.2.3.1.1, as listas de verificação e os indicadores também contribuíram para identificar problemas nos processos, durante a análise dos DFPs.

A seguir serão apresentados os DFP dos processos analisados nas obras F, G e H (figura 5.5, 5.7 e 5.8). No quadro 5.16, estão apresentados os problemas detectados a partir da aplicação dessa ferramenta para cada material ou subproduto analisado. Na obra F, o DFP de alvenaria (figura 5.5) foi analisado de duas formas: considerando a argamassa pronta e bloco cerâmico ou com argamassa preparada no local, fazendo parte do processo os materiais cimento, areia, aditivo e bloco cerâmico. Pôde-se verificar que quando a argamassa pronta era utilizada havia 23 atividades de fluxo e uma atividade de conversão. Quando a argamassa era confeccionada em obra, 44 atividades de fluxo foram observadas. Portanto, pôde-se constatar nesta obra que a falta de planejamento na solicitação de compra da argamassa resultou no aumento do número de atividades de fluxo em 91,30%. Nos dois casos, observa-se um elevado número de atividades de fluxo, o que se deve, entre outros fatores, à falta de planejamento dos fluxos para movimentação de materiais e de organização do posto de trabalho.



	Com argamassa pronta		Com argamassa confeccionada na obra	
	Número de atividades	Distribuição (%)	Número de atividades	Distribuição (%)
Operação	1	4,17	2	4,35
Inspeção	1	4,17	3	6,52
Transporte	13	54,16	26	56,52
Estoque	9	37,50	15	32,61
Total	24	100,00	46	100

Figura 5.5 - Diagrama de fluxo do processo de alvenaria na obra F



Figura 5.6 - Transporte com caminhão com guindaste

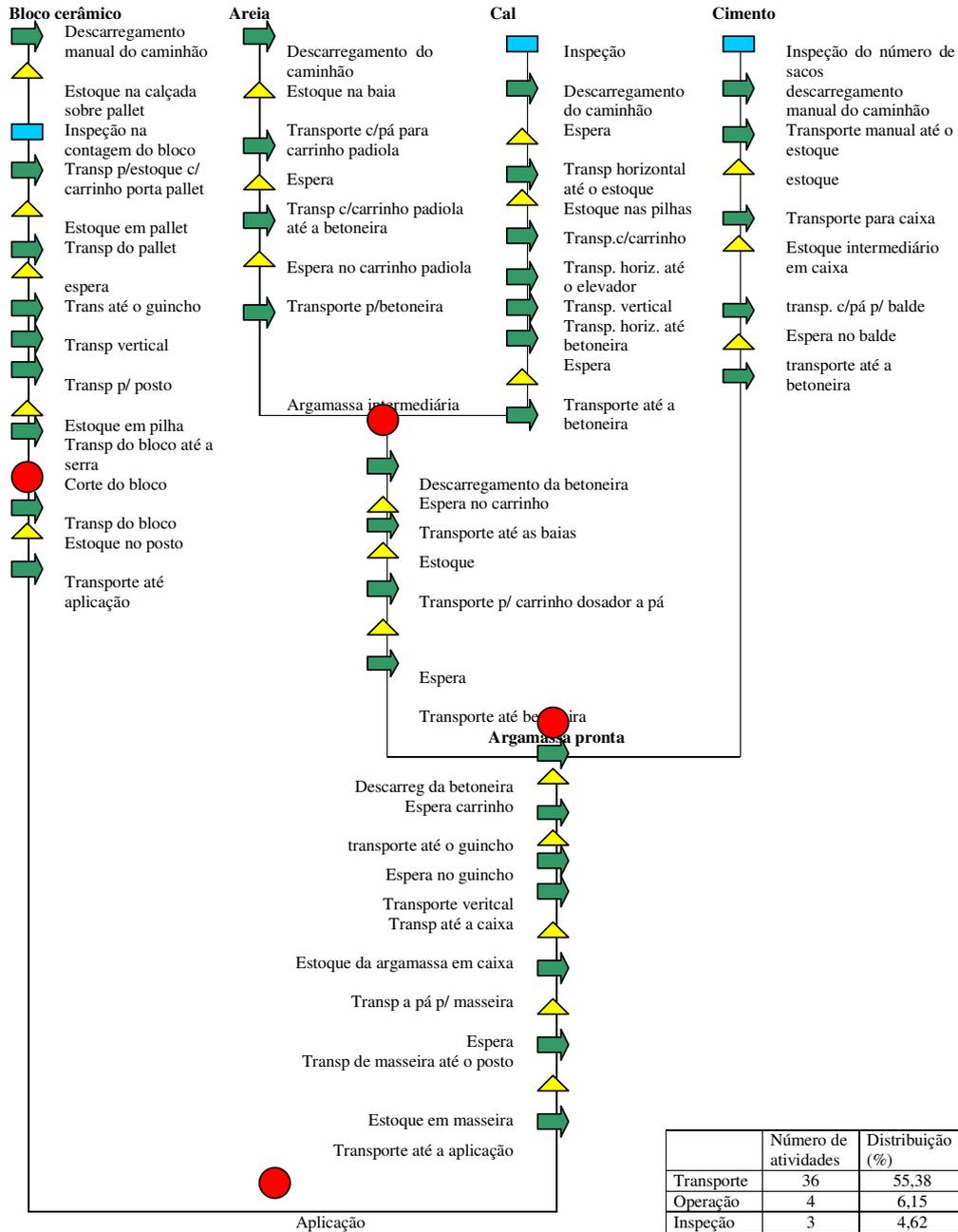
Portanto, estes dados levantados apontaram de forma transparente alguns problemas já detectados na aplicação da lista de verificação, levando à empresa a repensar seu sistema de planejamento, de organização de canteiro e de equipamentos utilizados para transporte e armazenamento na obra. Isto levou a empresa a sentir a necessidade de obter dados referentes à produção diária para que o planejamento das compras pudesse se dar de maneira correta. Porém, os problemas detectados também levaram a empresa a repensar a organização e distribuição na central de argamassa.

Para o processo de alvenaria na obra F, a empresa verificou que devia se atentar para questões de modulação de projeto e realizar um projeto de paginação das paredes para simplificar o processo. Em relação aos fluxos de materiais, foi constatada a necessidade de realizar um estudo mais detalhado dos locais de descarregamento e de estocagem de materiais, e investir em equipamentos ergonômicos para realização do serviço.

Na obra G, a análise do DFP (figura 5.7) de alvenaria indicou um elevado número de atividades de fluxo, cabendo às atividades de transporte a maior parcela (55,38%). O DFP de revestimento interno argamassado, apresentado na figura 5.8, também apontou uma elevada parcela de atividades de transporte (representaram 55,32%).

Nas reuniões realizadas junto à empresa pôde-se constatar, através da análise e discussão dos dados disponíveis, que havia uma falta de planejamento do canteiro de obra e dos postos de trabalho para os processos analisados, pois havia muitas atividades de transporte e estoques desnecessários, desde o recebimento dos materiais até as atividades de conversão. O principal problema observado foi a elevada distância de transporte dos materiais, devido à inadequação do *layout*, pois o material era descarregado no pavimento térreo e a central de argamassa se localizava no subsolo. Na obra analisada, foi privilegiada a escolha do local de plantão de vendas e escritório, sem considerar a incidência das atividades de fluxo resultantes do *layout* inadequado. Apesar de não ser possível realizar mudanças no arranjo físico desta obra, o problema detectado apontou um ponto a ser melhorado nas

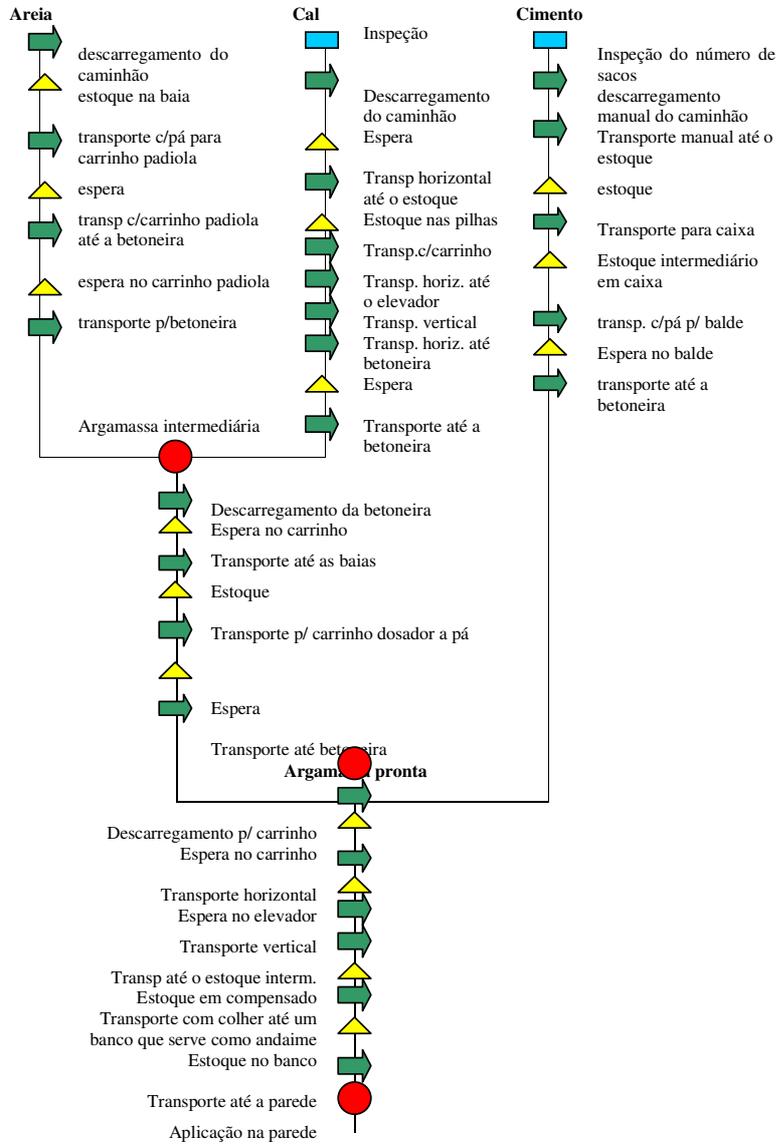
próximas obras. Neste sentido, pode-se salientar que tanto a lista de verificação quando o DFP poderiam ter sido utilizados no momento de planejamento do *layout* da obra.



	Número de atividades	Distribuição (%)
Transporte	36	55,38
Operação	4	6,15
Inspeção	3	4,62
Estoque	22	33,85
Total	65	100

Figura 5.7 - Diagrama de fluxo do processo de alvenaria na obra G

Na obra G foi constatada junto à empresa a necessidade de se realizar um adequado planejamento dos postos de trabalho e da distribuição de materiais, de forma a evitar o manuseio excessivo dos mesmos, tanto para o processo de execução de alvenaria como para o de revestimento argamassado interno.



	Número de atividades	Distribuição (%)
Transporte	26	55,32
Operação	3	6,38
Inspeção	2	4,26
Estoque	16	34,04
Total	47	100

Figura 5.8 - Diagrama de fluxo do processo de Revestimento interno na obra G

Na obra H, o DFP de revestimento cerâmico em parede, apresentado na figura 5.9, indicou uma elevada parcela de atividades de fluxo, 88,37% das atividades envolvidas considerando a necessidade de cortes de peças e 90,32% quando isto não era necessário. O tipo de atividade com maior peso neste percentual foi novamente o transporte - mais de 50%.

Analisando estes dados concomitantemente com a lista de verificação do processo, a empresa constatou a necessidade de realização de um controle maior sobre o destino dos materiais para que se possa conhecer o real consumo dos mesmos. Também se observou a necessidade de elaborar um projeto de paginação dos compartimentos a serem revestidos, com o intuito de melhor aproveitar as peças, assim como melhorar as condições do posto de trabalho e realizar um planejamento do seqüenciamento da equipe ao longo dos vários postos de trabalho, de forma a eliminar excesso de movimentação entre compartimentos não consecutivos.

Portanto, a partir da aplicação do DFP em conjunto com a lista de verificação, constatou-se que é possível aumentar o grau de transparência dos processos e, com isto, desencadear uma série de ações corretivas, voltadas à redução de perdas. Sobretudo, os dados gerados por estas ferramentas mostraram-se simples de coletar e de compreender, aumentando a conscientização por parte dos gerentes de produção em relação à importância de focar as melhorias na eliminação das atividades de fluxo. No estudo exploratório, o DFP não foi utilizado com o nível de detalhe adotado nestes estudos de caso, apesar de constar na proposta inicial daquele projeto.

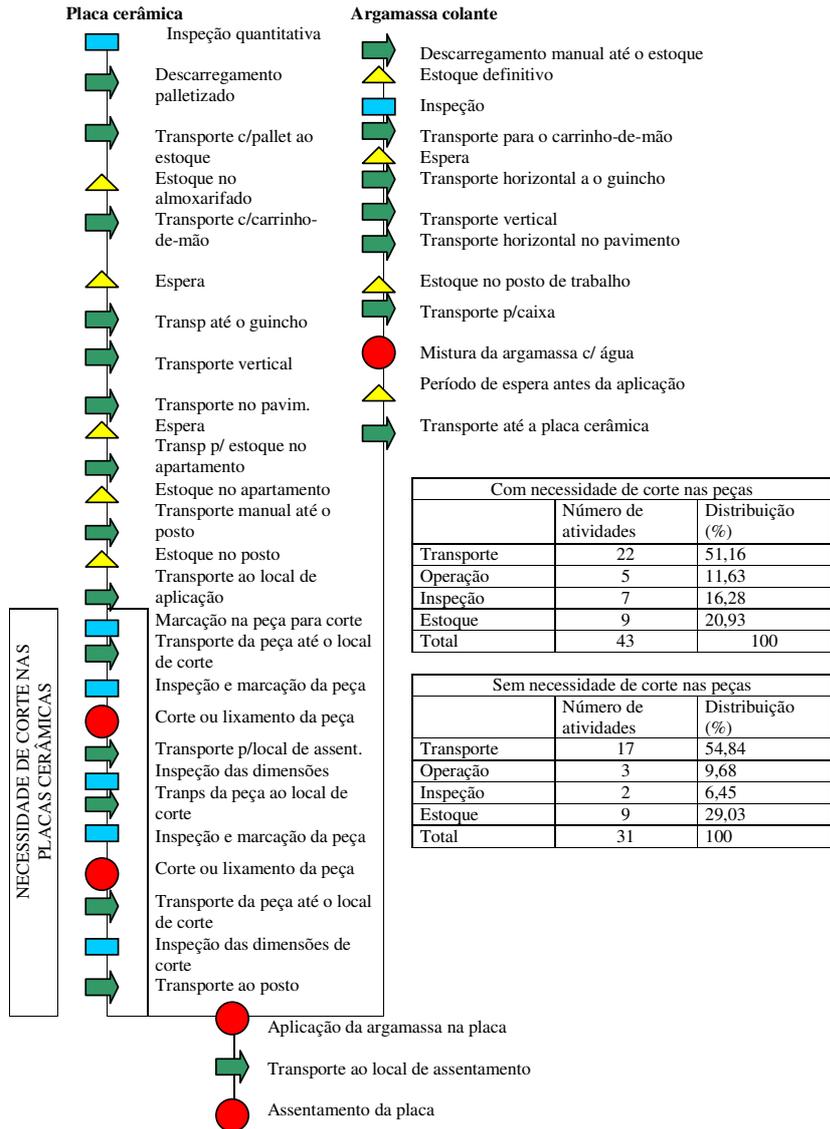


Figura 5.9 - Diagrama de fluxo do processo de Revestimento cerâmico em parede

Quadro 5.16- Problemas detectados com a aplicação do DFP

Material / obra	Processo	Obra F	Obra G	Obra H
Areia	Produção de argamassa	falta de atividade de inspeção no recebimento do material	- falta de atividade de inspeção no recebimento do material; - O estoque estava localizado junto ao portão de acesso, no pavimento térreo distante do local de produção de argamassa que se localizava no subsolo, onde o trajeto até a betoneira se dava por uma rampa entre os pavimentos, implicando em perda no transporte e no movimento.	
Aditivo		Elevado número de transporte e estoque intermediário, pois o local de estocagem ficava distante do posto de trabalho	-	
Cimento		- elevado número de transporte e estoque intermediário, pois o local de estocagem ficava distante do posto de trabalho; - Devido à longa distância entre o estoque principal e o local de produção de argamassa, o transporte era realizado com pá carregadora. Observou-se que, algumas vezes, os sacos rasgavam durante o transporte (figura 5.10), ocasionando uma perda de material. Da pá carregadeira, o cimento era transportado manualmente (figura 5.11) para um estoque junto à betoneira, e deste transportado até a betoneira quando na realização da argamassa.	- o cimento era descarregado do caminhão e transportado manualmente até o local de estocagem. O local de descarregamento era no térreo, e o estoque localizava-se no subsolo, sendo necessário percorrer uma rampa de acesso entre os pavimentos que apresentava um acentuado aclive, fator que ocasionava perdas no movimento. - elevado número de atividades de transporte e estocagem quando na utilização de caixa intermediária de estoque e balde como equipamento dosador	
Cal		-	Observou-se que a localização do estoque no pavimento térreo implicava em um maior número de atividade de f luxo, pois a betoneira localizava-se no subsolo	
Argamassa pronta		falta de atividade de inspeção no recebimento do material - do estoque principal, a argamassa era transportada com a colher de pedreiro para o carrinho-de-mão (figura 5.12), ocasionando um elevado tempo de transporte do operário para realizar esta atividade.	-	

Continuação quadro 5.16

Material / obra	Processo	Obra F	Obra G	Obra H
Argamassa produzida em obra	Alvenaria	- as atividades de descarregamento de espera no chão e transporte a pá para o carrinho poderiam ser eliminados, se fosse colocado diretamente sobre masseira; -argamassa era transportada até junto ao andaime onde estava sendo executado o serviço de alvenaria, e do carrinho, era transportado com uma colher de pedreiro para um balde (figura 5.13). Através de roldana e corda, o balde era içado para o posto de trabalho (figura 5.14), estocado em masseira até ser transportado até o local de aplicação.	- elevado número de atividade de transporte e estoque quando na utilização de caixas de madeira para depósito intermediário de argamassa, pois chegando ao pavimento, o carrinho era novamente transportado até uma caixa de madeira, configurando-se um estoque intermediário. Desta caixa, a argamassa era transportada para masseira à pá, e após, transportada até o posto de trabalho, onde ficava estocada até sua aplicação juntamente com o bloco cerâmico.	
Bloco de concreto ou cerâmico		Do estoque, o material era transportado, um a um, para o carrinho-de-mão ou para um carrinho especial que levava os blocos junto ao andaime, onde estava sendo executado o assentamento de alvenaria. Estes blocos ficavam estocados em pilhas até serem necessários, ocorrendo algumas vezes sobra de material neste estoque, após os panos serem construídos. Tal fato gerava um duplo manuseio, pois não havia um planejamento na solicitação dos materiais no posto de trabalho. Dependendo da altura em que se encontrava o andaime, o transporte do estoque para o posto de trabalho era realizado manualmente ou através de corda ou roldana (figura 5.15). Portanto, pode-se observar um elevado número de atividades de transporte e estocagem.	- descarregamento manual do caminhão e estocado em pallet na calçada gerando atividades de fluxos desnecessários; - Mesmo havendo projeto de paginação, presenciou-se durante a aplicação do DFP, a necessidade de corte de blocos, inserindo assim outras atividades de fluxo e conversão no processo. Do estoque intermediário, o bloco era transportado até a serra onde era cortado, configurando-se em uma atividade de conversão, e desta transportado até um estoque no posto de trabalho, de onde era transportado para a aplicação.	
Argamassa produzida em obra	Revestimento argamassado interno	-	A argamassa, passou, por estoques intermediários desnecessários, após chegarem ao pavimento em que foram aplicadas. Observou-se no revestimento interno, que a argamassa, do carrinho, era colocada em um compensado, do compensado era transportada com colher de pedreiro a outro estoque intermediário em um banco (que servia como andaime para execução do serviço), e do banco era transportada ao local de aplicação.	
Placa cerâmica	Revestimento cerâmico	-		Atividades de transporte e estocagem desnecessárias no pavimento, quando na existência de estoques intermediários.



Figura 5.10 - Sacos de cimento rasgados na pá carregadora



Figura 5.11 - Transporte manual até estoque intermediário próximo a betoneira



Figura 5.12 - Transporte a colher



Figura 5.13 - Transporte a colher para o balde



Figura 5.14 - Transporte do balde com corda



Figura 5.15 - Transporte do bloco com corda

### 5.2.3.2 - Ferramentas de acompanhamento contínuo

#### 5.2.3.2.1 – Cartão de produção – índice de produção e produtividade

O cartão de produção foi utilizado nas obras F, G e H para os processos de alvenaria e contrapiso, alvenaria e revestimento argamassado interno, e revestimento cerâmico de parede, respectivamente. Conforme salientado na seção 5.2.2, a coleta de dados foi realizada por funcionários da empresa. O ciclo de coleta foi variável para os diferentes processos, em função da disponibilidade de pessoas para a coleta na obra: na obra F, para o processo de alvenaria, o controle foi quinzenal e para o processo de contrapiso foi diário. Já na obra G, o

controle da alvenaria foi diário e do revestimento argamassado interno foi semanal. Na obra H, o controle foi diário.

A seguir são apresentados os dados coletados a partir da aplicação do cartão de produção nas obras analisadas.

#### Obra F

Para o processo de alvenaria havia quatro diferentes equipes realizando o serviço. Uma era constituída de funcionários da própria empresa, e as outras vinculadas a três diferentes empreiteiros. Na figura 5.16 pode-se verificar a variação da produtividade média das equipes, sendo constatada uma variação acentuada entre as mesmas.

A produtividade alcançada pela mão de obra própria foi a mais baixa. O valor de produtividade considerado como médio pela empresa era de  $1,09\text{m}^2/\text{hh}$ , sendo verificado que apenas a equipe da própria empresa não atingiu este índice. Isto pôde ser explicado durante a reunião junto à empresa pelo fato de que a equipe própria assumiu alguns serviços que envolviam muitas atividades que não agregavam valor ao produto, como realizar re-trabalhos, montagem dos andaimes e produção de argamassa. Portanto, este fato revela que ocorreu uma falha na coleta no momento em que não houve uma diferenciação no conteúdo do trabalho, dando uma falsa impressão de baixa produtividade por parte da equipe de mão de obra direta da empresa.

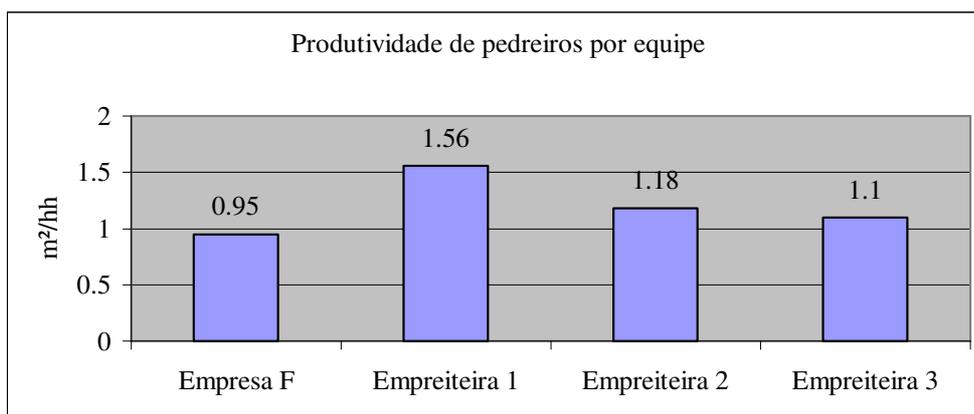


Figura 5.16 - Produtividade dos pedreiros por empreiteiro em todo o período analisado

Observou-se que a empreiteira 1 apresentou maior índice de produtividade dos pedreiros em relação as demais. Entretanto, de acordo com a percepção dos representantes da empresa, a empreiteira 3 foi considerada a que melhor executou os serviços de acordo com parâmetros de qualidade estabelecidos. A partir dos índices obtidos com esta ferramenta e observações registradas, a empresa constatou a necessidade de observar conjuntamente, além do índice de produção e produtividade de cada empreiteira, também questões referentes à eficiência na utilização dos materiais e à qualidade dos serviços entregues.

Foram também analisados os índices de produção e produtividade do processo de contrapiso realizado por uma empresa sub-empregada. A figura 5.17 apresenta os índices de produção diária alcançada pela equipe, na qual se constata uma alta variabilidade deste índice, de 94,50 a 397,50m<sup>2</sup> por dia.

A produtividade global diária da mão-de-obra foi acompanhada com base no controle da quantidade produzida e o consumo de homens-horas. Observa-se, como no item anterior, uma grande variação da produtividade diária (figura 5.18), havendo índices de produtividade que variaram de 8,76m<sup>2</sup>/hh a 3,47m<sup>2</sup>/hh.

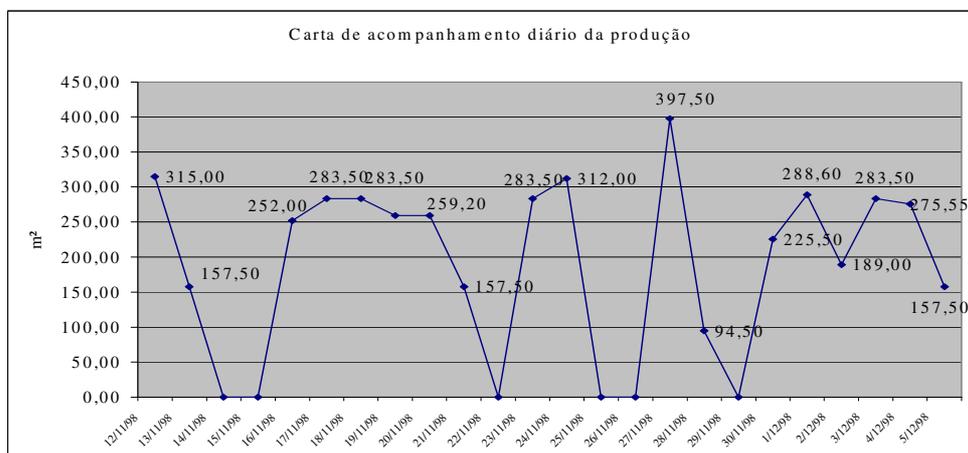


Figura 5.17 - Carta de acompanhamento diário da produção

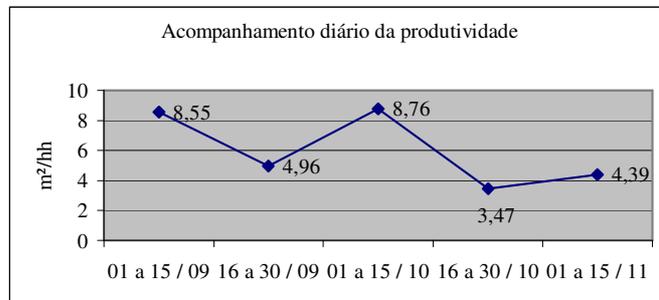


Figura 5.18 - Carta de acompanhamento diário da produtividade global

Segundo informações da empresa, a produção contratada com o empreiteiro foi de 400m<sup>2</sup> por turno, estimativa esta que estava muito além da que é observada na figura 5.17. A principal causa da variação destes índices foi a falta de planejamento do fluxo de trabalho, pois havia dias nos quais um esforço maior era dedicado à preparação da base do contrapiso (adensamento do solo, colocação de brita, nivelamento), do que à concretagem propriamente dita, e outros em que ocorria o inverso por falta de frente de trabalho. Isto dificultava o registro da produção diária uma vez que estavam sendo registrados apenas os trechos concretados no dia. Outro problema detectado foi a falta de concreto para realização do serviço, ficando a equipe parada em alguns momentos por falta de material, em função da falta de planejamento no pedido. Portanto, pôde-se observar uma falha no gerenciamento do processo no momento em que não havia um fluxo de trabalho contínuo, gerando inclusive problemas no suprimento de materiais. Neste sentido, constatou-se a necessidade de um melhor planejamento do trabalho a ser realizado, dimensionando e reorganizando melhor a equipe de trabalho.

#### Obra G

Para o serviço de alvenaria, os dados relativos à produtividade foram coletados diariamente através da apropriação da quantidade de homens-hora trabalhadas e a quantidade de serviço executada. Pôde-se observar que houve oscilações destes índices (figura 5.19), variando de 2,27hh/m<sup>2</sup> a 0,67hh/m<sup>2</sup>.

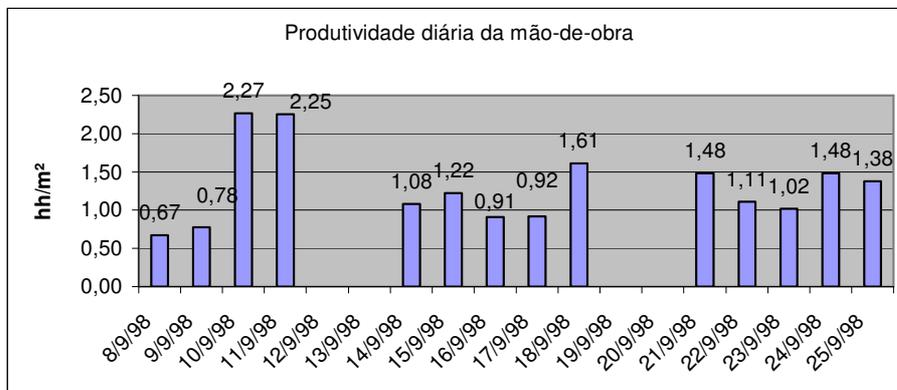


Figura 5.19 - Produtividade da Mão-de-obra

Na reunião junto à empresa foram levantadas possíveis causas da variabilidade observada, tais como: falta de servente na equipe, falta de material, serviço que estava sendo executado, entre outros. Porém, nenhuma destas hipóteses levantadas foram consideradas como causa principal desta variação. Logo, observou-se que havia um problema de coleta de dados pela empresa. A falha ocorria no momento em que apenas eram computadas como metragem quadrada realizada as paredes que haviam sido concluídas, não sendo registradas as paredes inacabadas, ficando as mesmas a serem computadas somente quando concluídas, fato este que distorcia os índices de produtividade.

Concluiu-se, portanto, que o controle do cartão de produção nesta obra deveria ter sido realizado por evento, e não por período, a forma como foi realizada, para não haver distorções dos dados. Segundo Isatto et al. (2000), o controle por evento ocorre através do registro do tempo utilizado para concluir determinada etapa da obra, previamente definida, enquanto o controle por período ocorre a partir da definição prévia de intervalos de tempo que serão controlados.

Para o processo de revestimento interno argamassado foi realizada uma análise da produção e dos índices de produtividade coletados pela empresa. Através da análise dos gráficos apresentados (figura 5.20 e 5.21), observa-se que nas últimas três semanas do período analisado houve um aumento da produção semanal deste serviço, sendo acompanhada por um aumento da produtividade das equipes, estando ambos os índices acima da meta estabelecida pela empresa. Esses níveis de produtividade alcançados podem estar representando o real potencial de trabalho destas equipes, o que pode ter ocorrido devido principalmente ao efeito aprendizagem.

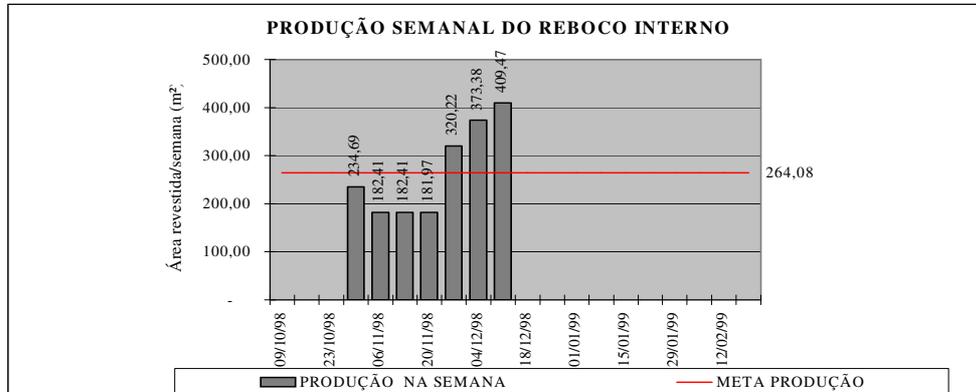


Figura 5.20 - Produção semanal de reboco interno

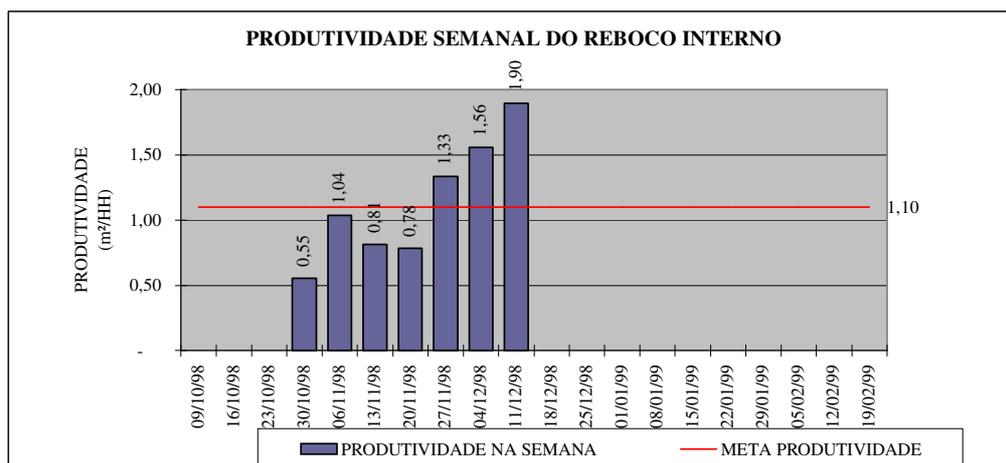


Figura 5.21 - Produtividade semanal

Obra H

Para a obtenção dos dados referentes à produção e produtividade, foi utilizado o cartão de produção, aplicado de acordo com o modelo abaixo (figura 5.22). Nesta planilha, não se registrava o número de funcionários envolvidos para o cálculo do índice de produtividade, mas, de acordo com observações e informações coletadas junto ao engenheiro e mestre da obra, um azulejista trabalhava em cada compartimento.

APARTAMENTO:		LOCAL:	
Início da atividade	Data:	Hora:	
Quantidade de caixas enviadas			
Tamanho das placas cerâmicas			
Quantidade de argamassa envolvida			
Término da atividade	Data:	Hora:	
Medição da área realizada			
Medição metro linear realizado			
Quantidade de peças devolvidas ao estoque			
Perda de material			

Figura 5.22 - Planilha de controle da produção

Os dados da figura 5.23 indicam que ocorreu uma grande variação da produção diária no período analisado, variando de 86,55m<sup>2</sup> a 13,38m<sup>2</sup>. De acordo com a figura 5.24, pode-se observar que o índice de produtividade média ficou abaixo do que havia sido considerado no orçamento (0,88m<sup>2</sup>/hh). Provavelmente uma das causas destes índices foi a realização de diferentes tipos de compartimentos neste período, ou seja, não houve um planejamento de execução dos compartimentos de forma a garantir a continuidade do trabalho, não permitindo o efeito aprendizagem. As peças foram executadas, na medida em que os proprietários decidiam a forma de execução e o material a ser utilizado, não havendo, portanto um fluxo contínuo de trabalho. Este problema pode ser observado na figura 5.25 - num mesmo dia de trabalho, diferentes tipos de compartimentos eram realizados.

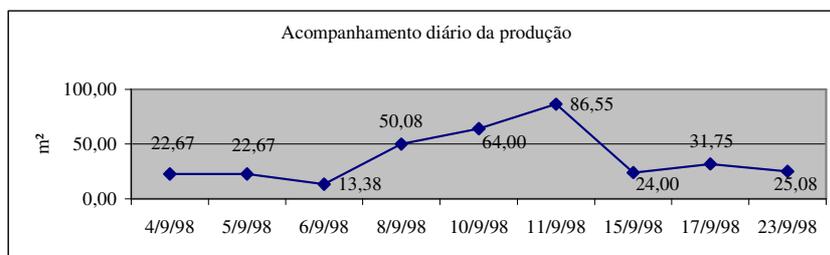


Figura 5.23 - Controle de produção

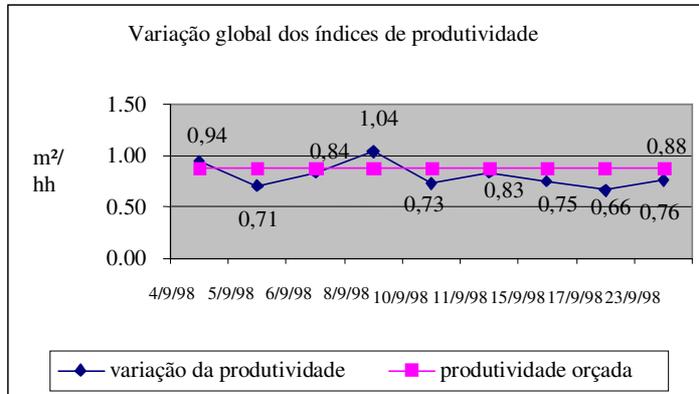


Figura 5.24 - Controle de produtividade

compartimento	Apartamento	Dias do mês de setembro de 1998											
		2	3	4	5	9	10	12	15	17	18	23	24
Banheiro casal	1101	X											
	1102												
	1201												
	1202												
	1301	X											
	1302							X					
	1401												
	1402										X		
Lavabo	1101												
	1102												
	1201												
	1202												
	1301				X								
	1302								X				
	1401												
	1402					X							
Cozinha + Lavanderia + WC	1101												
	1102												
	1201									X			
	1202								X				
	1301	X											
	1302		X										
	1401												
	1402			X									
Banheiro Social	1101												
	1102												
	1201										X		
	1202											X	
	1301					X							
	1302						X						
	1401												
	1402								X				

Figura 5.25 - Fluxo do trabalho

### 5.3.2.2.2 – Controle de consumo de materiais e indicadores parciais de perda

O controle de consumo de materiais no processo foi realizado para calcular os índices de perdas globais dos mesmos. Esta informação, em conjunto com outras ferramentas, permite uma visualização geral dos problemas encontrados nos processos. Foram também levantados alguns indicadores parciais de perda, os quais estão apresentados no quadro 5.17. A partir destes indicadores foi possível justificar parte dos índices de perdas de materiais obtidos.

Quadro 5.17 - Resultados obtidos com a aplicação de indicadores parciais de perda

Obra	Processo	Indicador parcial de perda	Forma de aplicação	Índices obtidos
F	Contrapiso	Espessura média de contrapiso	Foram coletados o índice de espessura de contrapiso, aplicado através de medições com trena desde a camada de brita até a mestra, enquanto o serviço não havia sido concluído, ou medindo a altura do próprio contrapiso, quando este já estava concluído. Foram realizadas 71 medições.	$e_{\min} = 10\text{cm}$ $e_{\max} = 15,60\text{cm}$ $e_{\text{méd}} = 12,015\text{cm}$ $e_{\text{proj}} = 12\text{cm}$
G	Revestimento argamassado interno	Espessura média de revestimento argamassado interno	Foram realizadas 92 medições de espessuras de revestimento em áreas molhadas (espessuras coletadas através da medição da espessura da talisca) e 317 medições para as demais áreas (espessuras coletadas nos pontos de tomadas e interruptores). Para as áreas molhadas, a espessura média coletada foi de 1,83 cm, na qual a espessura teórica orçada foi de 1,5cm, portanto têm-se uma perda de 22%. Para as demais áreas, a espessura média coletada foi de 1,74cm, cuja espessura orçada foi de 1,00cm, apresentando-se uma perda de 74%.	Áreas molhadas $e_{\text{proj}} = 1,5\text{cm}$ $e_{\text{méd}} = 1,83\text{cm}$  demais áreas $e_{\text{proj}} = 1,0\text{cm}$ $e_{\text{méd}} = 1,74\text{cm}$
H	Revestimento cerâmico	Percentual de peças cortadas na parede	Este indicador tem por objetivo mostrar a falta de modulação dos projetos em relação ao tipo de peças utilizadas para a execução deste serviço. Foram medidos um total de dez compartimentos, considerando todos os seus panos, o que representa 37% dos compartimentos realizados no período analisado.	46,66%

Na obra F, foi analisado o índice de perda de concreto usinado utilizado no processo de execução do contrapiso. Este índice foi obtido pela diferença entre o volume entregue na obra e o volume teoricamente necessário para a realização da produção, considerando a espessura de 12cm de contrapiso, conforme especificado em projeto. Observou-se uma variação de perdas diárias de -9,22% a 8,19% (figura 5.26). Calculando-se o indicador de perda global de concreto, através do controle do concreto comprado (542,00m<sup>3</sup>) e do teoricamente necessário (532,51m<sup>3</sup>), obteve-se uma perda de 1,78%. Este índice é considerado baixo quando comparado aos estudos realizados anteriormente (capítulo 3) e à perda estimada de concreto, considerada no orçamento, que foi de 5%.

Foi calculada a espessura média diária de contrapiso a partir do volume de concreto entregue na obra, sendo verificada uma variação entre 11,11 e 12,98cm. Porém, estes valores

obtidos corresponderam a médias diárias, não indicando corretamente os problemas decorrentes de variações dimensionais. Na figura 5.27, observa-se o indicador de espessura média de contrapiso, medida *in loco*, cuja amplitude foi bem maior - variou de 10 a 15,60cm. Nesta variação pôde-se identificar, de forma mais acentuada, tanto uma perda de material na realização de espessura maior que a especificada, quanto um problema futuro no desempenho do produto quando a espessura era substancialmente menor que a especificada. Portanto, se fosse considerado somente o primeiro índice de espessura média, podia-se concluir que o processo não apresentava problemas de espessura do contrapiso, o que mostra uma possível distorção decorrente do controle realizado apenas através das médias.

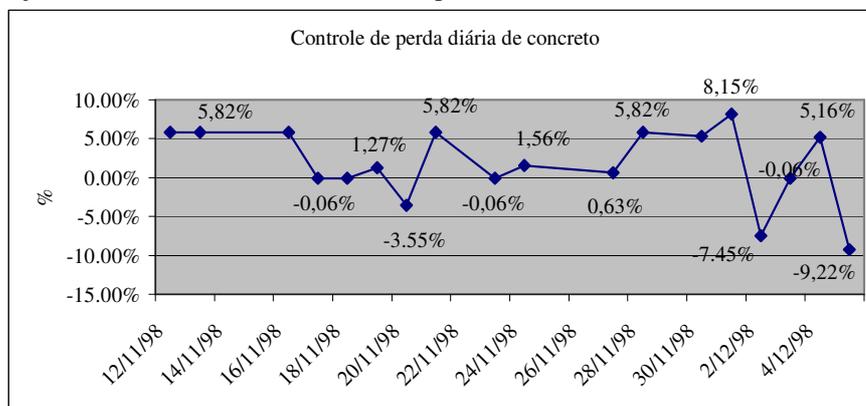


Figura 5.26 - Controle de perda diária de concreto

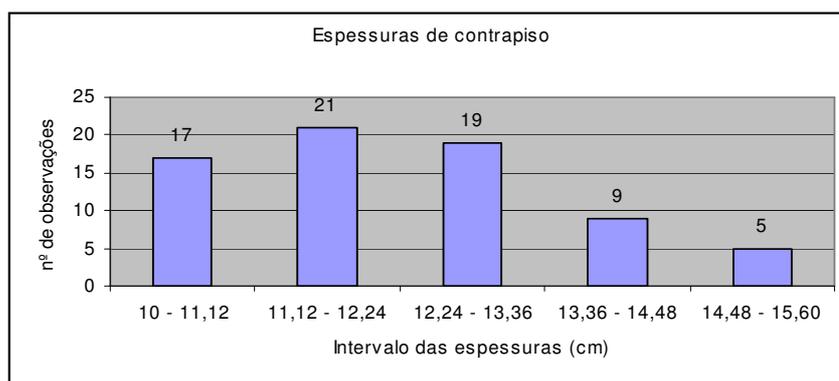


Figura 5.27 - Variação da espessura de contrapiso considerando o indicador parcial de perda: espessura de contrapiso

A partir da aplicação do indicador parcial de perdas, espessura média de contrapiso, constatou-se que apenas 0,13% do índice de perda de concreto (1,78%) pôde ser justificada.

Em reunião com a empresa, concluiu-se que o problema da espessura estava localizado no nivelamento da sub-base de brita, uma vez que o nivelamento da superfície de concreto apresentava um controle bastante rigoroso. A partir da discussão ocorrida na reunião de apresentação dos dados obtidos, a empresa relatou a dificuldade de reguar a brita. Uma das ações apontadas como solução foi a utilização de piquetes mais próximos, assim como o espalhamento de pó de brita para facilitar o nivelamento da base com régua.

Na obra G, constatou-se que a área de revestimento de argamassa executada no período de coleta foi de 2588,63 m<sup>2</sup>, e o volume de argamassa utilizado para a realização do serviço foi igual a 52,87 m<sup>3</sup>. Com base nestes dados, encontrou-se uma espessura média de 2,01 cm, espessura esta superior à orçada e também às espessuras médias obtidas com a aplicação do indicador parcial de perda (ver Quadro 5.17). Portanto, o indicador parcial de perda - espessura média de revestimento, medida no local - justifica apenas uma parcela da perda total. Os índices de perdas dos materiais envolvidos no processo de fabricação de argamassa nesta obra não foram coletados por se constatar uma falta de organização no controle de recebimento de material.

Na obra H foi monitorado o índice de perda de placas cerâmicas, sendo o índice global igual a 10,89%, valor este acima do valor orçado (5,0%). O indicador parcial de perda - percentual de peças cortadas na parede - foi aplicado, obtendo-se o índice de 46,66% de peças cortadas (quadro 5.17). Porém, apesar deste indicador apontar este fato como uma das causas de perdas de material, não permite que se calcule o percentual de perdas que é justificado a partir desta ferramenta, pois no momento em que ocorre o corte das peças, não se sabe o quanto da mesma é re-aproveitado. Porém, este indicador pode apontar a necessidade de modulação das paredes e das peças cerâmicas para se evitar cortes excessivos (figura 5.28). Esta melhoria foi apontada como necessária numa das reuniões junto à empresa.

Para o processo de execução de alvenaria, realizado nas obras F e G, não foram coletados os dados de perdas de materiais, pois foi verificado junto às empresas, no início deste estudo, que não havia condições mínimas de organização nos controles de estoque e controle do destino dos materiais utilizados, além da falta de pessoal disponível para realizar a coleta nas obras.



Figura 5.28 – dentes nas paredes gerando necessidade de corte das peças

#### 5.2.4 – Considerações gerais sobre os estudos de caso

No quadro 5.18, são apresentados os principais problemas identificados nas obras, bem como as ferramentas que permitiram a sua detecção.

De forma geral, observou-se que a partir das ferramentas aplicadas é possível realizar um controle sobre os processos, podendo-se identificar problemas que resultam em perdas no processo. Porém, observou-se que cada uma das ferramentas exige cuidados específicos na coleta e análise de dados. Assim como foi constatado no estudo exploratório, o controle de perdas de materiais exige que a empresa tenha um controle sistemático de recebimento, transferências e estoque de materiais na obra. Caso contrário, este tipo de controle torna-se ineficaz, mesmo em ciclos menores de coleta, como ocorreu no estudo de caso.

A partir da aplicação das listas de verificação, dos registros de imagens e das observações realizadas em obra, pôde-se realizar uma análise do canteiro de obra, do processo e da estocagem e recebimento do material. Os indicadores coletados (perdas, produção e produtividade) forneceram dados quantitativos que serviram como evidências adicionais para a análise dos processos. Porém, constatou-se a necessidade de uma re-estruturação das listas de verificação de processo e recebimento e armazenagem de materiais que facilitasse a análise dos dados coletados a partir das ferramentas aplicadas, enfocando o conceito de processo de produção como um fluxo.

Com a aplicação do DFP, foi possível explicitar aos representantes das empresas a elevada incidência de atividades de fluxo que ocorreram nos processos, alertando para a necessidade de um maior controle sobre estas. Em função destas constatações, verificou-se a necessidade de reformular as listas de verificação, de forma que estas complementem a análise dos fluxos nos processos.

Quadro 5.18 - Problemas identificados a partir das ferramentas aplicadas

Obra	Processo	Problemas	Ferramentas utilizadas na identificação dos problemas
F	alvenaria	Falta de planejamento do canteiro de obra e dos postos de trabalho	Lista de verificação do canteiro de obra; lista de verificação do processo; lista de verificação do recebimento e armazenagem dos materiais; DFP; registro de imagens
		Elevado número de atividades de fluxo desnecessárias no processo	DFP; registro de imagens; lista de verificação do processo
		Má utilização dos equipamentos	Registro de imagens; lista de verificação do processo
		Grande variabilidade da produção e da produtividade	Indicadores de produção e de produtividade
	contrapiso	Falta de inspeção no recebimento de material	Lista de verificação do recebimento e armazenagem dos materiais
		Falta de controle de espessura do contrapiso	Indicadores de desempenho; controle de perdas de materiais
Grande variabilidade da produção e da produtividade		Indicadores de produção e de produtividade	
G	Alvenaria e revestimento interno argamassado	Falta de planejamento do canteiro de obras	Lista de verificação do canteiro de obra; lista de verificação de processo
		Falta de padronização dos procedimentos de execução e controle do processo	Lista de verificação de processo
		Falta de planejamento do posto de trabalho	Lista de verificação de processo
		Elevado número de atividades de fluxo	DFP
		Estocagem inadequada de material	Lista de verificação do recebimento e armazenagem dos materiais
		Variação da espessura de reboco	Indicadores de desempenho
		Grande variabilidade da produção e da produtividade	Indicadores de produção e de produtividade
H	Revestimento cerâmico	Falta de detalhamento de projeto	Lista de verificação de processo
		Falta de controle adequado para distribuição das placas cerâmicas	Lista de verificação de processo
		Falta de padronização dos procedimentos de execução e controle do processo	Lista de verificação de processo
		Falta de planejamento do posto de trabalho	Lista de verificação de processo; DFP; registro de imagens
		Elevado número de atividades de fluxo	DFP
		Estocagem inadequada de material	Lista de verificação do recebimento e armazenagem dos materiais
		Elevado índice de perdas de material	Controle de perdas de materiais
		Elevado índice de peças cortadas na parede	Indicadores de desempenho
		Grande variabilidade da produção e da produtividade	Indicadores de produção e de produtividade

É necessário que se estabeleça no início da coleta de dados através das ferramentas de acompanhamento qual o tipo de ciclo de controle será realizado, podendo ser tanto por tempo, em função dos ciclos naturais dos processos (diário, semanal, mensal, etc.), quanto por evento, levando em conta as possibilidades de adaptação da empresa à rotina de controle do processo.

De modo geral, pôde-se constatar que as empresas participaram ativamente no controle dos processos, no momento em que aplicaram as ferramentas de acompanhamento contínuo, forneceram à equipe de pesquisa as informações necessárias durante a aplicação das ferramentas de diagnóstico, e analisaram, em reunião junto à equipe de pesquisa, os dados coletados nestes estudos nas reuniões. A partir dos problemas detectados, as empresas se propuseram a realizar as ações sugeridas e discutidas na reunião com o intuito de sanar as causas das perdas detectadas, a fim de reduzi-las ou eliminá-las.

### 5.3 – Estudos de refinamento e teste das ferramentas

Após a re-estruturação das listas de verificação, as mesmas foram testadas na avaliação de processos em três diferentes obras. Tais ferramentas foram utilizadas em conjunto com os DFPs, de forma a avaliar como ambas as ferramentas podem ser melhor integradas. Como resultado, obteve-se uma avaliação de processos, na qual algumas melhorias relacionadas à eliminação de perdas foram identificadas. Por limitações de tempo, não foram aplicadas outras ferramentas, nem realizada uma discussão com o pessoal de obra sobre os problemas detectados ou as possíveis ações corretivas.

Foram desenvolvidas dez listas de verificação, sendo seis destas referentes ao recebimento e estocagem de materiais e quatro a processos de produção propriamente ditos. No quadro 5.19 está apresentada a relação das planilhas, as quais foram aplicadas nas obras estudadas.

Quadro 5.19 - Relação das Listas de verificação aplicadas

Processo	Material/Subproduto	Obra I	Obra J	Obra K
Produção de argamassa	Areia	X		X
	Cal	X		
	Cimento	X	X	X
	Argamassa intermediária	X	X	
	Argamassa produzida em obra	X	X	X
Alvenaria	Bloco cerâmico / tijolo	X	X	X
Revestim. Interno argamassado		X	X	
Revestim. Externo argamassado			X	

### 5.3.1– Lista de verificação de processo

As listas de verificações de processos propostas diferenciam-se das utilizadas no estudo de caso em relação à seqüência de itens a serem averiguados, inclusão de novos itens e exclusão de outros. Procurou-se seguir as principais etapas dos processos de forma a facilitar a análise conjunta com as outras ferramentas propostas (DFP, registro de imagens, indicadores). Num primeiro momento, assim como na lista utilizada nos estudos de caso, a ferramenta proposta permite caracterizar o processo de maneira geral, observando os materiais utilizados, o tipo de serviço executado, a forma de contratação da mão-de-obra e os equipamentos utilizados para execução do serviço. Não foi averiguado nesta lista o processo de execução propriamente dito, pois para a realização deste item é necessário que se desenvolva uma planilha com itens específicos de acordo com os procedimentos de execução de cada obra ou empresa.

Os itens de verificação na ferramenta proposta (baseados na bibliografia já referenciada no item 4.3.1) foram distribuídos de forma a evidenciar uma seqüência lógica de etapas a serem seguidas durante a realização do processo, com o intuito de possibilitar que o responsável por sua aplicação e análise possa atentar para os itens que devem ser considerados ao se executar os serviços em estudo, quais sejam:

- a) existência de um projeto específico para a realização do serviço (figura 5.29);

C. Itens de verificação			
PROJETO	Sim	Não	Não se aplica
Existe projeto específico de alvenaria. Se a resposta for afirmativa assinalar os itens existentes: <input type="checkbox"/> Especificação de paredes cujas primeiras fiadas devem ser executadas com blocos preenchidos de argamassa para fixação de rodapés. <input type="checkbox"/> Especificação dos locais onde é necessário colocação de juntas verticais. <input type="checkbox"/> Paredes moduladas, possibilitando o maior uso possível de componentes inteiros. <input type="checkbox"/> Especificação das espessuras das juntas de assentamento. <input type="checkbox"/> Seqüenciamento das execução das alvenarias. <input type="checkbox"/> Especificação das interfaces com os subsistemas de instalações elétricas e hidráulicas. <input type="checkbox"/> Outros: _____			

Figura 5.29 - Exemplo do item de verificação - projeto - para o serviço de alvenaria

- b) inspeção do processo anterior realizado, de forma a evitar perdas no processo em estudo, quando for possível sua correção, ou identificar pontos que implicarão em problemas durante a execução do processo (figura 5.30);

<b>C. Itens de verificação</b>			
<b>INSPEÇÃO DO PROCESSO ANTERIOR</b>	Sim	Não	Não se aplica
É verificado se as lajes estão niveladas para evitar enchimento na primeira fiada ou modificação na espessura das juntas da alvenaria.			
É verificado se a estrutura está no prumo, no nível e não apresenta estufamento para evitar perdas no processo de alvenaria.			
São anotados o tipo e a localização dos problemas na estrutura que geram perdas na alvenaria (perdas no processo devido ao processo anterior)			

Figura 5.30 - Exemplo do item de verificação - inspeção do processo anterior - para o serviço de alvenaria

c) realização de planejamento de suprimentos, da mão-de-obra e da execução do processo (figura 5.31);

<b>C. Itens de verificação</b>			
<b>PLANEJAMENTO</b>	Sim	Não	Não se aplica
<b>MATERIAIS</b>			
A entrega de argamassa de assentamento no posto de trabalho é planejada, evitando que o pedreiro fique parado (gerando perda em mão-de-obra) ou que sobre material no posto (gerando perda de mão-de-obra e material).			
A entrega dos diferentes tipos de blocos na quantidade necessária à execução da alvenaria é planejada, evitando que o pedreiro fique parado (perda da mão-de-obra) ou que sobre material no posto (gerando perda por transporte).			
Os blocos com caixinhas para instalações elétricas, já estão prontos e o envio para o posto de trabalho onde serão utilizados é planejado.			
Os blocos não inteiros são entregues prontos e de forma planejada no posto de trabalho			
A entrega de vergas e contravergas no posto é planejada.			
<b>MÃO-DE-OBRA</b>			
É realizado o dimensionamento da equipe.			
É planejado onde as equipes de trabalho irão atuar durante o andamento do serviço (caminhamento da equipe).			
<b>EXECUÇÃO</b>			
Existe planejamento do seqüenciamento dos locais onde deve ser executada a alvenaria.			
Existe controle e retroalimentação do planejamento das etapas, atividades e operações da alvenaria.			
Existe procedimento para execução da alvenaria.			
Executa-se primeiramente, em cada pavimento, as alvenarias da periferia e em torno das caixas de elevador para evitar acidentes de trabalho.			
A marcação da alvenaria é realizada por profissionais treinados, munidos de projeto arquitetônico, e/ou projeto de alvenaria.			
A execução das alvenarias internas inicia-se pelas mais distantes até as mais próximas do local de descarregamento dos blocos nos pavimentos.			

Figura 5.31 - Exemplo do item de verificação - planejamento - para o serviço de alvenaria

d) organização do posto de trabalho, evitando perdas por duplo manuseio de materiais, por movimentação desnecessárias dos funcionários e por uso inadequado de equipamentos (figura 5.32);

<b>C. Itens de verificação</b>			
<b>ORGANIZAÇÃO DO POSTO DE TRABALHO</b>	Sim	Não	Não se aplica
São utilizados andaimes e cavaletes desmontáveis que facilitam a preparação do posto de trabalho, o qual são utilizados quando a execução de alvenaria atinge uma altura que dificulta a continuação do serviço.			
São utilizadas masseiras metálicas ou plásticas sobre suportes dotadas de rodas, que diminui o esforço dos operários.			
A argamassa fica junto ao aplicador evitando esforço excessivo.			
As ferramentas e equipamentos necessários à execução da alvenaria estão junto ao pedreiro.			
A área de trabalho é constantemente limpa para os restos de argamassa que caem no chão possam ser reaproveitadas, se recolhidas à tempo.			
Os blocos/tijolos são armazenados próximo ao aplicador evitando duplo manuseio.			
O posto de trabalho foi organizado a partir de um estudo prévio de layout.			

Figura 5.32 - Exemplo do item de verificação - organização do posto de trabalho - para o serviço de alvenaria

e) inspeção do processo realizado, de forma a garantir a qualidade do produto executado e evitando perdas em processos posteriores (figura 5.33).

<b>C. Itens de verificação</b>			
<b>INSPEÇÃO DA QUALIDADE NO SERVIÇO</b>	Sim	Não	Não se aplica
Existe controle da qualidade no serviço para garantir a qualidade da alvenaria e evitar perdas nos processos posteriores (por exemplo revestimento). No caso afirmativo assinalar quais dos itens são controlados: <input type="checkbox"/> Prumo <input type="checkbox"/> Nível <input type="checkbox"/> Espessura das juntas <input type="checkbox"/> Esquadro das paredes <input type="checkbox"/> Outros: _____			
As dimensões dos vãos deixados para posterior fixação de esquadrias são respeitadas.			
O excesso de argamassa que cai no chão é recolhido para evitar problemas durante a execução do contrapiso.			

Figura 5.33 - Exemplo do item de verificação - inspeção da qualidade no serviço - para o serviço de alvenaria

Nos quadros 5.20, 5.21, 5.22 e 5.23, é possível visualizar a pontuação referente aos itens analisados para cada obra a partir da aplicação das listas de verificação dos processos de produção de argamassa, alvenaria, revestimento argamassado interno e externo, sendo listados os principais problemas identificados.

Quadro 5.20 - Análise do processo de produção de argamassa

PRODUÇÃO DE ARGAMASSA			
Item	Obra	Nota	Problemas encontrados
Dosagem	I e K	33,33	- falta de um quadro especificando os traços para os diferentes tipos de argamassa; - falta de procedimento documentado para a produção da argamassa
	J	66,66	- falta de procedimento documentado para a produção da argamassa
Planejamento	I	0	- falta de planejamento de entrega dos materiais necessários para a produção de argamassa; - falta de um sistema de solicitação de produção de argamassa para execução dos serviços, evitando falta ou sobra de material; falta de dimensionamento de equipe
	J	33,33	- falta de planejamento de entrega dos materiais necessários para a produção de argamassa; - falta de um sistema de solicitação de produção de argamassa para execução dos serviços, evitando falta ou sobra de material;
	K	33,33	- falta de um sistema de solicitação de produção de argamassa para execução dos serviços, evitando falta ou sobra de material; - falta de dimensionamento de equipe
Organização do posto de trabalho	I	40	- falta de quadro de argamassa exposto em obra; - falta de um dispositivo que facilite o descarregamento dos materiais na betoneira, pois o material era transportado a pá.
	J	100	-
	K	20	- falta de quadro de argamassa exposto em obra; - falta de um dispositivo que facilitasse o descarregamento dos materiais na betoneira, pois o material é colocado a pá; - a dosagem dos materiais não era feita pelo próprio equipamento de transporte gerando duplo manuseio.

Quadro 5.21 - Análise do processo de alvenaria

ALVENARIA			
Item	Obra	Nota	Problemas encontrados
Projeto	I e K	0	- falta de um projeto específico de alvenaria
	J	100	-
Verificação do processo anterior	I	0	- as lajes deveriam estar niveladas para a realização da primeira fiada; - não eram registrados o tipo e a localização dos problemas encontrados na estruturam que gerassem perdas na alvenaria
	J	66,66	- não eram registrados o tipo e a localização dos problemas encontrados na estruturam que gerassem perdas na alvenaria
Planejamento	I	16,67	- a entrega de argamassa no posto de trabalho não era planejada; - a entrega dos blocos não era realizada na quantidade necessária à execução; - os blocos com caixinhas para instalação elétricas não eram realizados com antecedência; - quando na necessidade de blocos necessários, estes não eram comprados prontos, sendo necessário cortá-los em obra;
	K	23,08	- não era realizado dimensionamento da equipe; - não era planejado onde as equipes iriam atuar durante o andamento do serviço; - não existia controle e retroalimentação do planejamento das etapas; - não existia documento padronizado de alvenaria; - a execução das alvenarias não iniciavam pelas paredes mais distantes até as mais próximas do local de descarregamento dos blocos nos pavimentos
	J	80	- quando na necessidade de blocos necessários, estes não eram comprados prontos, sendo necessário cortá-los em obra; - a entrega de vergas e contravergas no posto não era planejada
Organização do posto de trabalho	I	28,57	- não eram utilizados andaimes que facilitassem sua montagem; - não eram utilizadas masseiras plásticas ou metálicas com suporte para diminuir o esforço dos funcionários; - as ferramentas e equipamentos necessários à execução da alvenaria não estavam próximo ao pedreiro; - a área de trabalho não era constantemente limpa; - não ocorreu um estudo prévio do <i>layout</i> do posto de trabalho
	J	66,67	- não eram utilizados andaimes que facilitassem sua montagem; - não eram utilizadas masseiras plásticas ou metálicas com suporte para diminuir o esforço dos funcionários;
	K	42,86	- não eram utilizados andaimes que facilitassem sua montagem; - não eram utilizadas masseiras plásticas ou metálicas com suporte para diminuir o esforço dos funcionários; - a área de trabalho não era constantemente limpa; - não ocorreu um estudo prévio do <i>layout</i> do posto de trabalho
Inspeção da qualidade no serviço	I	66,66	- não existia controle documentado da qualidade do serviço
	J	100	-
	K	33,33	- não existia controle documentado da qualidade do serviço; - o excesso de argamassa que caia no chão durante o assentamento, não era recolhido.

Quadro 5.22 - Dados obtidos na análise do processo de revestimento interno argamassado

REVESTIMENTO INTERNO ARGAMASSADO			
Item	Obra	Nota	Problemas encontrados
Projeto	I e J	0	- não existia projeto específico de revestimento interno argamassado
Verificação do processo anterior	I	0	- não eram verificados o prumo e a planicidade da alvenaria para evitar perda indireta no processo
	J	0	- não era verificado o prumo e a planicidade da alvenaria para evitar perda indireta no processo; - não eram anotados os tipos e onde estavam localizados os problemas na alvenaria que geram perda no revestimento para poder evitá-las posteriormente
Planejamento	I	0	- a entrega da argamassa no posto de trabalho não era planejada; - não existia um sistema de solicitação de argamassa; - não era realizado dimensionamento da equipe; - não era planejado onde as equipes de trabalho iriam atuar durante o andamento do serviço; - não existia um planejamento do seqüenciamento das tarefas; - não existia um controle e retroalimentação do planejamento das etapas; - não existia procedimento padronizado deste serviço.
	J	66,66	- a entrega da argamassa no posto de trabalho não era planejada; - não existia um sistema de solicitação de argamassa;
Organização no posto de trabalho	I	60	- não foram utilizados andaimes e cavaletes desmontáveis que facilitassem a preparação do posto de trabalho; - não eram utilizados masseiras metálicas o plásticas dotados de suporte para estocagem da argamassa no posto de trabalho
	J	40	- não eram utilizados andaimes e cavaletes desmontáveis que facilitassem a preparação do posto de trabalho; - não eram utilizados masseiras metálicas o plásticas dotados de suporte para estocagem da argamassa no posto de trabalho; - a argamassa não ficavam junto ao pedreiro, gerando perda no movimento
Inspeção da qualidade do serviço	I	25	- não existia controle da qualidade do serviço; - não eram protegidas as caixas de passagens para as instalações e demais aberturas que necessitem cuidados; - a colocação das taliscas não era verificada;
	J	0	- não existia controle da qualidade do serviço; - a inspeção da qualidade do serviço foi realizada com a verificação do prumo e do esquadro das paredes, mas não de maneira sistemática. - não era verificada na talisca a espessura do reboco, para que pudesse ser tomada alguma atitude para evitar a perda indireta de material, no caso de haver uma espessura maior que a especificada. Nem as caixas de passagem das instalações e demais aberturas eram protegidas para evitar o acúmulo de massa, evitando retrabalhos.

Quadro 5.23 - Dados obtidos na análise do processo de revestimento externo argamassado

REVESTIMENTO EXTERNO ARGAMASSADO			
Item	Obra	Nota	Problemas encontrados
Projeto	J	0	- não existia projeto específico de revestimento externo argamassado
Verificação do processo anterior		0	- não era verificado o prumo e o esquadro da alvenaria para evitar perda indireta no processo; - não eram anotados os tipos e onde estavam localizados os problemas na alvenaria que geram perda no revestimento para poder evitá-las posteriormente
Planejamento		66,66	- entrega da argamassa no posto de trabalho não era planejada; - não existia um sistema de solicitação de argamassa; - não havia nenhum tipo de planejamento na entrega da argamassa no posto de trabalho. Tomava-se por base apenas a produção de cada funcionário, ficando a cargo do pedido direto do pedreiro ao servente e deste para a central de produção, no momento que estava para acabar. Portanto, observou-se, em alguns momentos, de um lado pedreiros parados por falta de material, de outro, sobra de material após o horário de trabalho, em função do envio de argamassa além do necessário, assim como o revestimento.
Organização no posto de trabalho		66,66	- não eram utilizados masseiras metálicas ou plásticas dotados de suporte para estocagem da argamassa no posto de trabalho
Inspeção da qualidade do serviço		0	- a colocação das taliscas não era verificada; - a inspeção da qualidade do serviço foi realizada verificando o prumo e o esquadro das paredes, mas não de maneira sistemática; - verificou-se uma elevada espessura do reboco externo onde, nos momentos de vistoria, estavam sendo utilizados pedaços de tijolos na fachada para reduzir a espessura da argamassa.

### 5.3.2– Lista de verificação de materiais e o DFP

As listas de verificação de materiais propostas (anexo 02) apresentam algumas diferenças em relação às utilizadas no estudo de caso (anexo 03), pois estas últimas continham apenas questões referentes ao recebimento de material em obra e a estocagem de materiais. Já a ferramenta proposta é distribuída de forma a apresentar a seqüência de atividades de fluxo, seqüência esta observada na maioria dos DFPs aplicados nos estudos de caso. Portanto, esta ferramenta proporciona uma análise integrada ao DFP, no momento em que verifica as seguintes atividades:

- a) inspeção do material no recebimento;
- b) transporte do material no recebimento até o estoque definitivo;
- c) condições de estocagem do material;
- d) transporte do material até o posto de trabalho;
- e) estoque do material no posto de trabalho.

Através da análise conjunta do DFP (figura 5.34, 5.35, 5.36, 5.37 e 5.38) com os resultados obtidos com a aplicação das listas de verificação dos fluxos de materiais e

subprodutos, envolvidos no processo de alvenaria e revestimento interno argamassado nas obras I, J e K (quadros 5.24, 5.25, 5.26, 5.27 e 5.28), pôde-se realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos fluxos dos materiais e ou subprodutos analisados. Para aumentar a transparência no momento de análise conjunta destas ferramentas, foram destacadas as atividades de fluxo verificadas nos DFP e nas listas, sendo utilizado a seguinte convenção para identificação das etapas realizadas: (A) inspeção do material no recebimento; (B) transporte do material no recebimento até o estoque definitivo; (C) condições de estocagem do material; (D) transporte do material até o posto de trabalho; (E) estoque do material no posto de trabalho.

De modo geral, pôde-se verificar um elevado número de atividades de transporte, superior a 50% em todas as obras e processos analisados, e de atividades de espera, superior a 30%. Caso houvesse uma maior preocupação com a logística do canteiro, algumas destas atividades poderiam ser eliminadas.

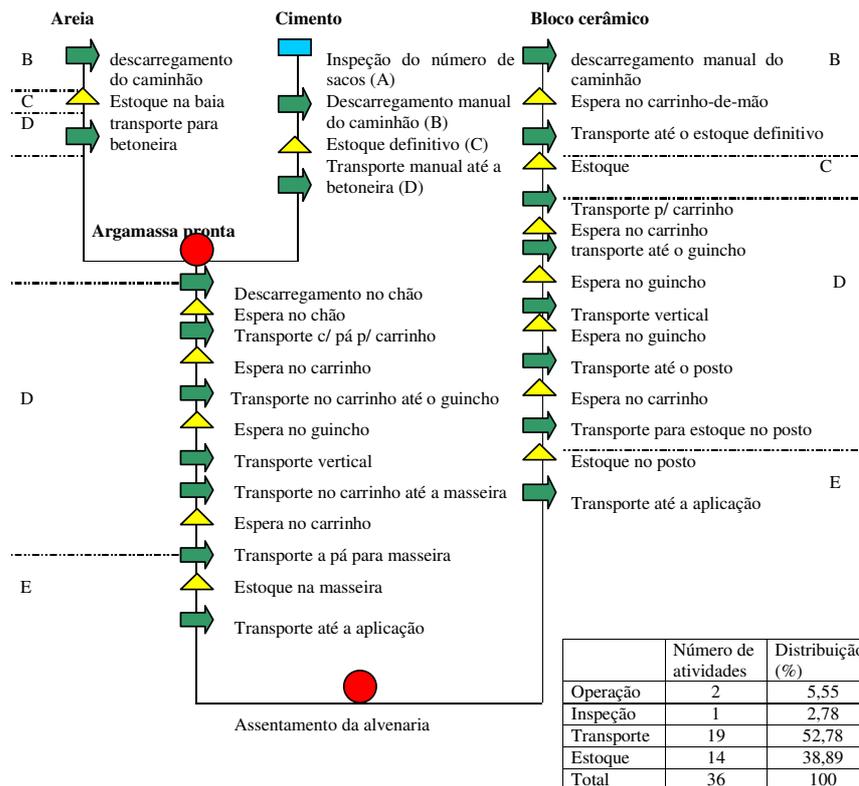


Figura 5.34 - Diagrama de fluxo do processo alvenaria para obra I

Nos quadros 5.24, 5.25, 5.26, 5.27 e 5.28 estão apresentados os resultados da aplicação das listas de verificação referente aos materiais e subprodutos analisados. Constam

nos mesmos os itens verificados, o material analisado, a nota obtida na lista de verificação, o número das atividades de fluxos ocorrida em cada etapa (visualizado no DFP) e os problemas detectados a partir de sua aplicação.

Quadro 5.24 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de alvenaria da obra I

Material e ou subproduto	Item	Nota	Nºde atividades de fluxo	Problemas encontrados
Areia	(A)	0	-	- não era verificado o aspecto geral da areia no recebimento; - não era realizado cubagens dos caminhões na entrega
	(B)	66,66	1 transporte	- as condições de pavimentação do trajeto até o estoque não estavam providos de melhorias
	(C)	50	1 estoque	- o estoque não estava protegido das intempéries;
	(D)	66,66	1 transporte	- a areia era transportada manualmente até a betoneira; - as condições do trajeto não estavam providas de melhoria;
Cimento	(A)	33,33	1 inspeção	- os sacos de cimento danificados não eram devolvidos; - não era verificado o peso do saco de cimento
	(B)	66,66	1 transporte	- não existia dispositivo para reduzir o esforço dos operários no descarregamento; - as condições de pavimentação do trajeto até o estoque não estavam providos de melhorias
	(C)	75	1 estoque	- as pilhas de cimento ultrapassavam a altura de 10 sacos; - as pilhas não estavam afastadas da parede para evitar umidade
	(D)	33,33	1 transporte	- o cimento era transportado manualmente até a betoneira; - não existia um trajeto definido; - as condições do trajeto não eram providas de melhoria; - as rampas existentes apresentavam inclinação maior que 10%
Argamassa pronta	(D)	-	4 estoque 6 transporte	-
	(E)	50	1 estoque 1 transporte	- as masseiras não estavam sobre suporte aumento o número de movimentos necessários dos funcionários; - as sobras de argamassa eram perdidas; - no posto de trabalho a argamassa era estocada em masseira de madeira (material que não conserva a umidade da argamassa).
Bloco cerâmico	(A)	0	-	- não era realizado inspeção do número de blocos entregues; - não eram verificados a planeza, o esquadro, a queima e as dimensões dos blocos
	(B)	42,86	2 transporte 1 estoque	- o material não era descarregado diretamente no local definitivo de estocagem; - os blocos não chegavam palletizados; - não existia dispositivo para redução dos esforços dos operários; - não existiam melhorias nas condições de trajeto
	(C)	0	1 estoque	- as pilhas dos blocos apresentavam altura superior a 1,5m; - as pilhas apresentavam mais de um tipo de bloco; - o material não era estocado em local plano; - o estoque ficava distante do guincho; - a base do estoque não apresentava proteção contra umidade
	(D)	25	4 estoque 5 transporte	- não existia trajeto definido para circulação; - não existia melhorias nos trajetos; - existiam rampas com inclinação maior que 10%
	(E)	50	1 estoque 1 transporte	- o número de blocos estocados no posto de trabalho não era planejado

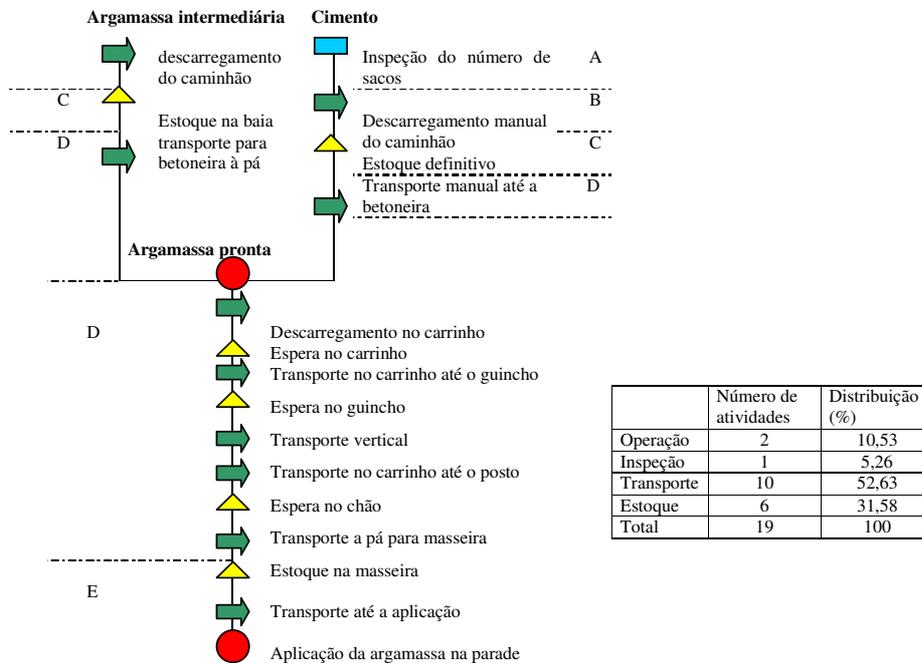


Figura 5.35 - Diagrama de fluxo do processo revestimento interno argamassado para obra I

Quadro 5.25 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de revestimento interno argamassado da obra I

Material e ou subproduto	Item	Nota	Nº de atividades de fluxo	Problemas encontrados
Argamassa intermediária	(C)	33,33	1 estoque	- a argamassa não estava protegida das intempéries; - não existiam baias com contenções laterais nem contrapiso de concreto que apresente caimento para não empoçamento de água.
	(D)	66,66	1 transporte	- a argamassa era transporta a pá até a betoneira;
Cimento	(A)	33,33	1 inspeção	- os sacos de cimento danificados não eram devolvidos; - não era verificado o peso do saco de cimento.
	(B)	66,66	1 transporte	- não existia dispositivo para reduzir o esforço dos operários no descarregamento; - as condições de pavimentação do trajeto até o estoque não estavam providos de melhorias.
	(C)	75	1 estoque	- as pilhas de cimento ultrapassavam a altura de 10 sacos; - as pilhas não estavam afastadas da parede para evitar umidade.
	(D)	33,33	1 transporte	- o cimento era transportado manualmente até a betoneira; - não existia um trajeto definido; - as condições do trajeto não eram providas de melhoria; - as rampas existentes apresentavam inclinação maior que 10%.
Argamassa pronta	(D)	-	3 estoques 5 transporte	-
	(E)	50	1 estoque 1 transporte	- as masseiras não estavam sobre suporte aumento o número de movimentos necessários dos funcionários; - as sobras de argamassa eram perdidas; - no posto de trabalho a argamassa era estocada em masseira de madeira (material que não conserva a umidade da argamassa).

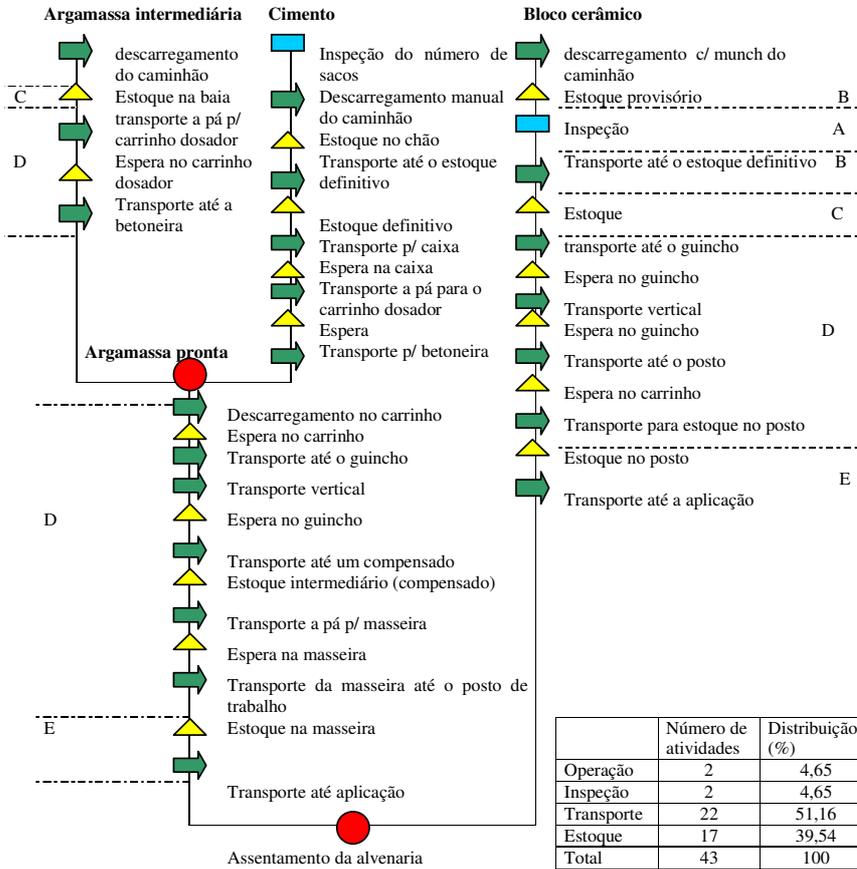


Figura 5.36 - Diagrama de fluxo do processo de alvenaria para obra J

Quadro 5.26 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de alvenaria da obra J

Material e ou subproduto	Item	Nota	Nºde atividades de fluxo	Problemas encontrados
Argamassa intermediária	(C)	42,86	1 estoque	- a argamassa não estava protegida das intempéries; - não existiam baias com contenções laterais nem contrapiso de concreto que apresente caimento para não empoçamento de água
	(D)	83,33	1 estoque 2 transportes	- a argamassa era transporta a pá até a betoneira;
Cimento	(A)	33,33	1 inspeção	- os sacos de cimentos danificados não eram devolvidos; - não era verificado o peso do saco de cimento
	(B)	0	1 estoque 2 transporte	- o material era descarregado do caminhão e estocado em um estoque intermediário; - não existia dispositivo para reduzir o esforço dos operários no descarregamento; - não existia um local definido para o descarregamento do material; - não existiam vias de circulação definidas; - existiam rampas no trajeto com inclinação maior que 10%; - as condições de pavimentação do trajeto até o estoque não estavam providos de melhorias
	(C)	55,55	1 estoque	- o cimento era estocado em caixa; - as pilhas não estavam afastadas da parede para evitar umidade
	(D)	60	2 estoque 3 transporte	- não existia um trajeto definido; - as rampas existentes apresentavam inclinação maior que 10%
Argamassa pronta	(D)	50	4 estoques 6 transportes	- a argamassa não era transportada no mesmo equipamento em que era estocado; - não existia um trajeto definido; - a betoneira não estava localizada junto ao guincho;
	(E)	60	1 estoque 1 transporte	- as sobras de argamassa eram perdidas; - a argamassa não encontrava-se perto do local de aplicação; - a argamassa era estocada inicialmente em compensado e transportada para masseiras metálicas que ficava estocada até seu uso, além de não existir suporte para as mesmas, ficando depositadas no chão
Bloco cerâmico	(A)	20	1 inspeção	- não era realizado inspeção do número de blocos entregues; - não eram verificados a planeza, o esquadro, a queima e as dimensões dos blocos
	(B)	85,71	2 transporte 1 estoque	- o material não era descarregado diretamente no local definitivo de estocagem
	(C)	66,66	1 estoque	o material não era estocado em local plano; os estoque ficava distante do guincho;
	(D)	75	3 estoques 4 transporte	- não existia trajeto definido para circulação
	(E)	50	1 estoque 1 transporte	- o número de blocos estocados no posto de trabalho não era planejado

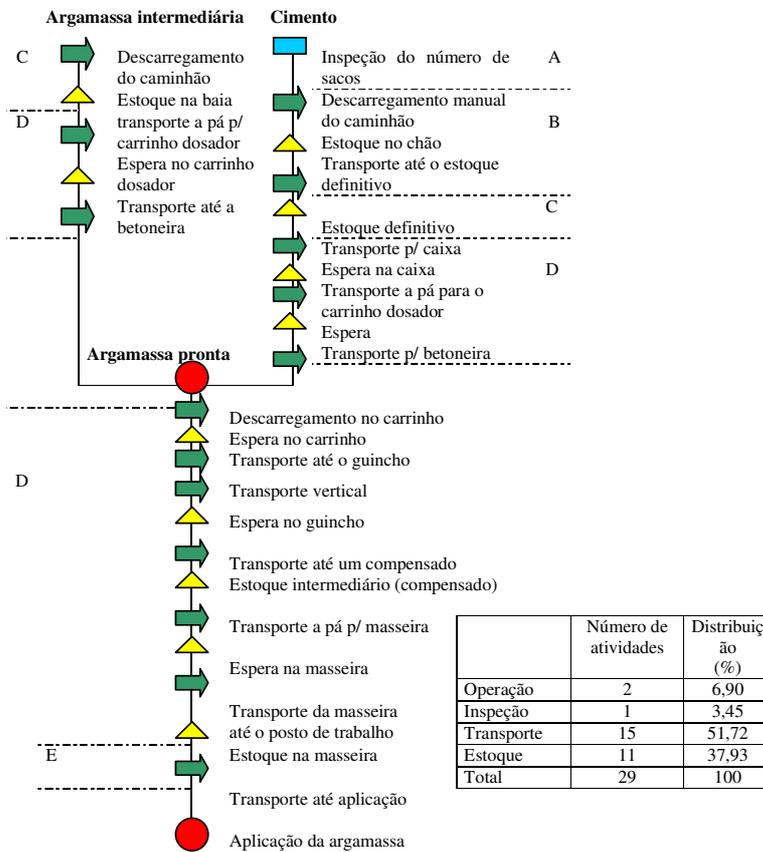


Figura 5.37 - Diagrama de fluxo do processo de revestimento interno argamassado para obra J

Quadro 5.27 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de revestimento interno argamassado da obra J

Material e ou subproduto	Item	Nota	Nºde atividades de fluxo	Problemas encontrados
Argamassa intermediária	(C)	42,86	1 estoque	- a argamassa não estava protegida das intempéries; - não existiam baias com contenções laterais nem contrapiso de concreto que apresente caimento para não empoçamento de água
	(D)	83,33	1 transporte 2 transportes	- a argamassa era transporta a pá até a betoneira;
Cimento	(A)	33,33	1 inspeção	- os sacos de cimento danificados não eram devolvidos; - não era verificado o peso do saco de cimento
	(B)	0	2 transportes 1 estoque	- o material era descarregado do caminhão e estocado em um estoque intermediário; - não existia dispositivo para reduzir o esforço dos operários no descarregamento; - não existia um local definido para o descarregamento do material; - não existiam vias de circulação definidas; - existiam rampas no trajeto com inclinação maior que 10%; - as condições de pavimentação do trajeto até o estoque não estavam providos de melhorias
	(C)	55,55	1 estoque	- o cimento era estocado em caixa; - as pilhas não estavam afastadas da parede para evitar umidade
	(D)	60	2 estoques 3 transportes	- não existia um trajeto definido; - as rampas existentes apresentavam inclinação maior que 10%
Argamassa pronta	(D)	50	6 transportes 4 estoques	- a argamassa não era transportada no mesmo equipamento em que era estocado; - não existia um trajeto definido; - a betoneira não estava localizada junto ao guincho;
	(E)	60	1 estoque 1 transporte	- as sobras de argamassa eram perdidas; - a argamassa não encontrava-se perto do local de aplicação; - a argamassa era estocada inicialmente em compensado e transportada para masseiras metálicas que ficava estocada até seu uso, além de não existir suporte para as mesmas, ficando depositadas no chão

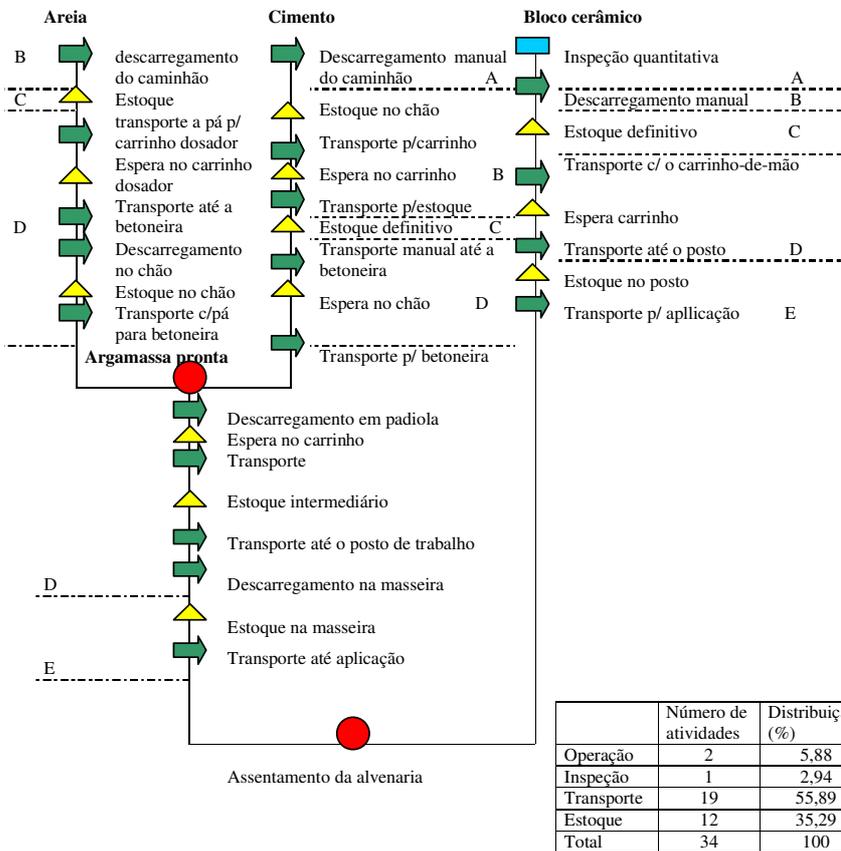


Figura 5.38 - Diagrama de fluxo do processo de alvenaria para obra K

Quadro 5.28 - Análise conjunta do DFP e lista de verificação de materiais para o processo de alvenaria da obra K

Material e ou subproduto	Item	Nota	Nº de atividades de fluxo	Problemas encontrados
Areia	(A)	0	-	- não era verificado o aspecto geral da areia no recebimento; - não era realizado cubagens dos caminhões na entrega.
	(B)	66,66	1 transporte	- as condições de pavimentação do trajeto até o estoque não estavam providos de melhorias.
	(C)	28,57	1 estoque	- o estoque não estava protegido das intempéries; - o estoque não apresentava contrapiso, podendo haver contaminação do material com o solo; - não existiam baias para o estoque com contenções laterais; - a base não apresentava caimento para evitar o empocamento de água no estoque.
	(D)	40	2 estoques 4 transportes	- a areia era transportada manualmente até a betoneira; - as condições do trajeto não estavam providas de melhoria.
Cimento	(A)	33,33	1 inspeção	- os sacos de cimento danificados não eram devolvidos; - não era verificado o peso do saco de cimento.
	(B)	25	2 estoques 2 transportes	- o material era descarregado do caminhão e estocado em um estoque intermediário; - não existiam vias de circulação definidas; - as condições de pavimentação do trajeto até o estoque não estavam providos de melhorias.
	(C)	62,50	1 estoque	- o cimento era estocado em caixa;
	(D)	0	1 estoque 2 transportes	- o cimento era transportado manualmente até a betoneira; - as condições do trajeto não eram providas de melhoria; - não existia um trajeto definido; - o traço não era realizado em saco.
Argamassa pronta	(D)	20	2 estoques 4 transportes	- a argamassa não era transportada no mesmo equipamento em que era estocado; - não existia um trajeto definido; - as condições de trajeto não eram providas de melhoria; - existia rampa com inclinação maior que 10%.
	(E)	40	1 estoque 1 transporte	- as sobras de argamassa eram perdas.
Bloco cerâmico	(A)	0	1 inspeção	- não era realizado inspeção do número de blocos entregues; - não eram verificados a planeza, o esquadro, a queima e as dimensões dos blocos.
	(B)	37,5	1 transporte	- os blocos não chegavam palletizados; - não existia dispositivo para redução dos esforços dos operários; - não existiam melhorias nas condições de trajeto; - não era utilizado nenhum equipamento que reduzisse o esforço dos operários para o transporte; - não existiam vias de circulação definidas.
	(C)	0	1 estoque	- as pilhas dos blocos apresentava altura superior a 1,5m; - o material não era estocado em local plano; - os estoque ficava distante do guincho; - a base do estoque não apresentava proteção contra umidade.
	(D)	50	1 estoque 2 transporte	- não existia trajeto definido para circulação; - existiam rampas com inclinação maior que 10%.
	(E)	50	1 estoque 1 transporte	- o número de blocos estocados no posto de trabalho não era planejado.

### **5.3.3– Considerações finais da terceira etapa do trabalho**

Através deste refinamento das listas de verificações, foi possível tornar a apresentação dos resultados mais transparente, facilitando assim a análise dos dados coletados, pois as ferramentas utilizadas (DFP e listas de verificação) permitem identificar e explicitar os pontos que ocasionam perdas no processo. Estas ferramentas puderam, de maneira integrada, analisar quantitativamente e qualitativamente o processo (lista de verificação de processo) e os fluxos dos materiais existentes (lista de verificação dos materiais), indicando algumas potenciais melhorias nos processos. A partir do DFP é possível visualizar e quantificar o número de atividades de fluxo e conversão, e através das listas de verificações analisar qualitativamente as etapas dos processos percorridas pelos materiais, podendo estas duas ferramentas serem interligadas.

## 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

### 6.1 - Conclusões

O método de pesquisa adotado neste trabalho, foi dividido em quatro etapas: revisão bibliográfica; participação no projeto "Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras", realizado em dez canteiros de obra na cidade de Porto Alegre, que cumpriu o papel de estudo exploratório na presente dissertação; realização de estudos de caso em três canteiros de obra, durante o desenvolvimento do projeto "Alternativas para a redução de perdas na construção civil: *benchmarking* de processos" (Projeto Perdas); e refinamento de ferramentas para a avaliação dos processo.

Na revisão bibliográfica, apresentou-se uma análise sobre a evolução da gestão da produção, desde a Administração Científica do Trabalho, desenvolvida por Taylor, até a Produção Enxuta, proposta por Womack, passando por Ford e pelo Sistema Toyota de Produção. Nesta discussão, foram enfatizadas as questões relacionadas à detecção e prevenção das perdas. Além disso, a revisão bibliográfica destacou as peculiaridades da construção civil, sendo abordados os conceitos de perdas adotados no setor, o papel dos indicadores e das medidas de perdas, e os principais estudos realizados em torno desse tema.

Com base nos conceitos e princípios utilizados na Nova Filosofia de Produção e na experiência obtida no estudo exploratório, nos estudos de caso e no refinamento das ferramentas, pôde-se propor diretrizes e ferramentas para o controle de perdas, as quais são discutidas a seguir.

Em relação ao estudo exploratório, pôde-se constatar que o método proposto para monitoramento de perdas apresentou um ciclo de coleta e análise de dados muito longo, configurando-se como um método reativo. Apontou-se, portanto, a necessidade de fechamento de dados parciais e tempos de ciclo mais curtos. A partir da elevada parcela de dados perdidos, conclui-se que o método proposto é aplicável somente em canteiros de obras que ofereçam condições mínimas de organização:

- (a) é necessário que o andamento da obra não se afaste muito do cronograma pré-estabelecido, para que se possa implementar o controle de processos planejado;
- (b) é necessário que a execução seja realizada conforme projetos definidos, devendo ser registrado qualquer tipo de alteração que venha a ocorrer. Desta forma, pode-se fazer um

Excluído: ¶

levantamento quantitativo dos materiais necessários corretamente, evitando distorções dos dados;

- (c) verificou-se a necessidade de um maior treinamento e envolvimento das empresas para que os controles possam ser implementados de forma correta;
- (d) para realização de controles de perdas de materiais no processo é necessário que as empresas tenham um controle sistemático de entradas e transferência de materiais na obra e um estoque organizado para que se possa realizar corretamente os levantamentos quantitativos de materiais utilizados.

Com base nestas constatações e na necessidade de se realizar um controle de perdas num sentido mais amplo, os estudos de caso, desenvolvidos junto ao Projeto Perdas, proporcionaram uma oportunidade para propor novas diretrizes para o controle de perdas e a investigação de outras ferramentas de coleta de dados. Entre as conclusões dos estudos de caso destacam-se as seguintes diretrizes para o controle das perdas no processo de produção:

- (a) a transparência proporcionada pelas ferramentas contribui para conscientizar os profissionais sobre o conceito mais amplo de perdas;
- (b) com a aplicação dos DFP, listas de verificação dos materiais e registros das imagens, pôde-se analisar conjuntamente as etapas dos processos pelas quais os materiais percorriam. As listas de verificação e os registros de imagens mostravam-se relevantes como apoio para análise do DFP. A partir desta análise conjunta foi possível identificar perdas no processo, na medida em que estas ferramentas apontam problemas como: elevado número de atividades de fluxos desnecessários nos processos, estocagem inadequada dos materiais, falta de inspeção no recebimento dos materiais em obra, entre outros.
- (c) a partir da aplicação das ferramentas de acompanhamento contínuo, é possível quantificar índices de perdas de materiais e índices de produção e produtividade da mão-de-obra, que permitem avaliar quantitativamente o desempenho dos processos. Os indicadores parciais de perda (ferramenta de diagnóstico) exercem um papel importante, pois justificam uma parcela dos índices de perdas obtidos, apontando possíveis ações corretivas. Em relação à aplicação das ferramentas de acompanhamento, é necessário estabelecer o tipo de controle que será realizado, ou seja, se será por tempo ou por evento, o que deve ser definido, segundo Isatto et al. (2000), em função das características do processo e das possibilidades de controle por parte da empresa. depende, sobretudo, da homogeneidade do processo, pois o fato de existir repetitividade em relação às atividades consideradas é um requisito importante para que se possa implantar um controle por período;

(d) o controle do processo deve ocorrer em tempos de ciclo menores em relação aos adotados nos estudos de casos, e integrado aos ciclos de controle do planejamento e controle da produção (PCP);

(e) o controle de perdas pode ser aplicado pelas empresas devido à facilidade de aplicação e compreensão dos dados obtidos, além do baixo custo para realização do monitoramento do processo.

A partir da análise das ferramentas utilizadas no estudo exploratório, foi proposto um conjunto de ferramentas que possibilitavam de forma conjunta a análise do processo, apontando as perdas no mesmo. Parte destas ferramentas são eficazes para o diagnóstico inicial do processo, as quais normalmente são aplicadas uma única vez. São elas: listas de verificação, diagrama de fluxo do processo, registro de imagens, indicadores parciais de perda). O outro grupo de ferramentas podem ser utilizadas para o acompanhamento contínuo do processo, analisando tanto o consumo de materiais como de mão-de-obra.

Através da utilização das listas de verificação de canteiro de obra, e dos processos, foi possível identificar as principais perdas nos processos estudados e as suas principais causas, tais como: falta de detalhamento nos projetos, falta de planejamento dos canteiros de obra e dos postos de trabalho, e falta de padronização de processos.

Em relação as ferramentas propostas pôde-se obter algumas conclusões específicas para que a aplicação e análise das mesmas ocorram de forma mais eficiente:

(a) é necessário que as empresas entendam claramente o objetivo das ferramentas aplicadas, bem como o uso integrado das mesmas;

(b) é necessário um treinamento prévio das pessoas envolvidas no processo de coleta para que não haja distorções nos dados obtidos;

(c) os dados obtidos devem ser analisados conjuntamente e apresentados de forma transparente através de fotos, gráficos, quadros e diagramas de fluxos de processo, de forma a facilitar o entendimento dos mesmos.

Porém, verificou-se a necessidade de se desenvolver ferramentas que avaliem os custos das perdas identificadas, vinculando o controle de perdas nos processos a um controle de custos, de forma a traduzir os dados a uma linguagem de mais fácil envolvimento por parte das empresas, estimulando o comprometimento da alta gerência.

## **6.2 - Sugestões para estudos futuros**

Neste item, serão apresentadas sugestões para o desenvolvimento de trabalhos futuros na área de controle de perdas do processo:

- (a) desenvolvimento de um método sistemático de monitoramento e controle de perdas no processo que apresente um curto tempo de ciclo para coleta e avaliação dos dados integrados ao planejamento e controle da produção (PCP);
- (b) desenvolver formas de realizar o controle de perdas através de dispositivos visuais, expostos nos canteiros de obras, mostrando metas a serem atingidas, com o objetivo de proporcionar transparência ao processo e maior envolvimento das equipes de trabalho;
- (c) realizar um estudo que avalie os custos das diferentes perdas no processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V. et al. **Alternativas para redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras**. São Paulo: PCC, Universidade de São Paulo, 1998. Relatório parcial.

ALARCÓN, L. F. **The importance of research to develop Lean Construction**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais...** 1997, São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo / Logical Systems Outubro, 1997a.

\_\_\_\_\_. **Modeling Waste and performace in construction**.1993.

ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **A lógica das perdas nos sistemas de produção: uma análise crítica**. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPAD, 19, 1995, João Pessoa. **Anais...** 1995, p. 357 - 371.

\_\_\_\_\_. **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; HOWELL, Gregory A. **What kind of production is construction**. Proceedings sixth Annual Conference of the International group for Lean Construction, IGLC - 6, Guarujá, Brasil, Agosto p. 13-15, 1998. Internet: <http://www.leanconstruction.org/reader.htm>.

BALLARD, G.,HOWELL, G. **Implementing lean construction: stabilizing work flow**. In: ALARCON, L (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: A.A. Balkema, 1997a, P.101-110.

BALM, G. J. **Benchmarking: um guia para o profissional tornar-se e continuar sendo o melhor dos melhores**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 1995.

BARNES, R. M. **Estudos de movimentos e de tempo: projeto e medida do trabalho**. 6. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

CARDOSO, F. F. **Novos enfoques sobre a gestão de produção: como melhorar o desempenho das empresas de construção civil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, São Paulo. **Anais...** 1993, V.2, p.557-559.

CONTADOR, J. C. **Lean Production na construção civil**. In: 2º SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION. 1997, **Anais...** 1997.

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.

FARAH, M. F.S. **Alterações na organização do trabalho na construção habitacional: a tendência de racionalização.** In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPOCS, 12, 1998, Águas de São Pedro, **Anais...** 1998.

FORD, H. **Hoje e amanhã.** trad. de Monteiro Lobato. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1927.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M.; SOIBELMAN, L. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor.** Porto Alegre, UFRGS, 1996.

FORMOSO, C. T.; COSTA, A. L.; ROSA, F.P. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras - Relatório Preliminar.** NORIE / UFRGS, jul. 1998.

FORMOSO, C. T.; JOBIM, M.; COSTA, A. L.; ROSA, F. P. **Perdas de materiais na construção de edificações: estudo em canteiros de obras no Estado do Rio Grande do Sul.** Congresso Latino Americano - Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios: soluções para o terceiro milênio. PCC-USP, nov. 1998, p. 299 - 307.

FORMOSO, C.T; SOILBELMAN, L; CESARE, C. DE; ISATTO, L.E. **Material Waste in the building industry: main causes and prevention.**2000.

GALSWORTH, G. D. **Visual systems: harnessing the power of visual workplace.** New York: AMACOM, 1997. 320p.

HONG KONG POLYTECHNIC. **Reduction of construction Waste.** Hong Kong, 1993. Relatório final.

HOWELL, G. A. **Lean construction principles.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. **Anais...** 1997, São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo/ Logical Systems Outubro, 1997.

\_\_\_\_\_. **What is lean construction.** Proceedings Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction. IGLC - 7, Berkeley, CA, July 26 - 28, p. 1 - 10, 1999. Internet: <http://www.leanconstruction.org/reader.htm>.

HOWELL, G. A; BALLARD, G. **Lean production theory: moving beyond 'can do'.** Proceedings Conference on Lean Construction, Santiago, Chile, September, p. 17 - 23, 1994. Internet: <http://www.leanconstruction.org/reader.htm>.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C.T. **A Nova Filosofia de Produção e a redução de perdas na construção civil.** In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais...** 1998. 2v. v.2, p. 241 - 249.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T; CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle na construção civil.** Porto Alegre: SEBRAE / RS, 2000.

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**. Austin, Texas: The Construction Industry Institute (CI), 1992. (Technical Report, 72).

\_\_\_\_\_. **Lean Production in construction**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, Santiago, Chile, 1994, **Anais...** 1994, p. 1 - 9.

\_\_\_\_\_. **Lean Construction**. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais...** 1998, p. 3 - 10.

LATELME, 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.

OHNO, T. **Toyota Production System: beyond large scale production**. 1978. Internet: <http://150.135.13.100.am3beyond.html>.

PALIARI, J. C; SOUZA, U. E. L de; AGOPYAN, V. **Metodologia de coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras**. Congresso Latino Americano - Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios: soluções para o terceiro milênio. PCC-USP, nov. 1998, p. 331 - 338.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção**. Tese de doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo: 1993, 461p.

PINTO, T. **Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais**. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil, 1989 (a). 33p.

\_\_\_\_\_. **Perdas de materiais em processos construtivos convencionais**. Centro de tecnologia de edificações - CTE/ Universidade Federal de São Carlos, out.1989 (b) 20p.

\_\_\_\_\_. **De volta à questão do desperdício**. Revista Construção. São Paulo, nº.2491, nov. 6/1995 (b), p.18-19.

\_\_\_\_\_. **Qualidade com pequenas soluções**. Revista Construção . São Paulo, nº. 2453, fev13/1995 (a).

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. Ed. São Paulo: Pini, 1984.

ROSA, F. P.; PEIXOTO, F. M.; SILVA, M. K.; FORMOSO, C. T. **Proposta de uma classificação de perdas para construção civil**. Congresso Latino Americano - Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios: soluções para o terceiro milênio. PCC-USP, nov. 1998, p. 347 - 354.

SANTOS, A.; FORMOSO, C.T; ISATTO, E.; LANTELME, E. **Método de intervenção para a redução de perdas na construção civil: manual de utilização**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1996. 103 p.

SAURIN, T. A. **Método para diagnóstico e diretrizes para planejamento de canteiros de obra de edificações.** Porto Alegre, 1997. 171. Dissertação de Mestrado em Engenharia - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SHINGO, S. **A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint.** 1989. Internet: <http://150.135.13.100.am3.product.html>.

\_\_\_\_\_. (A) **Sistema de produção com estoque zero:** o sistema Shingo para melhorias contínuas. Trad. por: Lia Weber Mendes. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 380p.

\_\_\_\_\_. (B) **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção.** Trad. por: Eduardo Schaan. 2. Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 291p.

SILVA, M. A. C. **Identificação e análise dos fatores que afetam a produtividade sob a ótica dos custos de produção das empresas de edificações.** Porto Alegre, 1986. Dissertação de Mestrado em Engenharia - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SKOYLES, E. R. **Wastage of materials on building sites.** Building, vol. 226, nº 6820, Fev. 1974, p. 95-96, 99 - 100.

\_\_\_\_\_. **Materials wastage: a minuse of resouces.** Building Research and Practice, jul./ago. 1976, p. 232 - 243.

\_\_\_\_\_. **Waste of building materials.** Building Research Establishment Digest, vol. 247, mar. 1981.

SOILBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações:** sua incidência e seu controle. Porto Alegre, 1993. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, R; MERBEKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras.** São Paulo: Pini, 1996.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C.; AGOPYAN, V. **Os valores das perdas de materiais nos canteiros de obras do Brasil.** Congresso Latino Americano - Tecnologia e Gestão na produção de Edifícios: soluções para o terceiro milênio. PCC-USP, nov. 1998, p. 355 - 361.

TABELA DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTO - TCPO 10. São Paulo: Pini, 1996.

TAYLOR, F. W. **Princípios da administração científica.** Trad. por: Arlindo Vieira Ramos. 8. Ed. São Paulo: Atlas, 1990.

UMBLE, M. M. **Analysing manufacturing problems using V-A-T analysis.** Production and Inventory Management Journal, Second Quarter, 1992. P. 55 - 60.

WOMACK, J. P. et al. **A máquina que mudou o mundo.** Trad. por: Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

\_\_\_\_\_. **A mentalidade enxuta nas empresas:** elimine o desperdício e crie riqueza. Trad. por: Ana Beatriz Rodrigues. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar.** São Paulo: Pini - Sinduscon / SP, 1998.

## ANEXO 1 – Lista de verificação de serviço: ALVENARIA

DADOS RELATIVOS AO SERVIÇO: ALVENARIA			
A. Identificação			
Observador:	Obra:	Data: / /	
B. Características gerais do serviço			
Materiais utilizados	<input type="checkbox"/> Areia	<input type="checkbox"/> Argamassa produzida em obra	
	<input type="checkbox"/> Cimento	<input type="checkbox"/> Bloco cerâmico	
	<input type="checkbox"/> Cal	<input type="checkbox"/> Tijolo	
	<input type="checkbox"/> Argamassa intermediária	<input type="checkbox"/> Bloco de concreto	
	<input type="checkbox"/> Argamassa industrializada	<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Tipo de alvenaria	<input type="checkbox"/> Vedação	<input type="checkbox"/> Outros: _____	
	<input type="checkbox"/> Estrutural		
Tipo de mão-de-obra contratada	<input type="checkbox"/> própria <input type="checkbox"/> subempreitada		
Forma de contratação dos serviços	<input type="checkbox"/> por hora <input type="checkbox"/> por tarefa		
Equipamentos e ferramentas para preparação da base	<input type="checkbox"/> Broxa	<input type="checkbox"/> Escova de aço	
	<input type="checkbox"/> Vassoura de piaçava	<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Equipamentos e ferramentas para aplicação da argamassa de assentamento	<input type="checkbox"/> Bisnaga		
	<input type="checkbox"/> Colher de pedreiro		
	<input type="checkbox"/> Meia cana		
	<input type="checkbox"/> Outros: _____		
Equipamentos e ferramentas para controle geométrico	<input type="checkbox"/> Trena metálica	<input type="checkbox"/> Metro articulado	
	<input type="checkbox"/> Fio de prumo	<input type="checkbox"/> Nível de mangueira	
	<input type="checkbox"/> Prumo de face	<input type="checkbox"/> Nível alemão	
	<input type="checkbox"/> Régua de alumínio com nível de bolha acoplado	<input type="checkbox"/> Nível a laser	
	<input type="checkbox"/> Linha de náilon	<input type="checkbox"/> Esquadro de alumínio	
	<input type="checkbox"/> Escantilhão	<input type="checkbox"/> Pontaleta graduado	
	<input type="checkbox"/> Outros: _____		
Equipamento de segurança	<input type="checkbox"/> Capacete	<input type="checkbox"/> Bota de couro	
	<input type="checkbox"/> Luva de borracha	<input type="checkbox"/> outros: _____	
C. Itens de verificação			
PROJETO	S	N	NSA
Existe projeto específico de alvenaria. Se a resposta for afirmativa, assinalar os itens existentes:			
<input type="checkbox"/> Especificação de paredes cujas primeiras fiadas devem ser executadas com			

<p>blocos preenchidos de argamassa para fixação de rodapés</p> <p><input type="checkbox"/> Especificação dos locais onde é necessário colocação de juntas verticais</p> <p><input type="checkbox"/> Paredes moduladas, possibilitando o maior uso possível de componentes inteiros</p> <p><input type="checkbox"/> Especificação das espessuras das juntas de assentamento</p> <p><input type="checkbox"/> Seqüenciamento da execução das alvenarias</p> <p><input type="checkbox"/> Especificações das interfaces com os subsistemas de instalações elétricas e hidráulicas</p> <p><input type="checkbox"/> Outros: _____</p>			
<b>VERIFICAÇÃO DO PROCESSO ANTERIOR</b>	S	N	N.S.A.
É verificado se as lajes estão niveladas, para evitar enchimento na primeira fiada ou modificação na espessura das juntas da alvenaria			
É verificado se a estrutura está no prumo, no nível e não apresenta estufamento para evitar perdas no processo de alvenaria			
São anotados o tipo e a localização dos problemas na estrutura que geram perdas na alvenaria (perdas no processo devido ao processo anterior)			
<b>PLANEJAMENTO</b>	S	N	N.S.A.
<b>MATERIAIS</b>			
A entrega de argamassa de assentamento no posto de trabalho é planejada, evitando que o pedreiro fique parado (gerando perda em mão-de-obra) ou que sobre material no posto (gerando perda de mão-de-obra e material)			
A entrega dos diferentes tipos de blocos na quantidade necessária à execução da alvenaria é planejada, evitando que o pedreiro fique parado (perda da mão-de-obra) ou que sobre material no posto (gerando perda por transporte)			
Os blocos com caixinhas para instalações elétricas, já estão prontos e o envio para o posto de trabalho, onde serão utilizados, é planejado			
Os blocos não inteiros são entregues prontos e de forma planejada no posto de trabalho			
A entrega de vergas e contravergas no posto é planejada			
<b>MÃO-DE-OBRA</b>			
É realizado o dimensionamento da equipe			
É planejado onde as equipes de trabalho irão atuar durante o andamento do serviço (caminhamento da equipe)			
<b>EXECUÇÃO</b>			
Existe planejamento do seqüenciamento dos locais onde deve ser executada a alvenaria			
Existe controle e retroalimentação do planejamento das etapas, atividades e operações da alvenaria			
Existe procedimento para execução da alvenaria			
Executa-se, em cada pavimento, primeiramente as alvenarias de periferia e em torno das caixas de elevador para evitar acidentes de trabalho			
A marcação da alvenaria é realizada por profissionais treinados, munidos de projeto arquitetônico, e/ou projeto de alvenaria			



## ANEXO 2 – Lista de verificação de fluxo de material: BLOCO CERÂMICO

<b>DADOS RELATIVOS AO FLUXO DE MATERIAL: BLOCOS E TIJOLOS</b>			
<b>A. Identificação da obra</b>			
Observador:	Data:	Obra:	
<b>B. Serviço em estudo no qual o material está sendo utilizado:</b>			
<input type="checkbox"/> alvenaria <input type="checkbox"/> outros: _____			
<b>C. Itens de verificação</b>			
Item	Sim	Não	Não se aplica
<b>Inspeção do material no recebimento</b>			
1. É realizada inspeção de qualidade nos blocos/tijolos e rejeitado os lotes que apresentam problemas			
<input type="checkbox"/> trincas <input type="checkbox"/> quebras <input type="checkbox"/> superfícies irregulares <input type="checkbox"/> não uniformidade de cor <input type="checkbox"/> deformações <input type="checkbox"/> outros			
2. É verificado a planeza da face dos blocos, caso ocorra defeito o lote é rejeitado			
3. É verificado o esquadro dos blocos, caso ocorra defeito o lote é rejeitado.			
4. É verificado se ocorreu uma queima adequada dos blocos, caso ocorra problema com a queima o lote é rejeitado.			
5. É verificado as dimensões dos blocos, caso não sejam atendidas as exigências o lote é rejeitado.			
<b>Transporte do material no recebimento até o estoque em obra</b>			
6. O material é descarregado do caminhão diretamente p/ o local de estocagem na obra evitando duplo manuseio			
7. Os blocos chegam na obra de forma palletizada			
8. Existe dispositivo p/ reduzir o esforço do operário no descarregamento dos blocos			
<input type="checkbox"/> Rampa de acesso ao caminhão <input type="checkbox"/> Munck <input type="checkbox"/> outros: _____			
9. É utilizado algum equipamento que reduz o esforço do operário no transporte dos blocos até o estoque evitando o transporte manual			
<input type="checkbox"/> carrinho porta-pallets <input type="checkbox"/> caminho de mão <input type="checkbox"/> outros: _____			
10. Existe um local definido para descarregamento do material que permite uma distância reduzida de transporte do material até o local de estocagem			
11. Existem vias de circulação definidas para o descarregamento do material que permita uma distância reduzida de transporte até o local de estocagem			
12. As condições de base do trajeto entre o descarregamento dos materiais e o estoque dos blocos são providas de alguma melhoria (existe algum tipo de nivelamento com concreto magro, tábuas, entre outros)			
13. As rampas no trajeto entre o descarregamento e o estoque dos blocos possuem inclinação menor que 10%			



Anexo 03

Quadro 1 – Concreto usinado: índices de perdas, suas causas e alternativas para redução de perdas

Obra	Perda de concreto (%)	Perda de concreto (m <sup>3</sup> )	Espessura de laje			Largura de viga			Perda (%) <sup>2</sup>	Perda (m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	perda quant. (%) <sup>3</sup>	Causas específicas das perdas não quantificadas
			e <sub>projeto</sub> (cm)	e <sub>média</sub> (cm)	Variação (%)	e <sub>projeto</sub> (cm)	e <sub>média</sub> (cm)	Variação (%)				
A01	12,00	49,20	8	9,14	14,25	12	12,79	6,59	60,98	30	7,32	- execução da cortina de concreto, onde uma das faces estava delimitada pela forma e a outra conforme as irregularidades do terreno, gerando assim, variação no consumo de concreto; - a tubulação de bombeamento do concreto, apoiava-se sobre as mestras, causando o movimento das mesmas e, conseqüentemente, variações na espessura da laje; - falta de estanqueidade nas formas; - grande número de eletrodutos que se interceptavam em alguns pontos, elevando assim, as mestras devido à falta de compatibilização de projetos;
			10	11,40	14,00	20	20,74	3,71				
A02	6,20	8,30	9	9,16	1,78	11	11,16	1,43	-	-	-	- não havia um carpinteiro trabalhando sob as formas, verificando a integridade e o completo preenchimento de vigas e pilares;
			10	9,53	-4,70	20	20,57	2,83				
			11	10,92	-0,68	-	-	-				
			13	12,99	-0,09	-	-	-				
C01	-	-	14	14,50	3,57	7	7,47	6,71	-	-	-	-
			19	19,53	2,81	10	10,30	3,00				
			-	-	-	12	12,00	0,00				
C02	22,40	69,00	8	8,42	5,31	14	14,45	3,18	8,7	6,0	1,95	- execução da cortina de concreto realizada na periferia da obra, onde apenas uma face possuía forma e a outra ficava em contato com o solo, absorvendo variações dimensionais diferenciadas da especificada em projeto;
			10	10,30	3,20	19	19,52	2,74				
C03	7,10	-	8	10,20	27,50	14	14,38	2,74	16,25	2,6	1,15	- quando havia sobra de concreto estas eram perdas pois não haviam outros serviços em que pudessem ser utilizadas;
			10	9,95	-0,5	19	19,35	1,87				
			12	11,99	-0,1	-	-	-				
E02	2,8	9,00	10	10,56	5,61	12	13,01	8,44	55,55	5,0	1,56	-
			13	12,82	-1,35	22	22,95	4,05				
Alternativas para redução de perdas (baseado em Isatto, 2000)											Causas comuns das perdas nas obras analisadas	
deve ser realizado controle da quantidade recebida de concreto; o pagamento aos fornecedores deve ser efetuado em função da quantidade recebida, medida no local de lançamento; deve-se usar adequadamente os equipamentos para transporte; o último pedido de concreto deve ser ajustado em função da necessidade de material para execução do serviço; deve existir maior controle nas dimensões de formas e método de nivelamento para evitar variações de espessura dos elementos estruturais; deve ser realizado compatibilização de projetos para evitar concentração de tubulações numa determinada posição da laje, não permitindo assim, a colocação inadequada das mestras; no caso de sobra no pedido de concreto, deve haver uma previsão de uso alternativos como concretagem de vergas.											falta de conferência do volume de concreto entregue na obra; falta de procedimentos documentados para execução e controle do serviço de estrutura; descuido da mão-de-obra durante a execução do serviço de estrutura; suspeitas, por parte das empresas, de entrega de concreto em quantidades aquém às quantidades pagas; sobras de materiais devido ao fato de que o fornecimento de concreto era realizado em volumes múltiplos de 0,5m <sup>3</sup> ; e retenção de concreto na tubulação de bombeamento do concreto (com exceção da obra E02, na qual o transporte foi realizado com grua).	

(<sup>1</sup>) Agopyan et al. (1998); (<sup>2</sup>) perda em relação ao volume total; (<sup>3</sup>) % de perda justificada; e<sub>projeto</sub> - espessura especificada em projeto; e<sub>médio</sub> = espessura média coletada

Quadro 2 - Aço em vergalhão: índices de perdas, suas causas e alternativas de redução de perdas

Obra	Perda de aço (%)	Perda de aço (Kg)	Causas específicas das perdas não quantificadas	Causas comuns às obras analisadas
C02	12,30	3.123	- substituição da bitolas, onde foi utilizado d= 12,5mm e d=16,0mm no lugar de d=10,0mm - o corte e a montagem das barras eram realizados por uma beneficiadora, onde as armaduras de pilar e viga já chegavam na obra montadas e prontas para serem colocadas nas formas	- falta de controle da quantidade recebida; - falta de verificação da existência de desbitolamento das barras de aço; - existência de duplo manuseio no descarregamento das barras ou armaduras até o local de estocagem;
C03	16,50	4.729	- o corte e montagem das barras era realizado por uma beneficiadora, onde as armaduras de pilar e viga já chegavam na obra montadas e prontas para serem colocadas nas formas	- estocagem realizada de maneira incorreta, pois não estavam separadas por bitolas, ficando expostas as intempéries e desprotegidas da umidade na base;
E02	10,50	5.604	- o transporte era realizado com grua; - ocorriam sobras de materiais que não eram reaproveitados, devido a cortes das barras; - o aço chegava em barras de 12m, que eram cortadas, dobradas e montadas na obra, não havendo uma terceirização deste serviço.	- falta de um plano de corte, dificultando o reaproveitamento das barras cortadas, principalmente para bitolas maiores.
<b>Alternativas para redução de desperdício baseado em Isatto (2000)</b>				
Controle de recebimento de material através da pesagem do material entregue em obra, além da aferição das bitolas das barras; maior preocupação com a estocagem dos materiais, devendo, os mesmos, estarem protegidos das intempéries, da umidade e separados por bitola; entrega de aço cortado e dobrado em obra, comprado diretamente da beneficiadora, reduzindo as perdas de materiais geradas nestas etapas.				

Quadro 3 - Chapa de compensado: índices de reaproveitamento, suas causas e cuidados

Obra	Índice de reaproveitamento das chapas de compensado	Causas não quantificadas das perdas
A01	2,97 vezes	- formas não eram molhadas permitindo maior aderência do concreto com as chapas e conseqüentemente à maior degradação das mesmas;
C02	5,46 vezes	- nas juntas entre os painéis não era colocado fita adesiva para evitar o escorrimento da nata de cimento, precaução que servia como proteção das bordas das chapas, na medida em que evitava que as mesmas se descolassem; - a estocagem das chapas de compensado era realizada de maneira correta, ou seja, depositado em local protegido da chuva, apoiadas sobre sarrafos, evitando o contato com o chão.
Cuidados para um maior aproveitamento das formas baseado em Souza et al. (1996)		as formas devem ser molhadas ou passado desmoldante para facilitar a desforma; as juntas entre as chapas de compensado devem ser protegidas com fita adesiva, evitando assim, o escorrimento da nata de cimento e protegendo as bordas das chapas; deve-se ter maior preocupação com o local e a forma de estocagem das chapas, as quais devem ser estocados em local seco, protegido das intempéries e empilhadas sobre pontaletes de madeira; maior controle de recebimento de material, devendo ser verificado as dimensões das chapas e serem realizados controles visuais quanto à presença de emendas, aspectos superficiais e aspectos das bordas da chapas; não utilizar pé-de-cabra ou outras ferramentas metálicas que possa danificar os painéis durante o processo de desforma.

Quadro 4 - Causas não quantificadas de perdas de areia e alternativas para redução de perdas

<b>Causas não quantificadas de perdas de materiais</b>	
- a estocagem incorreta de material, pois as baias não apresentavam contenções laterais para impedir o escoamento e a mistura entre os materiais; - desproteção em relação às intempéries, falta de contrapiso para evitar a contaminação com o solo; - má distribuição do <i>layout</i> na central de produção de argamassa, gerando perdas no transporte; - falta de um controle qualitativo e quantitativo no recebimento deste material.	
<b>Alternativa para redução de perdas</b>	
- o controle da entrega do material através da cubagem do volume entregue; - utilização de baias com contenções laterais e contrapiso em concreto; - inspeção da qualidade do material; - maior preocupação com o <i>layout</i> da central de produção de argamassa; - utilização de equipamentos adequados para dosagem da areia.	

Quadro 5 - Cimento: índice global de perdas

Obra analisada	Processos analisados	Índice global de perda de cimento (%)	Perda de cimento (sacos de 50kg)
A01	Alvenaria	247,75	425,00
B01	Revestimento argamassado interno e externo, e contrapiso	109,76	281,90
E01	Revestimento argamassado interno e externo, e contrapiso	42,77	655,60
E02	Alvenaria, revestimento argamassado interno	62,22	464,50

Quadro 5.6 - Cimento: índices de perdas nos processos (alvenaria, revestimento interno e externo argamassado, suas causas e alternativas para redução de perdas

Obra	Perda cimento (%)	Perda cimento (sacos)	Espessura de reboco			Espessuras de juntas			Causas de perdas não quantificadas
			e <sub>proj</sub> (cm)	e <sub>mdia</sub> (cm)	Variação (%)	e <sub>proj</sub> (cm)	e <sub>horiz</sub> (cm)	e <sub>horiz</sub> (cm)	
A01	Alvenaria = 247,75	425				1,00	2,26	2,44	- transporte manual dos sacos desde o descarregamento até o local de estocagem; - falta de quadro indicativo de traços de argamassa, deixando a cargo do funcionário memorizar os traços, o que deixa margem à ocorrência de erros de dosagem;
A02	-	-				-	-	-	- em relação à dosagem na central de produção de argamassa, observou-se que não havia quadro de traço exposto no local, nem a identificação dos equipamentos dosadores, o que pode resultar em traços diferentes do especificado.
A03	-	-	-	-	-	-	-	-	A dosagem do traço de argamassa era realizada à pá, o que não permitia um controle preciso do traço; - a alvenaria apresentava um problema de prumo, o que resultou em maiores espessuras de reboco; - havia falta de andaimes nos postos de trabalho o que levava em algumas situações o pedreiro a lançar a argamassa com a colher em alturas que o mesmo não alcançava, ou ser lançada com pá, situações estas que geram perda de material; - não existiam procedimentos documentados de verificação e controle de execução de revestimento.
B01	Revest. Interno =39,30 Revest.Externo= 164,10 Contrapiso = 53,10	Revest. Interno =152,40 Revest. Externo = 76,50 Contrapiso = 53	Contrapiso			-	-	-	- o cimento sofria vários manuseios, pois após o estoque o mesmo era depositado em uma caixa com capacidade para armazenar quatro sacos abertos. A partir do estoque na caixa, o mesmo era transportado a pá para o equipamento dosador, que posteriormente era transportado até a betoneira; - em relação à dosagem, verificou-se que não existia um quadro de traços expostos na obra, e os equipamentos dosadores não eram identificados, o que pode ocasionar perda na qualidade da argamassa e perdas de materiais.; - falta de equipamento adequado para o transporte de material.
C01			2,0	3,34	67,00	-	-	-	- apesar de existir uma preocupação por parte da empresa na central de produção de argamassa, com a colocação de quadro de traço da argamassa e a utilização de carrinho dosador, em uma das visitas à obra, foi verificado a realização do traço da argamassa com pá;

Continuação Quadro 6

Obra	Perda cimento (%)	Perda cimento (sacos)	Espessura de reboco			Espessuras de juntas			Causas de perdas não quantificadas
			e <sub>proj</sub> (cm)	e <sub>mdia</sub> (cm)	Variação (%)	e <sub>proj</sub> (cm)	e <sub>horiz</sub> (cm)	e <sub>horiz</sub> (cm)	
D01	-	-				-	-	-	- o estoque de cimento estava distante da central, fazendo surgir um estoque intermediário junto à betoneira. - não havia um quadro indicativo dos traços; - os equipamentos de dosagem utilizados (pá e balde) não ofereciam nenhuma precisão ao traço, ficando a cargo do funcionário esta função.
E01	Revest. interno =56,30	Revest. interno =335,60	Revestimento interno			-	-	-	- o cimento estava estocado de maneira incorreta, pois não havia espaçamento lateral entre as pilhas de saco de cimento e entre a parede e a pilha; - não havia quadro indicativo dos traços de argamassa nem equipamento dosador identificado para a confecção da argamassa, podendo algumas vezes comprometer a qualidade da argamassa e propiciar a incidência de perdas de materiais quando em traços super dimensionados; - falta de equipamento adequado para o transporte de material.
	Revest. Externo =36,30	Revest. Externo = 98	2,50	2,72	8,80				
	Contrapiso = 33,32	Contrapiso = 222	Revestimento externo						
			2,50	2,73	8,80				
			Contrapiso						
			7,0	5,58	-20,26				
E02	Alvenaria = 236,80 Revesti. Interno = 8,30	Revest. Interno =47,50	Revestimento interno			1,00	1,67	2,26	- para a dosagem de argamassa, não havia quadro indicativo dos traços utilizados junto à central, o que podia ocasionar em erros nos traços,
			2,50	2,11	- 15,60				
<b>Alternativas para redução de perdas deste material, baseado em Isatto (2000)</b>									
<p>a necessidade da existência de um projeto de paginação de alvenaria; deve-se utilizar escantilhão para o assentamento da alvenaria para um maior controle das espessuras de juntas; a argamassa deve ser produzida em função da quantidade que será utilizada, visando evitar sobras do insumo no final das atividades; a argamassa deve ser recolhida do chão ou andaime, durante a aplicação; a argamassa deve ser colocada diretamente na argamaseira que ira servir o posto de trabalho, evitando perdas no transporte; deve existir maior controle do traço da argamassa utilizando equipamentos de dosagem adequados (padiolas, carrinho dosador, entre outros); a necessidade de compatibilização entre projetos, evitando a geração de dentes; a padronização dos processo; utilização de equipamentos adequados para transporte da argamassa; evitar sobras de materiais, pedindo a quantidade necessária para execução dos serviços; as tubulações de gás e água quente não devem passar sobre a laje, pois aumenta a necessidade de espessuras maiores de contrapiso; evitar rasgos desnecessários nas alvenarias para passagem das tubulações, implicando em perda de material durante a realização do revestimento interno.</p>									
<b>Causas gerais</b>									
<p>havia uma falta de controle na execução do traço da argamassa; falta de padronização do processo de produção de argamassa e do serviço de alvenaria; falta de preocupação com estocagem dos sacos de cimento, pois encontravam-se estocados de maneira incorreta (forma correta: local seco, protegido das intempéries, pilhas de até dez sacos sob estrado de madeira, espaçamento entre as pilhas e a parede para evitar umidade); ocorrência de espessuras de juntas de assentamento além das especificadas, implicando em consumo maior que o necessário; falta de projeto de paginação das alvenarias, especificando claramente as espessuras de juntas de assentamento; excesso de estoques intermediários da argamassa, o que implica em perda de material; variação de espessuras além da especificadas; falta de compatibilização de projetos.</p>									

Quadro 7 – Índice de perdas de tubos de PVC para instalações de água fria e esgoto

Obra	Perdas em Tubos PVC rígido soldável para água fria (%)	Perdas em Tubos PVC rígido soldável para esgoto	Causas de perdas não quantificadas
AO3	96,10%	36,90%	- transferências de materiais para outras obras que não foram registradas; - estoque inadequado de material na qual os tubos estavam misturados a outros materiais como madeira, e não estavam separados e identificados por tipo de material; - substituição de diâmetros menores por maiores devido a falta de material disponível em obra
B01	35,80%	-	- estocagem de tubos de PVC se deu de maneira incorreta, pois os mesmos estavam expostos às intempéries, misturados com outros materiais, não estando separados por bitola nem estocados em prateleira
<b>Alternativas para redução das perdas</b>			<b>Causas gerais</b>
maior controle no recebimento de material; maior preocupação no detalhamento dos projetos de instalações hidrossanitárias; planejamento de compras de materiais para evitar perdas por substituição.			reduzido grau de aproveitamento das sobras dos cortes; falhas no projeto; substituição de peças de diâmetros menores por diâmetros maiores.

Quadro 8 - Eletrodutos: Causas não quantificadas de perdas de materiais e alternativas para redução de perdas

Causas não quantificadas de perdas de materiais
- eram realizados rasgos na alvenaria para a passagem dos eletrodutos no sentido vertical maiores que os necessários, implicando em perda de mão-de-obra, além da perda no processamento em si, gerada pelo próprio sistema adotado; - falta de detalhamento de projeto, permitindo que algumas decisões fossem tomadas em obra, e portanto, não sendo possíveis de ser levantada quantitativamente a necessidade de material; - modificações após os serviços já estarem concluídos conforme projeto, gerando perdas de material e mão-de-obra; - comprimento das esperas superior ao necessário; - substituição de bitolas menores por maiores
<b>Alternativa para redução de perdas</b>
- controle da quantidade recebida em obra; - maior planejamento de compra dos materiais para evitar substituição; - cuidados no deixar esperas para reduzir as perdas de eletrodutos; - maior detalhamento de projetos

Quadro 9 – Placa cerâmica: índice de perdas, suas causas e alternativas para redução de perdas

Obra	Perda placa (%)	Perda placa (un)	%peça cortada parede	Nº de peças cortada	Total do % perda	Causas específicas de perda não quantificadas
AO3	12,50	135	29,68	318,82	14,76	- existência de dentes nas paredes; - não havia um projeto de paginação para as peças a serem revestidas com as placas cerâmicas, ficando a cargo dos funcionários a execução do mesmo; - não era entregue o número exato de peças necessárias para a execução dos serviços nos ambientes, dificultando o controle de perdas por peça realizada;
B01	5,50	1096	23,24	6819,43	17,11	-
<b>Alternativa para redução de perdas</b>						<b>Causas comuns de perdas não quantificadas</b>
controle da quantidade de recebimento de material em obra; para transportar as placas na obra é necessário que as mesmas estejam embaladas, sendo utilizados equipamentos adequados de transporte; modulação de projeto, na qual haja compatibilidade entre as dimensões das peças a serem revestidas e o tamanho das placas cerâmicas; reaproveitamento das peças cortadas.						não havia procedimento padronizado de execução e controle do processo de revestimento cerâmico; uso de carrinho-de-mão para o transporte das placas cerâmicas; más condições de estocagem; local de estocagem longe do guincho, implicando em distâncias de transportes desnecessárias; falta de modulação de projeto; falta de reaproveitamento das peças cortadas.