

ANTÔNIO NUNES DE MIRANDA FILHO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA SISTEMÁTICA PARA LEVANTAMENTO DE
PARÂMETROS OPERACIONAIS:
o caso do processo de alvenaria**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa
Catarina para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Orientador: Prof. Emílio Araújo Menezes

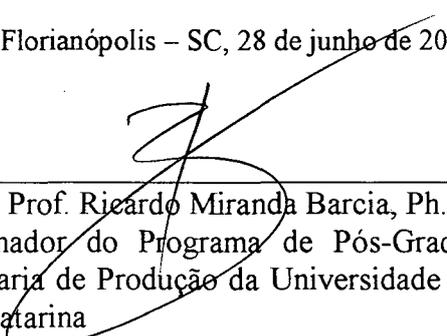
Florianópolis
Junho de 2001

ANTÔNIO NUNES DE MIRANDA FILHO

**DESENVOLVIMENTO DE UMA SISTEMÁTICA PARA
LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS:
o caso do processo de alvenaria**

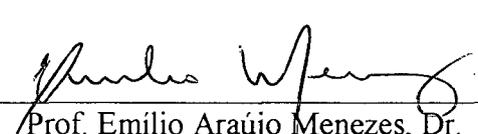
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de “Mestre”, Especialidade em Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Florianópolis – SC, 28 de junho de 2001.

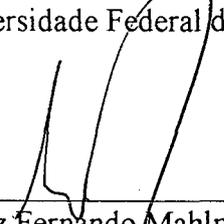


Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da Universidade Federal de
Santa Catarina

Banca Examinadora:



Prof. Emilio Araújo Menezes, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Luiz Fernando Mahlmann Heineck, Ph.D.
Examinador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Francisco José Kliemann Neto, Dr.
Examinador
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

A toda minha família e, em especial,
aos meus pais, Antônio e Inês
aos meus irmãos, Raquel, Isabel
Beatriz e Licínio, pelo apoio e por se
fazerem presente mesmo quando
estavam tão longe.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Emílio Araújo Menezes, pela paciência, dedicação e orientação precisa durante todo o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Prof. Luiz Fernando M. Heineck, pelas longas conversas, críticas e indicações de bibliografia;

Ao Prof. Enio Pontes de Deus, pela amizade e confiança depositada em mim desde o começo;

Ao Prof. Osmar Possamai, pelo apoio na definição da idéia inicial que originou este trabalho e por me dar a oportunidade de conviver com o Grupo de Análise de Valor;

Ao Prof. Carlos Henrique S. Caldas, pelos ensinamentos que contribuíram para a minha formação acadêmica e pelo grande incentivo para prosseguirmos neste caminho;

À Construtora Placic, seus diretores e funcionários por abrirem as suas portas permitindo a aplicação prática da sistemática proposta;

À Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa (FUNCAP), que financiou este estudo;

Aos colegas do Grupo de Análise de Valor (GAV), Fábio Walter, Joseilton Rocha, Rogério Mâsih, Sidney Marinho e Simone Silva, pela amizade e solidariedade durante a realização deste trabalho;

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção, sem os quais nada disso teria sido possível.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Tema e Justificativa do Trabalho	1
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo geral	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Hipóteses do Trabalho	4
1.3.1 Hipótese geral	4
1.3.2 Hipóteses secundárias	4
1.4 Método de Pesquisa	5
1.5 Limites do Trabalho	6
1.6 Estrutura do Trabalho	6
2 PROBLEMÁTICA E REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1 Conceitos da Produção Enxuta	7
2.1.1 Considerações gerais sobre a Produção Enxuta	7
2.1.2 Considerações sobre a aplicação dos princípios da Produção Enxuta na construção	10
2.2 Descrição das Perdas na Construção e Causas do Problema	13
2.2.1 Histórico sobre a pesquisa de perdas na construção	13
2.2.2 O conceito de perda na Produção Enxuta	16
2.3 O Processo de Medição de Desempenho	22
2.3.1 Conceito de medição de desempenho	22
2.3.2 Diferentes finalidades das medições	25
2.3.3 Requisitos para as medidas de desempenho	27
2.3.4 Apresentação das informações	29
2.3.5 Discussão sobre o estado atual da medição de desempenho na construção	31

2.3.6 Os princípios da Produção Enxuta numa sistemática para levantamento de parâmetros operacionais	34
2.4 Considerações Finais	38
3 APRESENTAÇÃO DAS METODOLOGIAS PARA A COMPOSIÇÃO DA SISTEMÁTICA PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS	39
3.1 Requisitos de uma Sistemática Desenvolvida para a Produção Enxuta	39
3.2 Amostragem do Trabalho	40
3.2.1 Conceito de amostragem do trabalho	40
3.2.2 Aplicações para a amostragem do trabalho na construção	41
3.2.3 Procedimento para a amostragem do trabalho	43
3.2.4 Vantagens e desvantagens da amostragem do trabalho	46
3.3 Custeio Baseado em Atividades	48
3.3.1 Apresentação	48
3.3.2 Etapas de desenvolvimento de um sistema ABC	50
3.3.3 Exemplo do custeio de objetos baseado em atividades	56
3.3.4 Considerações sobre os princípios da produção enxuta e o custeio baseado em atividades	57
4 PROPOSTA DE UMA SISTEMÁTICA PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS DO PROCESSO DE ALVENARIA	60
4.1 Apresentação	60
4.2 Procedimento de Aplicação da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais	61
4.2.1 Levantamento preliminar de dados	62
4.2.2 Coleta de dados	65
4.2.3 Processamento dos dados	70
4.2.4 Avaliação das informações	76
4.3 Adaptações no Uso da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais	79
5 ESTUDO DE CASO	82
5.1 Características Gerais do Empreendimento	82
5.1.1 Informações sobre a empresa	82
5.1.2 Características do canteiro de obras	82
5.2 Descrição da Aplicação	83

5.3 Avaliação das Informações	87
5.3.1 Apresentação dos resultados das medidas de desempenho	87
5.3.2 Análise comparativa dos resultados das medidas de desempenho	97
5.3.3 Proposta de intervenções no processo de alvenaria	100
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	102
6.1 Conclusões	102
6.2 Recomendações para Estudos Futuros	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1– Modelo de processo da Produção Enxuta, onde as caixas cinzas representam as atividades não agregadoras de valor (KOSKELA, 1992)	7
Figura 2.2 – Modelo de Sistema Gerencial (adaptado de SINK & TUTTLE, 1993)	23
Figura 3.1 – Modelo de Sistemas de Custeio Baseado em Atividades (adaptado de KAPLAN & COOPER, 1998)	50
Figura 4.1 – Exemplo simplificado do modelo de planilha utilizada como entrada de dados na Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais do processo de alvenaria	67
Figura 4.2 – Exemplo de distribuição dos tempos dos pedreiros	77
Figura 4.3 –Exemplo de percentagem das perdas no custo total do processo de alvenaria	78
Figura 5.1 – Tempo de ciclo de produção das paredes internas por equipe	89
Figura 5.2 – Distribuição dos tempos dos pedreiros	90
Figura 5.3 – Distribuição dos tempos dos serventes	90
Figura 5.4 – Percentagem do custo das perdas no trabalho dos pedreiros	93
Figura 5.5 – Percentagem do custo das perdas no trabalho dos serventes	94
Figura 5.6 – Custo da mão-de-obra na produção das paredes internas por equipe	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 – Distribuição dos tempos por operário	92
Quadro 5.2 – Análise conjunta do tempo de ciclo e custo de produção das paredes	98

MIRANDA FILHO, Antonio N. de. **Desenvolvimento de uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais: o caso do processo de alvenaria.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

RESUMO

O processo de planejamento da produção é de reconhecida importância para o sucesso da execução de empreendimentos de construção. No entanto, a eficácia das decisões gerenciais tem sido comprometida por focar a atenção nos resultados do processo (produto), ao invés de no processo em si. Como consequência, planos inconsistentes ou difíceis de serem cumpridos são elaborados por, entre outros fatores, desconsiderarem a incerteza e desconhecerem os verdadeiros problemas dos processos construtivos. Os resultados disso são mais perdas entre atividades de conversão e variações no fluxo da cadeia de suprimentos e montagem.

Assim, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais do processo construtivo de alvenaria baseada nos princípios da Produção Enxuta. O objetivo desta sistemática é fornecer informações mais precisas à gerência do canteiro sobre a eficiência do processo, possibilitando que ações mais eficazes sejam tomadas para corrigir os problemas identificados ou restabelecer o processo em seu curso.

A aplicação prática da sistemática num canteiro de obras possibilitou a integração, tanto no cálculo como na avaliação, dos resultados das medidas de desempenho por esta levantadas. Este procedimento permitiu que oportunidades de melhoria fossem identificadas e que conclusões importantes fossem tiradas a respeito da alocação da mão-de-obra e da incidência de perdas no processo de alvenaria.

Palavras-chave: construção enxuta, controle dos processos, medição de desempenho, controle de perdas, melhoria contínua.

MIRANDA FILHO, Antonio N. de. **Development of an operational parameter measuring system: the masonry work case.** 2001. M.Sc. dissertation – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brazil.

ABSTRACT

Production's planning process is of known importance for the success of construction projects. However, the efficiency of managerial decisions has been compromised by focusing on the process's results (products), rather than on the process itself. As a consequence, inconsistent or difficult to accomplish plans are elaborated, among other causes, for not considering uncertainty or not acknowledging the true problems in construction processes. This has resulted on more waste between conversion activities and variation along assembly and supply chains.

This research work proposes a development of an operational parameter measuring system, based on the principles of Lean Production, for the construction process of masonry. The objective of the measuring system is to provide site management with more accurate information on process efficiency, allowing that more efficient actions are taken to correct the identified problems or to reestablish the process on its course.

The implementation of the measuring system on a construction site allowed the combined use of the performance measurements results, both on the processing and information analysis. This procedure pointed out improvement opportunities and made possible important conclusions about resource allocation and the occurrence of waste on the masonry process.

Key words: lean construction, process control, performance measurement, waste control, continuous improvement.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema e Justificativa do Trabalho

Desde o começo de um trabalho de construção, a gerência do projeto/canteiro precisa lidar com muitos fatores – a maioria causada pelas suas próprias ações ou falta delas – que afetam negativamente o processo construtivo, produzindo diferentes tipos de perdas que podem converter um projeto “que era para ser” bom, em um projeto “que foi” ruim (SERPELL, VENTURI, CONTRERAS, 1997).

Um dos problemas está na dificuldade do pessoal de canteiro em compreender conceitos como perda e valor, o que lhes impede de observar as oportunidades de melhorias que aparecem diariamente nos processos construtivos. Em particular, perda é geralmente associada ao desperdício de materiais nos processos construtivos enquanto que atividades não agregadoras de valor como inspeção, atrasos, transporte de materiais e outras não são reconhecidas como perdas (ALARCÓN, 1997b).

Na maioria dos casos, os gerentes de construção não sabem ou não reconhecem os fatores que produzem perdas e nem possuem medidas de sua importância (SERPELL, VENTURI, CONTRERAS, 1997). Isto deve-se ao fato de que muitos modelos aplicados na medição de desempenho da construção baseiam-se na visão tradicional da produção dominada pelos conceitos do modelo de conversão, o qual ignora aspectos importantes do fluxo de recursos e informações. Alguns destes modelos limitam-se às medições como custo, prazo e produtividade.

Em contraste, KOSKELA (1992) aponta que na Nova Filosofia de Produção, a eficiência da produção é determinada tanto pela eficiência das conversões como pelas atividades de fluxo. De acordo com ALARCÓN (1997a), a introdução da Nova Filosofia de Produção na construção requer novas medidas de desempenho. Para isso, KOSKELA (1992) propôs a adoção de novas medidas como valor, perdas, tempo de ciclo e variabilidade para auxiliar no desenvolvimento interno das organizações e na comparação entre projetos e organizações.

Sobre a adoção destas medidas, ALARCÓN (1997) reforça a importância das mesmas ao comentar que a Nova Filosofia de Produção ou Produção Enxuta é uma generalização de abordagens parciais como produção “just-in-time”, engenharia de valor, reengenharia, benchmarking, gerenciamento total da qualidade, entre outras metodologias e que, na implementação de uma ferramenta para medição de desempenho, parece mais eficaz adotar os princípios básicos destas como forma de permitir um maior potencial de resultados.

ALARCÓN (1997) também argumenta que ferramentas e medidas tradicionais como a técnica de amostragem do trabalho e a produtividade da mão-de-obra, por exemplo, podem ser de grande auxílio no desenvolvimento de esforços para a melhoria contínua dos processos construtivos. (SILVA, 1986 citado por OLIVEIRA, 1999) apóia este argumento ao afirmar que o resultado proveniente do indicador de produtividade da mão-de-obra tem sido observado na bibliografia como um dos fatores importantes para a análise e redução de custos de empreendimentos de construção civil, visto que a participação do custo da mão-de-obra é expressivo no custo total.

Diante disso, ALÁRCÓN (1997a) afirma que é importante construir uma ponte entre o tradicional e os novos desenvolvimentos para a melhoria do desempenho da construção. Através da combinação destas diferentes medidas de desempenho, a adaptação dos princípios da produção enxuta para as peculiaridades da indústria da construção poderá ser facilitada. Assim, espera-se estar contribuindo na transição da construção tradicional para a construção enxuta. Para ALARCÓN & SERPELL (1996), a implementação de sistemas de medição de desempenho que incluam medidas adaptadas para a construção enxuta poderá ser um grande condutor para a melhoria contínua dos processos do projeto.

Além do mais, a utilização destes diferentes elementos na medição de desempenho das atividades de um processo construtivo ao longo de um período fornece parâmetros de comparação. Isso porque, como afirma ALARCÓN (1997), a evolução dos tradicionais controles baseados em prazos e custos para uma medição de desempenho mais compreensiva, implica numa mudança similar ao movimento de uma visão unidimensional para bidimensional. Dessa forma, ajuda a gerência a focalizar imediatamente a atenção nas

áreas problemáticas e providencia informações para a tomada de decisões (ALARCÓN, 1997a).

Isso vai ao encontro da afirmação de (TANSKANEN, WEGELIUS, NYMAN, 1997) sobre a necessidade de processar as informações de forma interativa como um dos requerimentos para ferramentas de apoio ao controle e planejamento da construção enxuta. MOREIRA (1999) reforça este requisito ao comentar, que ao contrário do que muitos acreditam, ou pelo menos praticam, o desempenho não pode ser explicado ou medido de maneira adequada por um único indicador. Este assunto também é tratado por ALARCÓN (1997a), o qual ao apresentar ferramentas para a avaliação de desempenho na construção observou que a maioria destas tem como foco um número limitado de elementos de desempenho, normalmente um ou dois, e possuem as suas aplicações restritas a uma fase ou nível particular do projeto.

Sobre este último aspecto, KOSKELA (1992) lembra que alguns autores argumentam a necessidade de manter as medições bem atreladas aos requerimentos da situação. (TANSKANEN, WEGELIUS, NYMAN, 1997) também apontam a importância do sistema ser flexível o bastante para adequar-se a diferentes tipos de ambientes. Isto é, a ferramenta tem que apoiar a melhoria contínua do desempenho através de medições que sejam capazes de atender as necessidades da gerência e que possam adaptar-se de uma locação para outra.

O desafio, portanto, está na elaboração de sistemas de medição de desempenho que englobem os princípios da Nova Filosofia de Produção e que consigam levantar medidas como perdas, variabilidade, tempo de ciclo e valor, juntamente com medidas tradicionais como custo, prazo, produtividade e taxas de ocupação. Além disso, estes sistemas precisam preencher requisitos como adaptabilidade, baixo custo de implementação e fornecer respostas rápidas sobre o desempenho dos processos construtivos para o planejamento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Propor uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais para apoiar a implantação da Produção Enxuta, que consiga reunir algumas medidas de desempenho da Nova Filosofia de Produção em conjunto com algumas medidas tradicionais.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Calcular a taxa de ocupação da mão-de-obra nas atividades do processo de alvenaria;
- b) Calcular o tempo de ciclo de execução de algumas paredes (produtos);
- c) Levantar as principais perdas do processo de alvenaria e o custo destas;
- d) Avaliar como a composição das equipes de serventes e pedreiros influencia no custo de produção das paredes;
- e) Avaliar o desempenho do processo construtivo através dos indicadores acima.

1.3 Hipóteses do Trabalho

1.3.1 Hipótese geral

A utilização conjunta de medidas de desempenho tradicionais com medidas de desempenho da Nova Filosofia de Produção possibilita uma identificação mais precisa dos problemas do processo na busca pela melhoria contínua.

1.3.2 Hipóteses secundárias

- a) As perdas por movimentação são as que apresentam o maior custo no processo de alvenaria, para o caso em estudo;
- b) A composição das equipes na proporção 1 servente para 1 pedreiro aumenta o custo de mão-de-obra na produção das paredes.

1.4 Método de Pesquisa

O método de pesquisa deste trabalho foi constituído por três etapas principais: compreensão dos princípios da Produção Enxuta e da problemática do controle da construção, proposta de uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais e aplicação da mesma num estudo de caso.

Na primeira etapa, foi realizada uma revisão da literatura em artigos, livros e dissertações com o intuito de compreender os princípios da Produção Enxuta e discutir a aplicação destes na construção. O próximo passo foi estabelecer a definição de perdas na construção adotada neste estudo bem como, uma descrição destas e de suas causas. Foram também definidos o conceito e os princípios necessários para a medição de desempenho na Produção Enxuta, além de realizar uma discussão sobre as deficiências da forma como esta vem sendo feita na indústria.

A partir dos fundamentos adquiridos, foram discutidos os principais requisitos necessários a uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais na Produção Enxuta e definidas quais ferramentas forneceriam os princípios que iriam compô-la de forma que pudessem ser obtidos os resultados desejados. Em seguida, a sistemática foi proposta baseada numa seqüência de etapas que integrariam princípios das ferramentas escolhidas para a resolução do problema.

A aplicação foi feita num canteiro de obras de uma empresa de Construção Civil, com o objetivo de validar a sistemática para levantamento de parâmetros operacionais. Nesta fase foram realizadas, inicialmente, discussões com a gerência do canteiro e um levantamento preliminar de informações para planejar a coleta de dados e adequar a aplicação da sistemática às características do canteiro e ao processo produtivo adotado no projeto. Além disso, durante a coleta e processamento dos dados, a atenção ficou voltada para possíveis problemas na implementação da sistemática e de considerações ou arranjos não previstos durante o desenvolvimento da mesma.

1.5 Limites do Trabalho

As seguintes observações são feitas à respeito da amplitude do trabalho:

- a) O foco deste estudo é o fluxo de materiais no processo de alvenaria na busca por uma maior eficiência do mesmo e pela redução de perdas;
- b) Neste estudo só são abordadas as atividades do processo de medição, as quais são: coleta de dados, processamento dos dados e avaliação da informação;
- c) O estudo de caso foi realizado no canteiro de uma empresa de Construção Civil com características próprias, sendo que a aplicabilidade da sistemática em canteiros de empresas diferentes deverá ser comprovada em outros estudos.

1.6 Estrutura do Trabalho

Além do presente capítulo, este trabalho encontra-se organizado da seguinte forma:

No capítulo 2, são discutidos o controle da produção na construção, o conceito de perda e aspectos teóricos da medição de desempenho à luz dos princípios da Produção Enxuta;

No capítulo 3, são apresentadas as técnicas de Amostragem do Trabalho e do Custeio Baseado em Atividades;

No capítulo 4, são apresentados a sistemática para levantamento de parâmetros operacionais e os procedimentos para o levantamento preliminar de dados, coleta, processamento e avaliação das informações;

No capítulo 5, são descritos a aplicação e os resultados do estudo de caso realizado em um canteiro de obras em Fortaleza com o objetivo de validar a sistemática proposta;

O capítulo 6 é dedicado às conclusões do trabalho e recomendações para futuras pesquisas relacionadas ao tema.

2 PROBLEMÁTICA E REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem como objetivo discutir os princípios da Produção Enxuta a serem considerados no desenvolvimento de uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais. Para isso, é feita uma revisão dos princípios da Produção Enxuta e uma discussão sobre a aplicação destes no controle da construção. Essa revisão é seguida por uma apresentação dos conceitos de perda na Produção Enxuta e de medição de desempenho adotados neste estudo.

2.1 Conceitos da Produção Enxuta

2.1.1 Considerações gerais sobre a Produção Enxuta

A base teórica da Nova Filosofia de Produção ou Produção Enxuta tem como objetivo suprir as deficiências da teoria que convencionalmente prevalece na produção, a qual negligencia a existência de atividades de fluxo por estar fundamentada na conversão de entradas (recursos) em saídas (produto). Em essência, a nova conceituação implica em enxergar a produção simultaneamente a partir de três pontos de vista: conversão, fluxo e valor (KOSKELA, 1998) (Figura 2.1).

Segundo KOSKELA (1998), foi Frank Gilbreth que primeiramente propôs a visão de fluxo, a qual foi posteriormente desenvolvida por Shigeo Shingo nos anos quarenta. Este autor afirma que a visão da geração de valor tem a sua origem no movimento pela Gestão da Qualidade Total (TQM).

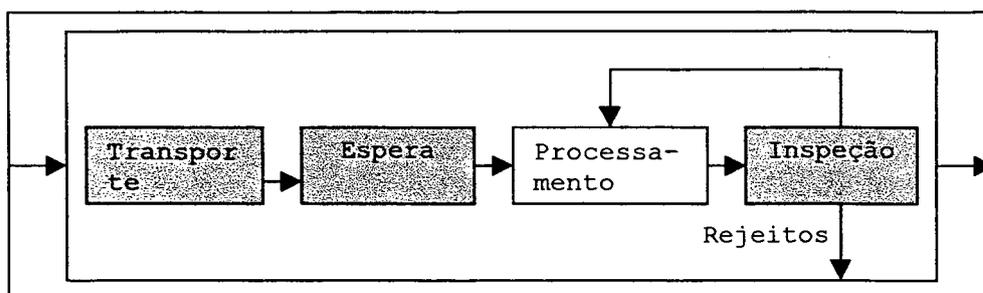


Figura 2.1 – Modelo de processo da Produção Enxuta, onde as caixas cinzas representam as atividades não agregadoras de valor (KOSKELA, 1992)

Na visão de fluxo a produção é vista como o fluxo de um material ou informação desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto final. Neste fluxo, o material é processado (conversão) e está sujeito à movimentação, esperas e inspeções (fluxo). O objetivo básico desta visão é a eliminação de perdas no processo.

Na visão de valor o objetivo é a satisfação das necessidades do cliente. KOSKELA (1992) argumenta que enquanto todas as atividades consomem tempo e recursos, apenas as atividades de conversão adicionam valor ao material ou pedaço de informação que está sendo transformado num produto. Portanto, a melhoria das atividades de fluxo deve focar principalmente a redução ou eliminação das mesmas, enquanto que as atividades de conversão precisam ser tornadas mais eficientes (KOSKELA, 1992).

KOSKELA (1992) identificou alguns princípios para a prática da produção enxuta que desenvolveram-se como abordagens parciais a partir de um princípio central. Estes, foram desenvolvidos para possibilitar um melhor planejamento, controle e desenvolvimento dos processos de fluxo. Há ampla evidência de que através destes princípios, a eficiência dos processos de fluxo em atividades de produção pode ser consideravelmente e rapidamente melhorada (KOSKELA, 1997). (KOSKELA, 1994 citado por MAROSSZEKY & KARIM, 1997) observou que, onde foram adotados os princípios da produção enxuta na construção, houve uma redução substancial no número de defeitos, compressão da duração do projeto em 10% e a redução de acidentes em 95%. Os princípios identificados por KOSKELA (1992) são brevemente apresentados a seguir:

- 1) Redução da parcela de atividades que não agregam valor: é necessário reduzir ou eliminar atividades que consomem tempo, recursos e espaço sem agregar valor ao cliente tendo o cuidado em não eliminar atividades que produzem valor para os clientes internos como planejamento, prevenção de acidentes, etc.;
- 2) Aumento do valor final através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes: existem dois tipos de clientes, cujas necessidades precisam ser atendidas, o cliente interno das próximas atividades e o cliente externo ou comprador final;

- 3) Redução da variabilidade: os dois tipos de variabilidade que precisam ser reduzidos são variabilidade na uniformidade do produto a ser entregue ao cliente e a variabilidade na duração das atividades, a qual aumenta o volume de atividades não agregadoras de valor e, conseqüentemente, o tempo de ciclo;
- 4) Redução do tempo de ciclo: o tempo de ciclo de produção é a quantidade de tempo necessária para que cada processo se complete e a sua diminuição pode ser feita através da redução da variabilidade e da compressão de atividades não agregadoras de valor como inspeção, transporte e esperas;
- 5) Simplificação através da redução do número de etapas, dependências e partes: é feita através da redução do número de componentes de um produto e redução do número de dependências e etapas no fluxo de material ou informação, a qual pode ser feita através da eliminação de atividades não agregadoras de valor do processo produtivo;
- 6) Aumento da flexibilidade de saída: os processos devem permitir alterações no sequenciamento das atividades, principalmente nas atividades finais, como forma de atender os requisitos do cliente, sem que ocorram danos ao desempenho do sistema;
- 7) Aumento da transparência do processo: tornar fácil a observação para controle e melhoria do processo através de arranjos organizacionais e físicos, medidas de desempenho e disponibilização pública da informação;
- 8) Controle focado em todo o processo: os dois pré-requisitos necessários são medição do processo inteiro e a existência de um responsável pelo processo;
- 9) Introdução da melhoria contínua no processo: o esforço para a redução de perdas e aumento de valor tem que ser uma atividade interna e interativa que possa ser mantida continuamente através de métodos como, entre outros, medição e monitoramento da melhoria e utilização de procedimentos padrão;

- 10) Balanceamento de melhorias de fluxo e de conversão: a melhoria do fluxo apresenta um maior impacto e lucratividade em processos produtivos de alta complexidade ou caracterizados por possuírem muitas perdas;
- 11) Benchmarking: essa prática, também chamada de referenciamento, consiste em comparar o desempenho dos seus processos com as melhores práticas dos concorrentes e líderes da indústria na busca pela incorporação, cópia ou modificação destas nos seus processos.

A partir dos princípios citados acima e originárias de um mesmo princípio central, foram desenvolvidas metodologias de apoio à produção enxuta. KOSKELA (1997) aponta como as mais importantes: produção “just in time” (JIT); gestão da qualidade total (TQM); competição baseada no tempo; engenharia simultânea; reengenharia; engenharia baseada no valor; gerenciamento visual; manutenção produtiva total (TPM) e envolvimento total das pessoas.

Apesar destas metodologias normalmente reconhecerem outros princípios, KOSKELA (1997) lembra que as suas abordagens são meramente parciais. O mesmo autor cita como exemplos, a redução da variabilidade como o princípio básico da qualidade, enquanto que a redução do tempo de ciclo e o aumento do valor de saída são princípios básicos da competição baseada no tempo e da engenharia baseada no valor, respectivamente.

2.1.2 Considerações sobre a aplicação dos princípios da Produção Enxuta na construção

A Indústria da Construção é caracterizada por peculiaridades que a diferenciam da indústria de manufatura como produção de projetos únicos, produção no canteiro e organização temporária do projeto. Devido a estas peculiaridades, MAROSSZEKY & KARIM (1997) afirmam que nos últimos tempos vêm crescendo o reconhecimento por parte dos pesquisadores de que a construção é uma aplicação especializada da manufatura em um ambiente de alta complexidade e variabilidade. HOWELL (1999) confirma isso ao comentar que o planejamento e construção de projetos únicos e complexos em ambientes

de grande incerteza sob grande pressão de tempo e prazo é fundamentalmente diferente de fabricar latas.

Outras peculiaridades que diferenciam a construção da indústria de manufatura estão na movimentação das equipes de trabalho pelo canteiro e na forma como o trabalho é liberado para as mesmas. HOWELL (1999) lembra que na manufatura o trabalho que é liberado segue um traçado de acordo com o desenho da fábrica, enquanto que na construção o trabalho é liberado através de um ato administrativo, o planejamento. Segundo MAROSSZEKY & KARIM (1997) esta condição faz com que as atividades da indústria da construção não constituam um processo de produção contínuo que resulte em produtos uniformes, o que acarreta em poucas tarefas uniformes e, conseqüentemente, numa necessidade de tornar os processos mais flexíveis.

A análise de casos industriais revelou que é vantajoso eliminar estas peculiaridades, pois estas acarretam perdas (KOSKELA, 1998). Apesar disso, KOSKELA (1997) argumenta que a eliminação destas peculiaridades da construção não é uma solução em si, apenas traria a construção para o mesmo patamar da indústria de manufatura e, como se sabe, uma grande quantidade de perdas também ocorrem na indústria de manufatura antes que sejam iniciados os esforços para a melhoria dos processos. Portanto, mesmo que a eliminação destas não seja possível, os princípios da produção enxuta podem ser aplicados com eficácia no controle e melhoramento dos processos (KOSKELA, 1998).

Para que isso seja feito, KOSKELA (1998) comenta que a aplicação da produção enxuta na construção deve começar pelos princípios, na condição de que métodos adequados para as peculiaridades da construção sejam desenvolvidos. MAROSSZEKY & KARIM (1997) acrescentam que esta adaptação de princípios ou elementos da produção enxuta para transformar a construção tradicional em construção enxuta pode ser apoiada por uma ferramenta muito poderosa como a medição de desempenho e pela prática do *benchmarking*.

No entanto, KOSKELA (1997) comenta que a difusão geral da Nova Filosofia de Produção na indústria da construção parece ser limitada e a sua aplicação incompleta. (SANTOS, POWELL, FORMOSO, 1999) constataram isso num estudo desenvolvido em

seis canteiros onde o foco era o processo de alvenaria. Neste estudo, cujo o objetivo era avaliar a aplicação e integração prática de quatro princípios da Produção Enxuta, foi observado que em nenhuma das obras analisadas houve a aplicação de todos eles. A maior deficiência encontrada foi nos princípios “reduzir a variabilidade” e “introduzir a melhoria contínua no processo”, evidenciando a clara ausência de métodos de controle.

A respeito disso, KOSKELA (1998) acrescenta que as tentativas de aplicação prática destes princípios na construção tem sido meramente parciais por envolverem, por exemplo, apenas o planejamento dos processos e reforça o argumento de MAROSSZEKY & KARIM (1997) sobre a importância da medição de desempenho, ao afirmar que normalmente estão faltando métodos baseados nos princípios da produção enxuta para a melhoria e controle dos mesmos.

A aplicação parcial destes princípios na construção é uma problemática que tem a sua origem na tradicional forma de gerenciamento da construção, cujas raízes estão fincadas nos princípios do modelo de conversão. A gerência do canteiro ignora a visão de um processo por completo, pois acredita que a otimização deva ser feita em atividade por atividade e que as considerações sobre as necessidades do cliente já foram feitas durante a fase de projeto. O problema é que os sistemas de produção não funcionam bem quando cada pessoa tenta otimizar o seu desempenho sem compreender como as suas ações afetam toda a cadeia (HOWELL, 1999).

Segundo (SANTOS, POWELL, EATON, SARSHA, 2000), a resposta mais comum dos gerentes de produção na construção às incertezas decorrentes de interdependências tem sido a tentativa de redução de seus efeitos, através da separação das atividades de produção mais importantes, usando estoques individuais ou *buffers* de tempo. Contudo, os mesmos autores acrescentam que com lotes de produção maiores e *buffers* de tempo, surgem mais dificuldades na compreensão dos problemas do processo, ou seja, menor transparência do processo.

Neste sentido, é de suma importância compreender os efeitos das tomadas de decisões na relação de dependência entre atividades e na variação do fluxo ao longo da cadeia de suprimentos e de montagem. Gerenciar o efeito combinado sobre as dependências e

variabilidade é a principal preocupação da produção enxuta (HOWELL, 1999). Desta forma, espera-se combater perdas geradas entre atividades de conversão como, por exemplo, a liberação de trabalho imprevisto e a chegada desnecessária de materiais para o posto de trabalho.

Portanto, não há dúvida de que a melhoria de desempenho do sistema de planejamento é a chave para a estabilização do fluxo de trabalho na construção. Contudo, é necessário dispor de sistemas de medição e controle dos processos que também apoiem e dêem sustentação à melhoria do sistema de planejamento. Para que ocorra a melhoria contínua é necessário ter medidas de desempenho que chequem e monitorem o desempenho para verificar mudanças e o efeito das ações de melhoria, para entender a variabilidade nos processos e, em geral, ter informações disponíveis para tomar decisões eficazes (ALARCÓN & SERPELL, 1996).

2.2 Descrição das Perdas na Construção e Causas do Problema

2.2.1 Histórico sobre a pesquisa de perdas na construção

A preocupação com o desperdício na construção tem sido o foco de muitos estudos nos últimos anos. Isto porque, como afirmam SANTOS & POWELL (1999), existe uma pressão para o aumento da produtividade e adição de valor na construção devido a uma demanda social pela resolução de problemas como o déficit habitacional. Além disso, estes autores apontam a crescente preocupação por parte da opinião pública e dos legisladores com o correto gerenciamento dos recursos naturais como outro fator causador de pressão para a redução de perdas na construção.

Entre as pesquisas realizadas tendo como foco os danos ambientais resultantes do desperdício de materiais, (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) citam os estudos desenvolvidos por Wyatt (1978) e pela Hong Kong Polytechnic e Hong Kong Construction Association Ltd. (1993). O primeiro, de acordo com estes autores, trata do impacto do desperdício de materiais na redução da disponibilidade futura dos mesmos e na criação de uma demanda desnecessária sobre o sistema de transportes. Já o segundo, tinha

como objetivo reduzir o desperdício na fonte e propor métodos de tratamento dos materiais desperdiçados para diminuir a demanda por áreas de despejo.

Seguindo esta mesma linha e motivados pela política ambiental do governo holandês para garantir o desenvolvimento sustentável da sua sociedade, BOSSINK & BROUWERS (1996) desenvolveram um estudo com o objetivo de medir e prevenir o desperdício na construção. Neste estudo, desenvolvido em cinco canteiros, foi encontrado um desperdício médio de materiais de 9% (em peso) e observado que 80% do desperdício é causado pelo uso de uma pequena variedade de materiais.

Outros estudos foram realizados tendo como objetivo avaliar o impacto econômico do desperdício na Indústria da Construção. Na Inglaterra, SKOYLES (1976) realizou um extenso trabalho de monitoramento de perdas materiais em 114 canteiros, o que permitiu identificar a incidência e natureza das perdas, além de testar um sistema para o monitoramento destas durante a execução dos trabalhos. SKOYLES (1976) aponta que neste estudo, as falhas do gerenciamento aparecem como a principal causa do desperdício de materiais no canteiro. Isso foi evidenciado pelo autor quando foi observado que atividades de manuseio e estocagem de materiais respondiam por três vezes mais perdas do que qualquer outra atividade.

No Brasil, (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) apontam o estudo pioneiro realizado pelo Prof. Tarcísio Paula Pinto no levantamento das perdas materiais em um único canteiro. Segundo estes autores, neste estudo foi constatado que as perdas indiretas (materiais incorporados desnecessariamente à construção) podem ser maiores que as perdas diretas (entulho à ser despejado em outras áreas).

Outro estudo mencionado por (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) foi o realizado pelo Prof. Lúcio Soibelman, o qual tinha como objetivo analisar as principais causas do desperdício de materiais na indústria da construção e propor linhas de ação para controlá-las. Estes autores acrescentam que neste estudo foram monitorados sete tipos de materiais em cinco canteiros diferentes.

Mais recentemente, segundo (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999), um estudo encomendado pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção (ITQC) contou com a participação de 15 universidades no monitoramento do desperdício de dezoito tipos de materiais de construção em mais de cem canteiros. Nesta pesquisa, de acordo com estes autores, foi utilizada uma metodologia de coleta de dados similar à aplicada pelo Prof. Lúcio Soibelman em seu estudo.

(FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) argumentam que através destes estudos foi possível observar, entre outras conclusões, que as perdas materiais na construção são maiores que o normalmente considerado e que há uma alta variabilidade no índice de perdas entre os canteiros. Contudo, estes autores afirmam que apesar destes dois últimos estudos demonstrarem a importância da gestão do desperdício e identificarem as causas das perdas materiais, a contribuição destes no estabelecimento de sistemas de controle de perdas tem sido relativamente pequena. Segundo estes autores, isso deve-se aos seguintes motivos:

- A maioria dos estudos foca apenas o desperdício de materiais, os quais são apenas alguns dos recursos envolvidos num processo construtivo. Observa-se que esta preocupação apenas com o desperdício de materiais era fruto de uma visão dominada pelos conceitos do modelo de conversão, na qual desperdício de materiais é sinônimo de perdas.
- A coleta de dados é normalmente dispendiosa e envolve uma grande equipe de pesquisadores. Consequentemente, é observado que os procedimentos para controle de perdas utilizados nestas pesquisas não são facilmente adaptados para sistemas de controle de produção que necessitam dar respostas sobre o desempenho em tempo real.
- Os resultados destas pesquisas demoram muito para serem produzidos, normalmente depois que o trabalho monitorado foi concluído. Isso limita o impacto destes estudos em termos de ações corretivas.
- Uma vez que os procedimentos para controle de perdas são externos à organização, há muito pouco envolvimento por parte das pessoas da empresa tanto na coleta de dados

como na análise das informações. Como resultado, o processo de aprendizagem nas empresas tende a ser limitado.

Para (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999), estes motivos demonstram que os estudos são limitados por oferecerem poucas oportunidades para o desenvolvimento da melhoria contínua dos processos. Isso porque, estes estudos não atendem os quatro fatores-chave, mencionados por KOSKELA (1992), que precisam estar balanceados para a implementação da nova filosofia de produção, os quais são focar a atenção em melhorias que podem ser controladas e medidas, comprometimento da gerência, envolvimento dos funcionários e aprendizagem.

Diante disso, (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) argumentam a importância de desenvolver métodos para controle de perdas na construção que tenham como diretrizes a adoção de um conceito de perdas mais abrangente e baseado nos princípios da produção enxuta, a redução dos ciclos de controle da produção para dar respostas mais rápidas sobre o desempenho e o envolvimento das empresas no processo de aprendizagem.

2.2.2 O conceito de perda na Produção Enxuta

Segundo a Nova Filosofia de Produção, perda deve ser entendida como qualquer ineficiência que resulte na utilização de equipamentos, materiais, mão-de-obra ou capital em maior quantidade do que o considerado necessário para a construção de um edifício (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999). (SERPELL, ALARCÓN, GHIO, 1996) afirmam que em geral, todas aquelas atividades que apresentam a incidência de perdas materiais e a execução de trabalhos desnecessários produzindo custos, diretos ou indiretos, mas que não adicionam valor ou progresso para o produto podem ser chamadas de perdas. Então, qualquer esforço para melhoria deve estar focado na identificação de perdas no processo construtivo, análise das causas que produzem estas perdas e na tomada de ações para reduzir ou eliminar estas causas (SERPELL, ALARCÓN, GHIO, 1996).

Um passo preliminar para a eliminação das perdas é a sua completa identificação que pode ser alcançada através do entendimento da sua natureza (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993). A classificação da perda pela sua natureza, segundo (FORMOSO,

ISATTO, HIROTA, 1999), ajuda a gerência a compreender as diferentes formas de perdas, porque elas acontecem e como proceder para evitá-las. Essa classificação foi primeiramente desenvolvida por Shigeo Shingo e Taiichi Ohno para o Sistema Toyota de Produção através da tipologia das sete perdas, as quais são: perdas por superprodução; perdas por espera; perdas por transporte; perdas por processamento; perdas por estoques; perdas por movimento; e perdas por produzir produtos defeituosos.

No entanto, devido às diferenças existentes entre o ambiente da construção civil e aquele que originou o Sistema Toyota de Produção, ISATTO & FORMOSO (1998) propõem uma consideração crítica dos aspectos estruturais e conjunturais que cercam essa indústria antes de aplicar princípios das novas filosofias de produção na construção. ISATTO & FORMOSO (1998) argumentam que é fundamental que se construa, com base nos conceitos e princípios da nova filosofia de produção, uma tipologia de perdas que venha a servir como base para a proposição de novos sistemas de produção para as empresas do setor.

Levando em consideração a necessidade de se ter uma classificação de perdas melhor estruturada, que fosse ligada à realidade da construção civil, criou-se uma classificação, baseada numa composição de outras classificações, sugeridas por diversos autores (COSTA & FORMOSO, 1998). Essa classificação proposta por COSTA & FORMOSO (1998) considera, além das sete perdas do Sistema Toyota de Produção, mais duas, as quais são perdas por substituição e perdas acarretadas por outros fatores como roubos, acidentes, condições climáticas, etc.

Portanto, para este estudo a classificação adotada para perdas na construção será a tipologia das nove perdas desenvolvida na UFRGS e proposta por COSTA & FORMOSO (1998), a qual está baseada na conceituação teórica geral das sete perdas do Sistema Toyota de Produção. A seguir, cada uma dessas perdas são detalhadas.

a) Perdas por superprodução

Segundo OHNO (1997), as perdas por superprodução podem ser divididas em superprodução quantitativa e superprodução por antecipação. O primeiro tipo refere-se a

produção superior à quantidade necessária. O segundo tipo trata da produção finalizada antes do necessário.

Na construção civil, a superprodução quantitativa pode ser exemplificada através do consumo superior de materiais na produção da argamassa e do concreto, acarretando numa resistência maior que a necessária. Um outro exemplo citado por (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993), diz respeito à ocorrência de perdas decorrentes da produção de quantidade excessiva de materiais que possuem prazos limitados de utilização.

Sobre a superprodução por antecipação, esta pode ser exemplificada em termos de partes da obra que foram concluídas antes do necessário e que não serão “atacadas” imediatamente pelas equipes seguintes. Esta perda gera a descapitalização da empresa antes do necessário, além de ocupar a mão-de-obra com uma atividade sem urgência. Ressalta-se, no entanto, que isto vale para as atividades dentro do caminho crítico da programação, que foram consumidas na execução de partes da obra.

(FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) argumentam que as perdas por superprodução comumente produzem estoques de produtos inacabados e até mesmo a sua perda total, no caso dos materiais produzidos em excesso e que podem se deteriorar. A fim de evitar as perdas por superprodução quantitativa, (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993) comentam que a adoção de procedimentos padrão para a execução das atividades que estabeleçam prazos e as quantidades de insumos necessários à realização de cada tarefa é condição essencial para a eliminação destas perdas. Já as perdas acarretadas pela superprodução por antecipação podem ser minoradas através de uma melhor programação das atividades.

b) Perdas por espera

Esse tipo de perda é oriunda de fatores como o tempo de espera para a realização das atividades que está associado à seqüência das mesmas, à falta de materiais no canteiro devido ao atraso de fornecedores e todas as atividades que envolvem a mão-de-obra (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993). COSTA & FORMOSO (1998) resumem

isso, afirmando que estas estão relacionadas com a falta de sincronização das iterações entre trabalhadores, equipamentos e materiais.

Problemas como a falta de materiais e de espaço de trabalho para a equipe, citados por (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999), podem ser reduzidos através de um melhor planejamento dos recursos e com a adoção de procedimentos padrão. Além disso, (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993) argumentam que a parceria com fabricantes e fornecedores confiáveis é uma solução para o problema de atraso nas entregas de produtos.

c) Perdas por transporte

COSTA & FORMOSO (1998) afirmam que estas perdas estão relacionadas às atividades de movimentação interna de material, que geram custo e não agregam valor. Segundo (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993), são perdas que muitas vezes decorrem de um manuseio excessivo ou inadequado dos materiais ou componentes em função de uma má programação das atividades ou de um ineficiente arranjo do *layout* do canteiro. (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) apontam as principais conseqüências deste tipo de perda como: desperdício de homens-hora, desperdício de energia, desperdício de espaço no canteiro e a possibilidade de mais desperdícios de materiais durante o transporte.

Com o objetivo de racionalizar e se possível eliminar as operações de transporte é necessário estudar o fluxo de materiais, dos componentes e a definição de caminhos preferenciais para a mão-de-obra dentro do canteiro (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993). Além disso, o *layout* deverá aproveitar corretamente o espaço físico, o emprego da mecanização e dos equipamentos disponíveis em cada obra (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993).

d) Perdas por processamento

Para (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) estas perdas estão relacionadas com natureza da atividade de processamento (conversão), a qual poderia apenas ser evitada com uma mudança na tecnologia de construção. Um exemplo disso está na quantidade de reboco

que normalmente é desperdiçado na execução do revestimento interno. Outros exemplos citados por (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996), são a quebra de paredes rebocadas para viabilizar a execução das instalações e a quebra manual de blocos devido à falta de meios-blocos.

No entanto, observa-se que estas perdas poderiam ser menores se houvessem procedimentos padronizados em cada etapa do processo. Normalmente, a atividade é conhecida, entretanto não existe registro de como fazer e nem se questiona se o tempo gasto e o método tradicionalmente empregado é adequado (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993). Algumas medidas podem ser tomadas para redução destas perdas através da padronização do processo construtivo, estabelecimento de programas de treinamento permanentes e disponibilização de ferramentas e equipamentos em bom estado de conservação.

e) Perdas por estoque

Segundo COSTA & FORMOSO (1998), as perdas por estoque resultam da existência de estoques elevados de materiais, produtos em processo ou produtos inacabados, que podem ser originados por erros de planejamento ou programação, gerando possíveis perdas de mão-de-obra e equipamentos. (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) apontam que este excessivo ou desnecessário estoque pode levar a perdas materiais (através da deterioração, más condições de estocagem no canteiro, roubo, vandalismo) e perdas monetárias devido ao capital que está parado.

(FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) argumentam que estas perdas podem ser causadas pela falta de planejamento dos recursos ou da incerteza na estimativa das quantidades. Já (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993) associam estas perdas na construção com os estoques gerados por folgas ou erros no planejamento e orçamentação.

Todavia, (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993) comentam que o controle do estoque na construção pode ser viabilizado através da programação adequada da obra. Além disso, estes autores salientam que a redução de estoque no processo pode ser obtida via melhoria das atividades de transporte, inspeção e redução da variabilidade.

f) Perdas por movimentação

De acordo com (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999), as perdas por movimentação referem-se aos movimentos desnecessários e ineficientes realizados por operários durante o trabalho. COSTA & FORMOSO (1998) afirmam que estas perdas podem ocorrer devido à falta de planejamento, equipamentos adequados ou condições satisfatórias de trabalho.

Além de uma melhor programação dos recursos, (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993) afirmam que uma condição essencial para a redução desta perda pode ser via racionalização do *layout* do canteiro, de forma a conferir condições de trabalho mínimas. Outra sugestão proposta por (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993) está no estabelecimento de tempos padrão de operação para que se possa detectar, através de medições, se o operário está se deslocando excessivamente no canteiro em detrimento das atividades produtivas.

g) Perdas por produzir produtos defeituosos

Ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados em projeto, resultando em retrabalhos ou redução do desempenho do produto final, gerando perdas de materiais, mão-de-obra e equipamentos (COSTA & FORMOSO, 1998). (FORMOSO, ISATTO, HIROTA, 1999) comentam que estas perdas podem ser causadas por uma grande variedade de fatores: projeto e especificações deficientes, falta de planejamento e controle, falta de qualificação da equipe responsável, falta de integração entre o projeto e a produção, etc. A estes fatores, (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993) acrescentam a utilização de materiais defeituosos.

A principal medida capaz de contornar muitos problemas é a melhoria da qualidade dos projetos, que não devem limitar-se somente à forma final do edifício e às características técnicas, devendo fornecer detalhes de execução, prescrever o modo de execução e a sucessão das etapas de trabalho (SILVEIRA, SCARDOELLI, FONSECA, 1993). Estes autores acrescentam que os outros fatores causadores destas perdas podem ser eliminados

através da adoção de procedimentos padronizados de inspeção com enfoque preventivo e controle dos processos.

h) Perdas por substituição

Segundo COSTA & FORMOSO (1998), as perdas por substituição dizem respeito, entre outras, à utilização de um funcionário muito qualificado em tarefas simples, ao uso de equipamentos com maior avanço tecnológico em tarefas simples e à utilização de um material ou componente de valor com características de desempenho superiores ao especificado. Sobre estes últimos, (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) citam, como exemplos, a utilização de argamassa com traços de maior resistência que a especificada e a utilização de tijolos maciços no lugar de blocos cerâmicos furados.

i) Outras

COSTA & FORMOSO (1998) afirmam que estas perdas são de natureza diferente das anteriores e citam como exemplos roubos, vandalismo, acidentes, condições climáticas, problemas com equipamentos, etc. Pode-se acrescentar também a estas, a má utilização do produto pelos clientes após o recebimento, acarretando um retrabalho.

2.3 O Processo de Medição de Desempenho

2.3.1 Conceito de medição de desempenho

A medição é parte inerente da gestão da qualidade, constituindo um sistema de apoio para o planejamento, solução de problemas, tomada de decisões, desenvolvimento de melhorias, controle dos processos e motivação dos recursos humanos (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995). Em resumo, trata-se de um subsistema de apoio ao sistema gerencial, o qual fornece as informações necessárias para a tomada de decisão sobre possíveis intervenções num processo.

Este subsistema de apoio pode, por exemplo, estar inserido em um processo gerencial como o planejamento e controle da produção (PCP) através da atividade de acompanhamento e controle da produção exercida pelo mesmo. Neste caso, de acordo com TUBINO (2000), o objetivo do acompanhamento e controle da produção é fornecer uma

ligação entre o planejamento e a execução das atividades operacionais, identificando os desvios, sua magnitude e fornecendo subsídios para que os responsáveis pelas ações corretivas possam agir. Segundo TUBINO (2000), isso é feito por meio da coleta e análise dos dados, buscando garantir que o programa de produção emitido seja executado a contento.

Para fins deste trabalho, o conceito de medição de desempenho adotado é o proposto por SINK & TUTTLE (1993). Na definição destes autores, a medição de desempenho é um processo que envolve as atividades de coleta, processamento e avaliação dos dados (Figura 2.2). Sendo que dados são definidos por TAKASHINA & FLORES (1996), como informações numéricas relativas a uma ou mais atividades.

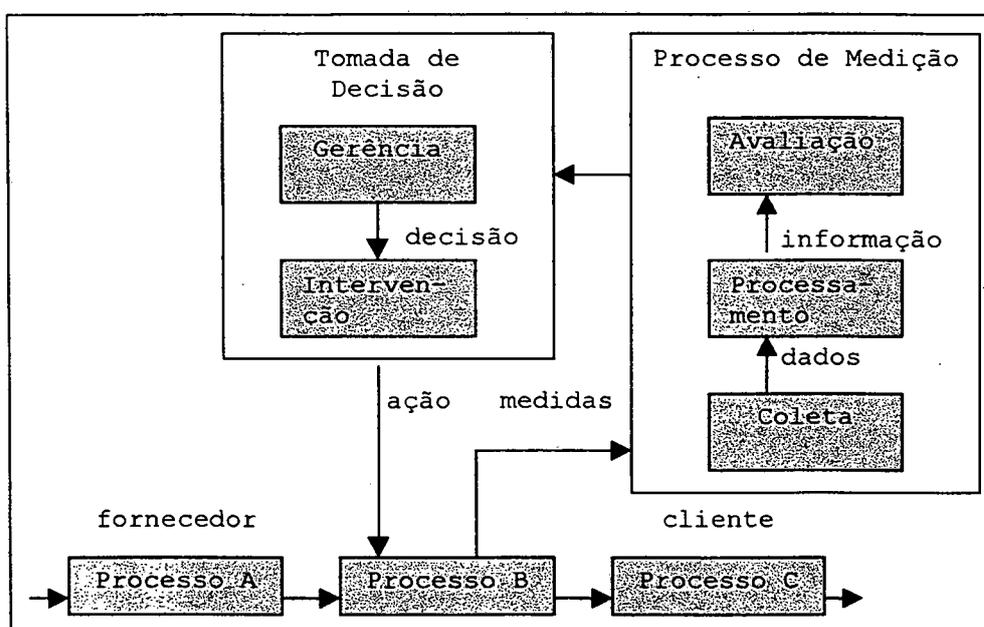


Figura 2.2 – Modelo de Sistema Gerencial (adaptado de SINK & TUTTLE, 1993)

A coleta e registro dos dados sobre emprego de máquinas, homens e materiais é o primeiro passo na ação do acompanhamento e controle da produção (TUBINO, 2000). Para a geração dos dados algumas condições como, quem fará as medições e com que frequência estes dados serão levantados, precisam ser estabelecidas.

O próximo passo é o processamento dos dados. A etapa de processamento implica na seleção de técnicas, ferramentas e métodos para a conversão dos dados em informação (SINK & TUTTLE, 1993). Esta definição é importante por fazer a distinção entre dado e informação e por demonstrar que os dados precisam ser tratados antes de serem apresentados. Nesta etapa, entre outras questões, precisam ser resolvidos os procedimentos a serem utilizados na representação das informações e para quem estas destinam-se.

Já a avaliação ou análise, de acordo com TAKASHINA & FLORES (1996), consiste em extrair dos resultados do processamento o seu mais amplo significado, para apoiar a avaliação do progresso, as tomadas de decisão nos vários níveis da empresa e a revisão do planejamento de curto e longo prazo, fechando assim o ciclo de aprendizagem. Nesta etapa, deve-se levar em consideração a finalidade das informações, para discutir quais os critérios para a sua análise. Por exemplo, se o processo de medição tem por objetivo o melhoramento contínuo de processos, além dos indicadores, devem ser discutidas ações para elevação dos padrões do desempenho (OLIVEIRA, 1999).

Para isso, (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995) apontam que nesta etapa também são discutidas as possíveis causas dos resultados obtidos, que atitude tomar em relação aos resultados indesejados e, acima de tudo, como proceder na realimentação do processo. Esta preocupação, como afirmam TAKASHINA & FLORES (1996), deve-se ao fato de que a aprendizagem de um processo ocorre pela realimentação entre o mesmo e seus resultados. Esta realimentação do sistema, segundo LUBBEN (1989), é o que resulta na ação corretiva necessária para restabelecer o processo em seu curso ou para alterá-lo.

Sobre o melhoramento do processo através da realimentação, OLIVEIRA (1999) afirma que os resultados da coleta, processamento e avaliação das informações possibilitam, mas não garantem a tomada de decisão e a implementação de ações. TUBINO (2000) acrescenta que tecnicamente, tudo sobre o que está ocorrendo dentro do processo produtivo pode ser coletado e armazenado em bancos de dados, porém, se nenhuma ação efetiva em benefício para empresa resultar desta coleta, ela deve ser revista e eliminada. Isto porque recursos podem estar sendo gastos em vão e, como afirma HARRINGTON (1997), as medições podem ser uma ferramenta eficaz para orientar a organização se forem usadas corretamente, mas se forem mal utilizadas elas podem ser destrutivas.

As causas da má ou não utilização das informações providas pela medição podem variar desde a utilização de indicadores de desempenho que são inadequados para o processo até uma cultura gerencial onde as decisões são tomadas na base da intuição. O problema com isso, é que boas oportunidades para a melhoria de desempenho dos processos são desperdiçadas. Segundo LUBBEN (1989), à medida que os dados se tornam mais velhos, o processo no qual o produto foi fabricado muda, e a chance de isolar a causa e tomar ações corretivas diminui. Diante disso, TUBINO (2000) observa que quanto mais rápido os problemas forem identificados, ou seja, quanto mais eficiente forem as ações do acompanhamento e controle da produção, menores serão os desvios a corrigir, menor o tempo e as despesas com ações corretivas.

2.3.2 Diferentes finalidades das medições

SINK & TUTTLE (1993) classificam as medições em diferentes tipos segundo a finalidade das informações que fornecem:

a) Medições para visibilidade

São medições para diagnóstico inicial realizadas num primeiro momento quando a empresa ainda não controla seus processos (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995). (TANSKANEN, WEGELIUS, NYMAN, 1997) apontam a identificação dos processos a serem desenvolvidos e a medição dos seus atuais níveis de desempenho como um dos pontos chave para os seus desenvolvimentos. Esta importância deve-se ao fato de que as medições para visibilidade feitas antes de qualquer intervenção nos processos, fornecem informações que facilitarão a posterior monitoração de mudanças. Este aspecto também é abordado por LUBBEN (1989), o qual afirma que quando a situação atual for conhecida, essa informação poderá ser usada depois para efetivamente medir a mudança ou para traçar o desempenho da empresa.

De acordo com LUBBEN (1989), o diagnóstico ou estimativa atual é também um processo de determinação dos pontos-chave ou elementos no sistema de manufatura que devem ser monitorados. Para isso, LUBBEN (1989) argumenta que o desenvolvimento de sistemas de coleta de dados é essencial no processo de desenvolvimento a tempo hábil do

fluxo das informações válidas, desses pontos de monitoração. O mesmo autor aponta que a partir dessa coleta de dados, são extraídas informações que exibem o estado atual do elemento que está sendo monitorado.

b) Medições para controle

Segundo (LANTELME, OLIVEIRA, FORMOSO, 1993), estas medições visam controlar os processos a partir do momento que a empresa consegue definir padrões de desempenho para os mesmos. LUBBEN (1989) vai ao encontro desta afirmação ao comentar que assim que os diagnósticos tenham sido estabelecidos, a tarefa a seguir é avaliar a posição relativa de cada um dos processos-chave, comparando os dados coletados com os padrões internos e/ou com estudos sobre a concorrência. Para (TANSKANEN, WEGELIUS, NYMAN, 1997) o estabelecimento destes padrões através do *benchmarking* com as “melhores práticas” da concorrência tem o intuito de identificar potenciais de melhoria.

O objetivo da medição, portanto, passa a ser a identificação de problemas. Tendo os dados oportunos em mãos, o PCP pode, então, compará-los com o programa de produção emitido buscando identificar possíveis desvios que demandem ações corretivas (TUBINO, 2000). Com a detecção do problema, deve-se identificar suas causas e atuar de forma a eliminá-las (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995).

c) Medições para melhoria

Neste caso, a medição permite verificar o impacto das ações de melhoria sobre o desempenho do processo (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995). Esta verificação pode ser feita através da comparação do desempenho da variável medida em relação a uma meta ou padrão estabelecido em *benchmarks*, por exemplo, ou em relação ao seu diagnóstico inicial. LUBBEN (1989) trata da segunda opção ao afirmar que a monitoração de melhorias de desempenho é um processo de verificação do estado atual de itens selecionados para a medição e a comparação dessa informação contra o desempenho passado, o diagnóstico que foi estabelecido.

Seja qual for o referencial de comparação adotado (padrão ou diagnóstico inicial), TAKASHINA & FLORES (1996) afirmam que a partir dos resultados demonstrados através dos indicadores é possível se estabelecer a taxa de melhoria, a sua amplitude e importância. Desta forma, pode-se avaliar se a melhoria foi revolucionária (em japonês: *kairyo*), contínua (*kaizen*) ou de restauração (*kaifuku*), se a melhoria é sustentada e se há evidência de liderança no ramo (TAKASHINA & FLORES, 1996).

2.3.3 Requisitos para as medidas de desempenho

Um indicador deve ser gerado criteriosamente, de forma a assegurar a disponibilidade dos dados e resultados mais relevantes no menor período de tempo possível e ao menor custo (TAKASHINA & FLORES, 1996). Além do mais, segundo OSTRENGA (1997), há a necessidade dos indicadores refletirem os aspectos do desempenho que são importantes nos níveis elevados da organização e de serem rápida e facilmente interpretados. Diante disso, é feita a seguir uma breve discussão sobre os principais critérios adotados em estudos na construção (FORMOSO, 1997; OLIVEIRA 1999) para os indicadores de desempenho, os quais são seletividade, baixo custo de medição, representatividade e simplicidade.

a) Seletividade

Este critério, de acordo com TAKASHINA & FLORES (1996), capta uma característica-chave do produto ou do processo. Para isso, (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995) argumentam que os indicadores devem estar relacionados a aspectos, etapas e resultados essenciais ou críticos do produto, serviço ou processo.

Existem três técnicas básicas para documentar os aspectos importantes do desempenho (OSTRENGA, 1997). Segundo OSTRENGA (1997), elas não são mutuamente excludentes e se forem combinadas serão mais eficazes. A primeira é a identificação dos fatores críticos de sucesso baseado na experiência e num profundo conhecimento sobre a empresa e a indústria. A segunda trata da análise de um modelo de negócio baseado em processos e tem como objetivo suprimir as falhas da primeira. A terceira e última, é a incorporação dos resultados da análise do processo do negócio.

b) Baixo custo de medição

(OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995) afirmam que o custo da coleta, processamento e avaliação não deve ser superior ao benefício trazido pela medida. Para isso, TAKASHINA & FLORES (1996) afirmam que o indicador deve ser gerado a baixo custo utilizando unidades adimensionais ou dimensionais simples, tais como porcentagem, unidades de tempo, etc. O objetivo deste baixo custo de obtenção, de acordo com FORMOSO (1997), é permitir que o indicador possa ser aplicado até mesmo em empresas de pequeno porte e, portanto, com menos recursos.

c) Representatividade

O indicador deve ser escolhido ou formulado de forma que possa representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995). Segundo TAKASHINA & FLORES (1996), estes devem ser suficientemente representativos, inclusive em termos estatísticos, e deve-se priorizar indicadores representativos de situação ou contexto global.

d) Simplicidade

Para ALARCÓN & SERPELL (1996) um sistema de medição de desempenho deve utilizar parâmetros de medição simples e de número limitado. Sobre isso, (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995) argumentam que os indicadores devem ser de fácil compreensão e aplicação principalmente para aquelas pessoas diretamente envolvidas com a coleta, processamento e avaliação dos dados, utilizando relações percentuais simples, médias, medidas de variabilidades e números absolutos.

Além disso, ALARCÓN & SERPELL (1996) afirmam que é preciso haver uma definição clara e transparente dos objetivos do sistema. Isto deve ser refletido na escolha dos indicadores, pois segundo FORMOSO (1997) é importante para que as pessoas envolvidas na medição possam compreender facilmente porque elas estão coletando estes indicadores.

2.3.4 Apresentação das informações

OSTRENGA (1997) afirma que são dois os objetivos da apresentação de informações sobre o desempenho: primeiro, ajudar o responsável a compreender rapidamente o desempenho global; segundo, ajudá-lo a distinguir entre elementos que estão sob controle e os outros que necessitam de atenção. Para isso, segundo MOREIRA (1996), a natureza, o grau de detalhamento e de precisão, a periodicidade dessas medidas devem estar de acordo com o que os seus usuários precisam; talvez elas possam ser expressas de forma simples e afixadas em lugares visíveis, sem nenhuma sofisticação, ou talvez exijam cálculos elaborados e relatórios específicos.

Na apresentação das informações, as formas mais comuns utilizadas são dispositivos com tabelas e gráficos. Nas tabelas de valores, o princípio básico é destacar os valores totais de forma clara e nos gráficos deve-se sempre fornecer o valor numérico correspondente aos pontos assinalados e à comparação imediata com o passado (ZACCARELLI, 1982). Assim, a figura fornece um resultado comparativo com o passado e os números fornecem os valores precisos (ZACCARELLI, 1982).

Sobre os gráficos, OLIVEIRA (1999) cita a utilização destes, além de cores, para a compreensão geral das informações em um nível mais agregado. O gráfico permite uma visão rápida, fácil e clara do nível e da tendência dos dados e resultados e da sua comparação com referenciais externos, além da sua variação, centralização e dispersão (TAKASHINA & FLORES, 1996). No caso das cores, estas devem ser sempre associadas a um significado, para que exista maior facilidade na expressão tanto das metas como dos resultados (OLIVEIRA, 1999).

Em outro nível, mais específico, as informações transmitidas têm a função de explicitar alguns aspectos abordados pelos indicadores e incentivar a discussão dos mesmos (OLIVEIRA, 1999). A apresentação destas, pode ser feita com um maior grau de detalhamento através de relatórios com tabelas e memorial de cálculo. (GRIEF, 1991 citado por OLIVEIRA, 1999) afirma que essas informações mais detalhadas não necessitam fazer parte dos mesmos dispositivos que contêm gráficos e símbolos. Entretanto, devem estar

próximos para evitar o dispêndio de tempo na busca destas informações (OLIVEIRA, 1999).

A respeito da interpretação dos dados, OLIVEIRA (1999) afirma que esta pode ser influenciada pela precisão e unidade de medida. Sobre isso, MOREIRA (1996) comenta que a medição de desempenho para ser útil, não tem que ser tão precisa quanto a medição em laboratório e que a finalidade básica da mesma é demonstrar se a organização está caminhando na direção correta. Pequenos desvios para um lado ou outro não impedem que se chegue a essa finalidade (MOREIRA, 1996).

Já o conteúdo das informações apresentadas nas tabelas e gráficos precisa ser selecionado com cuidado, pois influencia a interpretação das mesmas. Neste sentido, observa-se a necessidade de selecionar as informações antes de disponibilizá-las, de forma que algumas delas fiquem restritas à equipe de produção e ao chefe da equipe, porquanto podem causar impacto negativo sobre a moral dos trabalhadores (OLIVEIRA, 1999).

Segundo MOREIRA (1996), esta preocupação em não assustar as pessoas é devido ao fato de que quase todos os membros de uma organização conseguem lembrar-se de um exemplo em que uma medida de desempenho foi usada para “derrubar” alguém. Com o objetivo de contornar isso, MOREIRA (1996) afirma que deve-se enfatizar que a medição da melhoria do desempenho destina-se principalmente à gerência e ao grupo que está sendo medido, lembrando que estão sendo medidos os resultados de atividades, e não de pessoas.

Outro aspecto de grande importância diz respeito à localização dos dispositivos visuais, a qual requer atenção por estar relacionada com a descentralização da tomada de decisão e por promover o envolvimento dos funcionários no esforço pela melhoria. (OLIVEIRA, ALVES, FORMOSO, 2000) corroboram isso, ao comentarem que a ampliação da motivação e comprometimento pode ser observada através da descentralização da tomada de decisão, no qual o trabalhador deixa de desempenhar um papel passivo, atuando de forma pró-ativa tanto na identificação de problemas como no desenvolvimento de soluções. Por isso, a fim de intensificar essa participação dos funcionários e acelerar a identificação e correção de problemas, LUBBEN (1989) propõe

que essas informações estejam disponíveis para as áreas de produção responsáveis, tão cedo quanto possível, a fim de se obter o máximo de benefício.

No entanto, na indústria da construção, diferentemente da indústria manufatureira, são as equipes que se deslocam para a realização de determinado produto (OLIVEIRA, 1999). Neste sentido, OLIVEIRA (1999) afirma que cabe a identificação dos objetivos das informações disponibilizadas, podendo ser de interesse geral e de interesse específico de algumas equipes ou de subempreiteiros. Este mesmo autor comenta que dependendo do caso, se as informações forem de interesse geral, estas podem ser alocadas em áreas comuns da empresa e se as informações forem específicas, estas podem encaixar-se dentro do conceito de pacote de trabalho, onde poderia haver também considerações quanto à utilização e atualização de dispositivos visuais para determinadas atividades.

2.3.5 Discussão sobre o estado atual da medição de desempenho na construção

Aliado às peculiaridades da construção e à falta de concorrência internacional está a tradicional forma de gerenciamento da construção como um dos aspectos responsáveis pelo lento desenvolvimento dos processos construtivos e, portanto, da indústria como um todo. Nesta, o gerenciamento da construção é baseado no planejamento do projeto e na elaboração de prazos, orçamentos e outros requerimentos para que a gerência do canteiro, durante a execução do empreendimento, preocupe-se em estar em conformidade com os mesmos. BALLARD & HOWELL (1997) observam que neste gerenciamento, o planejamento no começo do projeto é substituído pelo controle durante a execução do mesmo.

O problema, de acordo com BALLARD & HOWELL (1997), está na falta de cuidados para compatibilizar estas metas com os recursos disponíveis, o que prejudica o comprometimento da gerência do canteiro com o cumprimento das metas estabelecidas pelo planejamento. Os resultados, segundo estes autores, são mais tempos improdutivos, desmoralização da gerência e muita energia e atenção direcionadas para conseguir realizar o trabalho ao invés de aprender como trabalhar melhor e mais rápido.

Isso é comentado por TUBINO (2000), o qual afirma que um programa de produção deve ser realístico, as ordens emitidas devem ter grandes possibilidades de serem executadas, pois, caso contrário, os programas de produção ficarão desacreditados e o acompanhamento e controle da produção terá como função ficar “apagando incêndios”, o que é desestimulante e improdutivo.

Segundo BALLARD & HOWELL (1997), devido a esta forma de planejamento, o surgimento de problemas faz com que as folgas dentro do cronograma desapareçam e cada vez mais pressão passa a ser exercida sobre todos os participantes da cadeia para que estes trabalhem mais e mais rápido. Como consequência disto, ALARCÓN & SERPELL (1996) observam que a filosofia de controle fica voltada para o objetivo de encontrar a equipe culpada pelo atraso e de impor sanções. BALLARD & HOWELL (1996), ao reforçarem esta afirmação comentando que geralmente são procurados culpados para responderem pelos desvios, acrescentam que as ações corretivas limitam-se à persuasão das entidades “mal comportadas” (indivíduos ou organizações) através da manipulação de incentivos para pôr os seus desempenhos na linha e, em casos mais extremos, há uma reestruturação dos planos. Por isso, ALARCÓN & SERPELL (1996) comentam que é preciso reconhecer que as tradicionais práticas de medição de desempenho normalmente são inadequadas e freqüentemente o desempenho está fortemente associado a sistemas de recompensa e punição.

A respeito da inadequação das tradicionais práticas, BALLARD & HOWELL (1997) afirmam que a abordagem de controle em que estas se baseiam é muito abstrata para identificar o que precisa ser mudado para que hajam melhorias. (LEE, DIEKMANN, SONGER, BROWN, 1999) enfatizam isso, ao comentarem que uma das razões pela quais as perdas não são corretamente reconhecidas é devido à ausência de ferramentas apropriadas para a medição de perdas e valor. É importante perceber que os tradicionais parâmetros de desempenho medidos nos projetos, mais exatamente custos e prazos, não são apropriados para a melhoria contínua, porque não são eficientes na identificação das causas de perdas de produtividade e qualidade (ALARCÓN & SERPELL, 1996).

Outro problema identificado por ALARCÓN (1997a) está no fato de que os sistemas tradicionais utilizam apenas um ou dois indicadores de desempenho e possuem as suas

aplicações limitadas a uma fase do projeto. Isso reforça a afirmação de que tratam-se de controles orientados para resultados, onde o objetivo é a comparação dos resultados desejados com os obtidos. Sobre isto, BALLARD & HOWELL (1996) argumentam que o atual gerenciamento de projetos dinâmicos como os da construção, requer uma mudança de foco do produto (saída) para o processo.

A questão, como afirmam BALLARD & HOWELL (1997a), é que a construção é um tipo de produção que diferencia-se da manufatura por possuir maiores incertezas e variações no fluxo. OLIVEIRA (1999), ao citar diversos autores, afirma que a desconsideração da incerteza como um estado permanente na indústria da construção tem influência preponderante na eficácia da mão-de-obra. Isso é ainda mais agravado pelo fato de que a gerência costuma focar com muito otimismo o planejamento num nível de detalhamento maior do que o permitido pelas informações que possuem.

Segundo BALLARD & HOWELL (1996), mesmo quando a incerteza é considerada pela gerência, a qual utiliza métodos tradicionais de controle em projetos dinâmicos, a resposta é a aplicação de grandes *buffers* de tempo e recursos para garantir a flexibilidade dos processos. Só que, como os mesmos autores afirmam, o resultado desta promoção de flexibilidade é o surgimento de mais incertezas.

Em contraste, os controles centrados nos processos podem reduzir a incerteza no fluxo de trabalho e, portanto, a necessidade e dependência por *buffers* de tempo (BALLARD & HOWELL, 1996). Daí a discussão, já mencionada, sobre a importância de focar controle em todo o processo (KOSKELA, 1992; HOWELL 1999), adotar novas medidas de desempenho (KOSKELA, 1992; ALARCÓN, 1997a) e de, como afirma FORMOSO (1997), realizar a avaliação cuidadosa e sistemática do desempenho para possibilitar a identificação de problemas, estabelecer prioridades e monitorar os resultados obtidos.

Este último item, aliás, é outra deficiência da forma como vem sendo feito o acompanhamento e controle da produção na construção. OLIVEIRA (1999) comenta que a coleta de informações não tem recebido atenção suficiente e que existe muito pouco esforço para coletá-las, principalmente aquelas relacionadas à variabilidade do desempenho da

mão-de-obra. Isso é confirmado por (SANTOS, POWELL, FORMOSO, 1999) num trabalho desenvolvido em cima de seis estudos de caso, onde estes observaram que raramente medições sistemáticas, identificação e eliminação das causas das variações são realizadas. De acordo com estes mesmos autores, gerentes e trabalhadores freqüentemente argumentavam que as medições não eram praticadas nos canteiros por consumirem tempo.

Além disso, BALLARD & HOWELL (1996) acrescentam que mesmo quando há a coleta, muito pouco tempo é dedicado à análise dos dados para a tomada de decisões gerenciais. A conclusão de BALLARD & HOWELL (1997b) sobre este assunto está na afirmação de que focar na técnica de planejamento sem um diagnóstico apurado da situação não faz muito sentido e, portanto, é preciso coletar e verificar informações.

2.3.6 Os princípios da Produção Enxuta numa sistemática para levantamento de parâmetros operacionais

(TANSKANEN, WEGELIUS, NYMAN, 1997) dividem as ferramentas de apoio à construção enxuta em duas categorias: primeiro, ferramentas de apoio à reengenharia dos processos de negócio; segundo, ferramentas de apoio ao planejamento e controle dos processos de negócio. Sendo a medição de desempenho realizada por uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais crucial tanto para a reengenharia como para o controle dos processos, ALARCÓN & SERPELL (1996) identificam como potenciais benefícios desejáveis de serem obtidos pela aplicação desta: potencial para um melhor controle; identificação de áreas com problemas ou com potencial para melhoria; capacidade de tomar decisões rápidas através de informações oportunas.

Diante disso, é observado que para que uma sistemática seja capaz de explorar estes benefícios, esta deve estar fundamentada sobre alguns princípios da Produção Enxuta. A partir da revisão dos estudos desenvolvidos (KOSKELA, 1992; BALLARD & HOWELL, 1996; ALARCÓN 1997, 1997a, 1997b) foram identificados três princípios elementares da Produção Enxuta sobre os quais uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais deve ser concebida: aumento da transparência do processo, controle focado em todo o processo e introdução da melhoria contínua no processo.

Sendo estes três princípios derivados de um mesmo conceito, o qual considera a produção como um fluxo, é natural observar que estes complementam-se e até mesmo se intercalam. Isto pode ser exemplificado na forma de uma seqüência lógica onde, primeiramente, a medição é empregada para dar transparência às deficiências das atividades do processo em estudo. Em seguida, são propostas melhorias para as atividades, as quais devem ser monitoradas para avaliar o impacto destas uma sobre as outras e, portanto, sobre o processo. Esta monitoração também dá visibilidade à evolução da melhoria de desempenho das atividades em direção à meta estabelecida e provê resultados que devem ser repassados para a equipe responsável com o objetivo de estimular o envolvimento dos operários na busca pelo aperfeiçoamento contínuo.

a) Aumento da transparência do processo

A transparência trata da transformação de atributos invisíveis do processo em visíveis através de medidas (KOSKELA, 1992). Isto é, a utilização de medidas de desempenho exterioriza a rede de informações que está implicitamente contida no processo. Assim, por exemplo, atributos como a qualidade do trabalho de produção, resíduos ou produtividade são invisíveis, exceto se forem medidos e transformados em indicadores de desempenho (SANTOS, POWELL, EATON, SARSHAR, 2000).

A medição do desempenho também possibilita uma maior visibilidade das atividades que não agregam valor, tornando mais fácil a identificação de oportunidades de melhoria. Atividades como refugos, movimentação, repetições de trabalho e esperas resultam da falta de transparência e estão freqüentemente ocultas no cálculo dos custos de um processo ou produto. OSTRENGA (1997) afirma que para fins de custeio de produtos/serviços, deve-se custear as atividades que não agregam valor no nível de produto. Mas para fins de medição de desempenho, é altamente desejável não encobrir esses custos, mas sim capturá-los e relatá-los em separado (OSTRENGA, 1997). O objetivo, ao relatá-los separadamente, é reconhecer estes custos e fornecer subsídios para a tomada de providências que possam reduzi-los.

(SANTOS, POWELL, SHARP, FORMOSO, 1998) afirmam que a prática de medição do processo também ajuda a detectar os problemas à medida que estes ocorrem e

identifica as situações críticas antes mesmo que estas transformem-se em problemas. Segundo SANTOS & POWELL (1999), estes problemas, os quais vão desde o atraso no prazo até erros dimensionais no produto, são manifestações da variabilidade na prática. Sendo assim, a detecção destes é feita através da medição da variabilidade, o que é muito importante por possibilitar à gerência a oportunidade de contorná-los através da identificação e eliminação das causas dos desvios.

b) Controle focado em todo o processo

Para OSTRENGA (1997), a visão de processo enfoca o próprio trabalho a fim de gerenciá-lo e não a estrutura organizacional. Essa visão de controle vai contra a abordagem tradicional da visão funcional baseada no organograma, na qual todos os recursos pertencem a departamentos individuais.

Em relação ao controle baseado na visão funcional, KOSKELA (1992) refere-se a este como uma prática que contribui para a ocorrência de perdas, visto que cada nível gerencial procura otimizar a sua parte sem levar em consideração o processo como um todo. Isso deve-se ao fato de que um processo interage com os diversos níveis gerenciais de uma empresa através de suas atividades e focar o controle num nível gerencial pode acarretar em ações que beneficiem algumas etapas ou atividades do processo em detrimento de outras prejudicando, desta forma, o desempenho global do mesmo.

Já no controle baseado na visão de processos ou horizontal, (TANSKANEN, WEGELIUS, NYMAN, 1997) argumentam que a efetividade de todo o processo de negócio, o qual começa na fase de projeto e termina quando o produto final é entregue ao consumidor, é mais importante que a eficiência de unidades separadas do processo. Sobre isso, ALARCÓN (1997) comenta que focar a atenção em todo o processo torna possível a análise de melhorias globais, o que nem sempre é possível de ser feito com uma visão individual de cada operação.

Este controle pode ser exercido através de medições de desempenho e seus sistemas de informação, pois segundo (RADOS, DIAS, ÑAURI, NERES, 1999) estas integram e equilibram as necessidades dos clientes externos, com os produtos e/ou serviços oferecidos

pela empresa. Além disso, estabelecem entre os clientes internos uma efetiva visão da relação fornecedor-cliente (RADOS, DIAS, ÑAURI, NERES, 1999). Portanto, a visão de processo dá a empresa uma compreensão mais clara da sua eficácia na satisfação das necessidades do cliente e também na realização do seu trabalho (OSTRENGA, 1997).

c) Introdução da melhoria contínua no processo

O esforço para reduzir perdas e aumentar o valor é uma atividade interna, incremental e iterativa que deve e pode ser executada continuamente (KOSKELA, 1992). Para isso, KOSKELA (1992) afirma que são necessários alguns métodos para a institucionalização da melhoria contínua e entre eles, está a medição e monitoramento da melhoria.

Diante disso, ALARCÓN & SERPELL (1996) comentam que a medição de desempenho deve estar orientada na busca por oportunidades de melhoria, onde todos os participantes estejam ativamente envolvidos neste esforço. Segundo ALÁRCÓN (1997b), após a identificação das oportunidades, pode-se tomar proveito destas através da adoção de estratégias de redução de perdas em paralelo a estratégias de adição de valor. Por essa razão, é de grande importância que se incorpore medidas de desempenho que promovam a melhoria contínua nos processos da empresa e que tornem visíveis as atividades que não agregam valor (ALARCÓN & SERPELL, 1996).

Com a adoção das estratégias de melhoria, TAKASHINA & FLORES (1996) apontam que outra grande contribuição das medidas está no monitoramento do desempenho buscando identificar desvios e possibilidades mais amplas de melhoria através da comparação do resultado destas com referências de excelência. Além de fornecer subsídios para mais melhorias, OSTRENGA (1997) afirma que esse monitoramento do progresso do processo ao longo do tempo e em direção à meta estabelecida é extremamente importante e fundamental para apoiar um ambiente de aperfeiçoamento contínuo. Principalmente se a melhoria for contínua (*kaizen*), pois como afirma MELLES (1997) esta é a mais importante para a produção enxuta e a sua visualização pode ser um grande instrumento para a mudança de atitude de todos os funcionários.

2.4 Considerações Finais

O presente capítulo analisou os principais aspectos da problemática do controle da construção. Foram apresentados os princípios da Produção Enxuta e verificado, através de discussões, possíveis melhorias provenientes da sua aplicação na construção, principalmente quando amparada pela prática da medição de desempenho.

Contudo, constata-se a necessidade de desenvolver sistemas de medição de desempenho que estejam fundamentados nos princípios do aumento da transparência do processo, do controle focado em todo o processo e da introdução da melhoria contínua no processo. A adoção destes princípios da Produção Enxuta torna visíveis aspectos das atividades do processo produtivo, fornecendo informações para o aperfeiçoamento do mesmo.

Em decorrência das considerações supracitadas foram selecionadas metodologias, cujos princípios utilizados no desenvolvimento da Sistemática proposta devem permitir que a mesma atenda os três princípios da Produção Enxuta citados acima. No capítulo seguinte é realizada uma apresentação destas metodologias, precedida por uma descrição dos principais requisitos de uma sistemática de medição de desempenho concebida para a Produção Enxuta.

3 APRESENTAÇÃO DAS METODOLOGIAS PARA A COMPOSIÇÃO DA SISTEMÁTICA PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS

Neste capítulo são apresentadas as metodologias que embasam a sistemática proposta e discutida a aplicação destas à luz dos princípios da Produção Enxuta. Inicialmente é feita uma apresentação dos principais requisitos necessários a uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais na Produção Enxuta. Em seguida são apresentados a técnica de Amostragem do Trabalho e o Custeio Baseado em Atividades. As discussões realizadas neste capítulo são fundamentais para o desenvolvimento da sistemática para levantamento de parâmetros operacionais apresentada no capítulo 4.

3.1 Requisitos de uma Sistemática Desenvolvida para a Produção Enxuta

A medição de desempenho realizada por uma sistemática para levantamento de parâmetros operacionais pode dar suporte ao planejamento e controle dos processos de negócios e à reengenharia dos mesmos, identificando os seus atuais níveis de desempenho e comparando-os com referências de excelência.

Para isso, além de estar fundamentada em princípios da Produção Enxuta, (TANSKANEN, WEGELIUS, NYMAN, 1997) argumentam que uma sistemática desenvolvida para dar apoio à construção enxuta deve atender requisitos como: processar as informações de forma interativa; apresentar graficamente as informações; compreender e especificar os objetivos do planejamento e controle; dar sustentação a melhoria contínua do desempenho; e prover *feedback* do atual desempenho dos processos planejados.

COOPER & KAPLAN (2000) acrescentam que nos sistemas de informação e controle desenvolvidos para fornecerem os dados para apoio ou esforços de melhoria contínua, as informações têm de ser oportunas, precisas e específicas do grupo de trabalho envolvido. Normalmente, estas informações estão na forma de indicadores não-financeiros como perdas e tempo de ciclo, os quais devem ser divulgados periodicamente para dar aos funcionários responsáveis um *feedback* da qualidade e eficiência dos processos que executam.

No entanto, COOPER & KAPLAN (2000) afirmam que estes sistemas também podem coletar informações financeiras relevantes sobre o custo dos recursos (pessoal, materiais, máquinas e energia) utilizados nos processos operacionais. Esses autores comentam que os sistemas podem conter um subsistema, baseado em atividades, que coleta informações sobre o custo efetivo das atividades para gerar um *feedback* em curto prazo sobre a eficiência dos processos das diversas áreas.

COOPER & KAPLAN (2000) apontam que as atividades num sistema de apoio a melhoria contínua são comumente listadas de forma mais detalhada do que, por exemplo, em um sistema ABC para fins de custeio estratégico de produtos e clientes. Eles argumentam que os dados desagregados, precisos e em tempo real de atividades fornecem um *feedback* valioso para o aprimoramento de atividades nos subprocessos locais e para os esforços de redução de custos.

3.2 Amostragem do Trabalho

3.2.1 Conceito de amostragem do trabalho

A técnica de amostragem do trabalho, que consiste em observações sistemáticas ou ocasionais da atividade de operários e/ou máquinas, é uma forma visual de obter dados para controle (ZACCARELLI, 1982). De acordo com (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996), sua lógica é baseada na lei das probabilidades, segundo a qual observações instantâneas realizadas sobre os processos produtivos, de forma aleatória, tendem a produzir informações representativas sobre como o tempo foi gasto durante todo o período de observação.

(LIBRELOTTO, MUTTI, OLIVEIRA, JUNGLES, 2000) afirmam que o princípio desta técnica atua como uma série de fotografias tiradas em intervalos irregulares. Se o intervalo entre as fotografias for reduzido ao mínimo, teremos toda a seqüência da atividade, assim como se aumentarmos o número de amostras, poderemos obter o percentual de alocação dos tempos dos operários a cada atividade por ele realizada no período analisado (LIBRELOTTO, MUTTI, OLIVEIRA, JUNGLES, 2000). Por isso, (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) argumentam que o observador não

deve registrar o que o operário fez instantes atrás ou o que vai fazer instantes depois, mas deve registrar o que ele está fazendo no momento exato da observação (como se registrasse a fotografia daquele instante).

Trata-se, portanto, de um método simples de medida de trabalho que possibilita, num curto prazo e com baixos custos, o monitoramento da eficiência produtiva. Este monitoramento pode ser feito por praticantes brevemente treinados que podem, por exemplo, utilizar o método na medição de tempos de inatividade e esperas. Segundo (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996), esta medição permite uma estimativa da proporção de tempo despendido pelos operários em atividades deste tipo, possibilitando a identificação das atividades que apresentam problemas e orientando a implantação de melhorias relacionadas à diminuição das perdas no trabalho.

3.2.2 Aplicações para a amostragem do trabalho na construção

Os trabalhos de construção geralmente envolvem diferentes equipes de operários que estão sujeitas a fatores intervenientes e que se deslocam pelo canteiro ao longo do tempo para realizar atividades em processos de longa duração. HARRIS & McCAFFER (1989) afirmam que estas peculiaridades, que acarretam em variações nas saídas dos processos, dificultam o levantamento da eficiência produtiva através de métodos de estudo de tempos, cuja aplicação é bem sucedida na indústria manufatureira.

A técnica conhecida como Amostragem do Trabalho é um método que fornece ao gerente do projeto uma ferramenta de gerenciamento que faz um trabalho similar aos métodos de estudo de tempos, sem muitas das desvantagens apresentadas por estes quando aplicados a trabalhos de construção (HARRIS & McCAFFER, 1989). Isso porque, segundo BARNES (1977), a amostragem pode ser usada com proveito para medir operações de ciclo longo, trabalhos em que pessoas são empregadas em grupos e atividades que não se prestam ao estudo de tempos.

A aplicação desta técnica fornece informações sobre como está sendo utilizada a mão de obra. No entanto, a utilização desta como um modelo para medição da produtividade na construção vem sendo abandonada. A amostragem do trabalho tem sido empregada como

uma medida indireta de produtividade mas é considerada, na melhor das hipóteses, uma medida substituta da produtividade já que não há nenhuma medida de saída (ALARCÓN, 1997a).

O fato de que não há nenhuma correlação direta entre os resultados da amostragem do trabalho e a produtividade construtiva não reduz o seu potencial como uma ferramenta de diagnóstico e medição para a melhoria do desempenho (ALARCÓN, 1997a). O método da amostragem do trabalho é uma ferramenta eficaz para promover a melhoria contínua, pois possibilita a medição direta de perdas e a detecção de oportunidades de melhoria. Através de observações ocasionais é possível estimar, com validação estatística, como o tempo da mão de obra está sendo utilizado no canteiro de obra (ALARCÓN, 1997). As três principais categorias de trabalho mais usualmente adotadas em estudos são:

- *Trabalho produtivo*: Atividades que agregam valor por converterem materiais e/ou informações naquilo que o cliente deseja. Por exemplo, assentamento de tijolos, assentamento de cerâmica, colocação das telhas, fixação das formas e etc.;
- *Trabalho auxiliar*: Atividades que agregam valor à empresa por serem necessárias à execução do serviço, mas que não são reconhecidas pelo cliente final. Por exemplo, manuseio e descarga de materiais, montagem de andaimes, recebimento de instruções, consultas a plantas, medições, manutenção, limpeza e etc.;
- *Trabalho improdutivo*: Atividades que representam perdas no processo por consumirem tempo, espaço e recursos sem agregar valor ao cliente. Por exemplo, espera, retrabalho, descanso, movimentação desnecessária, necessidades fisiológicas, refeições fora de horário, paradas devido à chuva e etc.

Uma outra possível aplicação para a técnica de amostragem do trabalho está na medição da variabilidade. Modelos de amostragem do trabalho podem ser ferramentas valiosas na medição de perdas, variabilidade e outros elementos de desempenho no canteiro de obra (ALARCÓN, 1997a). KOSKELA (1992) confirma isso, ao afirmar que a observação da evolução de diferentes elementos de desempenho ao longo de um período de

tempo possibilita a medição da variabilidade, a qual tem sido sugerida como uma medida necessária para a melhoria da construção.

A importância da medição da variabilidade nos processos construtivos deve-se ao fato de que a sua identificação é essencial para a proposta de melhorias que visem estabilizar o fluxo de trabalho e melhorar a qualidade do produto final. ALARCÓN (1997a) enfatiza isso ao comentar que uma hipótese que está sendo examinada é a de que pode haver uma correlação entre a variabilidade no trabalho produtivo e a produtividade construtiva. Isto é, observa-se uma melhor produtividade no canteiro quando há uma redução na variabilidade das medidas da amostragem do trabalho.

3.2.3 Procedimento para a amostragem do trabalho

A amostragem do trabalho em sua forma mais simples consiste em se fazer observações em intervalos ocasionais de um ou mais operadores ou máquinas e registrar quando eles estão inativos ou trabalhando (BARNES, 1977). Para isso, BARNES (1977) afirma que pode-se adotar uma classificação simplista do tipo “trabalhando” ou “inativo” e estimar, por exemplo, a percentagem do dia em que o trabalhador permanece inativo através da relação entre o número de registros de inatividade e o número total de observações realizadas.

Contudo, para uma investigação mais completa e detalhada é necessário realizar certos procedimentos. O primeiro destes, é um levantamento preliminar ou estudo-piloto que deve ser feito antes de uma aplicação real da amostragem do trabalho. Este levantamento tem como objetivo estimar a percentagem de homens trabalhando ou inativos para o cálculo do número de observações à serem realizadas. (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) argumentam que a estimativa desse percentual pode também ser feita baseada em resultados de estudos anteriores. No caso da escolha por um estudo-piloto, apesar de não haver um critério definido, estes autores recomendam que a duração deste seja de uma semana.

(SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) afirmam que além de fornecer uma estimativa do percentual de homens trabalhando ou inativos, o estudo-piloto é

importante por proporcionar treinamento ao observador, obter a cooperação dos envolvidos no processo e permitir a identificação das atividades do processo em estudo.

Segundo HARRIS & McCAFFER (1989), na identificação das atividades deve-se observar o número de operários envolvidos, identificando-os pelo nome, e propor uma classificação mais detalhada para estas, como “colocação das formas”, “recebendo instruções” e etc. (MACHADO, LEAL, KRETZER, HEINECK, 1996) apontam que isso pode ser feito através da determinação de um padrão de execução do serviço, acrescentando operações omitidas e eliminando aquelas consideradas desnecessárias. Neste caso, (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) recomendam que o número de divisões do processo esteja entre 20 e 25 atividades para evitar o aumento do trabalho de processamento e da incidência de erros no preenchimento.

BARNES (1977) afirma que é também durante a realização do estudo-piloto que deve-se definir o nível de confiança desejado nos resultados finais da amostragem do trabalho e o erro relativo máximo a ser tolerado no resultado final. Segundo BARNES (1977), o nível mais comum é o de 95% e para diversos tipos de medidas, um erro relativo de $\pm 5\%$ é considerado satisfatório. De acordo com (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996), isso significa que a probabilidade das observações aleatórias virem a representar a realidade é de aproximadamente 95% e que, por exemplo, um resultado de 30% de tempos produtivos e um erro relativo de 5% implica que o resultado correto deve estar no limite $30\% \pm 1,5\%$, para um dado nível de confiança. O valor 1,5% representa o erro absoluto ($30\% \times 0,05 = 1,5\%$) (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996).

Conforme (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996), o cálculo do número de observações para um nível de confiança de 95% e erro relativo de 5% pode ser realizado através da seguinte expressão:

$$N = 4 \cdot [p \cdot (1 - p) / (S \cdot p)^2] \quad (3.1), \text{ onde:}$$

N – número de observações

S – erro relativo

p - % de ocorrência do evento (em decimal)

Tendo obtido o valor do número de observações a serem feitas, o próximo passo é preparar uma planilha para a realização destas. (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) propõem que a planilha deve conter para cada processo em análise a listagem das atividades a serem observadas, a relação dos operários envolvidos no processo, a data e o horário em que foram feitas as observações. Estes autores acrescentam que, na planilha, as atividades devem estar classificadas em produtivas, auxiliares e improdutivas.

A respeito do planejamento dos horários de execução das observações, BARNES (1977) afirma que este é determinante para o estabelecimento do número de dias ou de turnos necessários para a realização do estudo. Sobre isso, (MACHADO, LEAL, KRETZER, HEINECK, 1996) argumentam que as observações podem ser feitas segundo intervalos de tempo aleatórios ou não e que para a aplicação na construção civil, há evidências que os intervalos podem ser regulares sem que a significância da amostra se deteriore. Isso porque, segundo HARRIS & McCAFFER (1989), enquanto na indústria manufatureira o trabalho funciona de forma regular, permitindo que os horários de observações sejam aleatórios, na construção as atividades apresentam variações nas suas durações, o que possibilita que as observações sejam feitas em intervalos regulares.

Uma vez elaborada a planilha e organizados os horários de observação, é necessário planejar o caminho a ser seguido pelo observador. Para isso, (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) acrescentam que é preciso que o acesso a todas as frentes de trabalho esteja desobstruído e quando houver deslocamento de operários para outros postos de trabalho é necessário que o observador seja comunicado.

Já na execução das observações, (MACHADO, LEAL, KRETZER, HEINECK, 1996) observam que devido às fortes evidências de que o operário, ao notar a presença do observador responsável pela medição, altera sua maneira natural de trabalhar, recomenda-se que o trabalho de medição seja feito de forma discreta, imperceptível aos olhos do operário.

Sobre a apresentação dos dados, (MACHADO, LEAL, KRETZER, HEINECK, 1996) afirmam que a planilha deve ser preenchida organizadamente, de modo a permitir sua compreensão mesmo por pessoas que não tenham participado das observações. Além disso,

BARNES (1977) comenta que os dados registrados devem ser sumariados ao fim de cada dia. O objetivo, segundo este autor, é registrar os dados no gráfico de controle no final do dia e tê-los organizados para preparar um relatório apresentando conclusões.

3.2.4 Vantagens e desvantagens da amostragem do trabalho

Segundo BARNES (1977), o método de amostragem do trabalho dá respostas sobre o desempenho em menor tempo e custa menos que um estudo de tempos contínuos por apresentar as seguintes vantagens:

- Operações impraticáveis ou excessivamente custosas de serem medidas pelo estudo de tempos podem ser prontamente medidas pela amostragem do trabalho;
- É necessário apenas um único observador para executar um estudo simultâneo de amostragem do trabalho relativo a vários operadores ou máquinas;
- Um estudo de amostragem do trabalho requer menor número de homens-hora;
- As observações podem ser tomadas durante o período de dias ou semanas, diminuindo a possibilidade de que variações ocasionais afetem os resultados;
- Há menor possibilidade de se obter resultados errados, pois os operadores não ficam submetidos a observação rigorosa por longos períodos de tempos;
- A menos que seja necessária a avaliação de ritmo, não é necessário o uso de analistas de estudos de tempos, treinados como observadores, em um estudo de amostragem do trabalho;
- Um estudo de amostragem do trabalho pode ser interrompido a qualquer tempo sem afetar os resultados;
- As medidas na amostragem do trabalho podem ser feitas com um erro relativo máximo pré-estabelecido;

- Na amostragem do trabalho, o analista faz observações instantâneas do operador em intervalos ocasionais durante o dia de trabalho, tornando desnecessários estudos de tempos prolongados;
- Os estudos de amostragem do trabalho são menos fatigantes e monótonos de serem realizados;
- A amostragem do trabalho é preferível ao estudo de tempos, pois algumas pessoas não gostam de ser observadas continuamente durante um período longo de tempo;
- Normalmente, é necessário menor tempo para calcular os resultados de um estudo de amostragem do trabalho;
- Os estudos de amostragem do trabalho dispensam o uso de cronômetro ou de qualquer dispositivo para medida de tempo.

Em relação às desvantagens apresentadas pelo método de amostragem do trabalho, (SERPELL, VENTURI, CONTRERAS, 1997) apontam como principais limitações, em termos de informação: não demonstra com clareza e precisão a origem das perdas; apenas mede a utilização do tempo de trabalho, não fornecendo diretamente taxas de produtividade, as quais devem ser medidas de outra forma; não fornece medidas de perdas de materiais ou equipamentos.

Já para BARNES (1977), as principais desvantagens do método de amostragem do trabalho em comparação ao estudo de tempos, tanto em termos de informação como de aplicação, são apresentadas nos seguintes itens:

- O método não é econômico para estudar apenas um único operário ou máquina ou para estudar grupos de operários ou máquinas dispersos pelo canteiro, pois o observador perde muito tempo deslocando-se de um posto de trabalho para o outro;
- O método da amostragem do trabalho não permite uma divisão tão detalhada das atividades e esperas quanto o método do estudo de tempos;

- O operário pode mudar o seu comportamento mediante a presença do observador dificultando, assim, uma análise mais próxima da realidade;
- O método fornece resultados médios quando aplicado a uma equipe de operários e portanto, não fornece os diferentes resultados individuais;
- A natureza estatística da amostragem do trabalho é mais difícil de ser compreendida pela gerência e pelos operários do que o método de estudo de tempos;
- Certos tipos de estudos de amostragem do trabalho não registram o método utilizado pelo operário ou operador, acarretando num novo estudo sempre que houver uma mudança no método;
- Alguns princípios do método de amostragem do trabalho, como o tamanho da amostra para um dado erro relativo máximo por exemplo, tendem a não ser respeitados pelos observadores durante a aplicação do método.

3.3 Custeio Baseado em Atividades

3.3.1 Apresentação

Com o avanço tecnológico e a crescente complexidade dos sistemas de produção, os custos fixos vêm aumentando continuamente, tanto em termos absolutos quanto em valores relativos (BORGERT, 1999). Da mesma forma, o aumento do número de produtos fabricados numa mesma planta fabril para atender consumidores cada vez mais exigentes tem requerido uma maior estrutura de apoio. Segundo BORNIA (1995), isso tem acarretado em atividades de planejamento e controle da produção, controle da qualidade, administração de materiais, preparação de máquinas, etc., consideravelmente mais complexas e, conseqüentemente, em maiores custos.

O problema está no fato de que as tradicionais técnicas de custeio não acompanharam a evolução dos sistemas de produção e o aumento dos custos indiretos fixos. As sistemáticas tradicionais utilizam bases de rateio genéricas e homogêneas para a incorporação dos custos indiretos fixos aos produtos (SELIG, 1993). O resultado é que os

custos calculados não refletem a complexidade de produzir ou atender certos produtos ou clientes. Ou seja, não demonstram que certos produtos demandam mais recursos que outros.

Essa deficiência transparece a necessidade de adotar sistemas de alocação e avaliação do desempenho cada vez melhores. BORGERT (1999) afirma que em resposta a esta necessidade surgiu o Custeio Baseado em Atividades (*Activity Based Costing – ABC*) como alternativa aos sistemas tradicionais de custeio, cujo objetivo é o de reduzir as distorções causadas pelo rateio arbitrário dos custos fixos aos produtos. SELIG (1993) argumenta que o grande diferencial do método se encontra na alocação dos custos indiretos fixos, os quais se mostram cada vez mais relevantes na época atual.

De acordo com SELIG (1993), a justificativa do uso do método ABC resume-se que, num curto espaço de tempo, a empresa necessita de determinadas atividades que são consideradas fixas, mas que variam independentemente do volume de produção. Sobre isso, BORNIA (1995) acrescenta que a idéia básica do ABC é tomar os custos das várias atividades da empresa e entender seu comportamento, encontrando bases que representem as relações entre os produtos e estas atividades.

Para superar as deficiências dos sistemas tradicionais, criou-se um sistema de custos de duas fases: primeiramente, os custos são alocados nas várias atividades da empresa (recebimento e movimentação de materiais, preparação de máquinas, inspeções de qualidade, etc.) para, a seguir, serem transferidos aos produtos por bases que representem as relações entre as atividades e os custos decorrentes (BORNIA, 1995) (Figura 3.1).

BORGERT (1999) afirma que essas fases conferem ao ABC certas vantagens em comparação aos outros métodos de custeio. Como exemplo, este autor argumenta que o custeio baseado em atividades permite uma análise que não se restringe apenas, entre outros, ao custo do produto e sua lucratividade, mas permite que os processos que ocorrem dentro da empresa também sejam custeados.

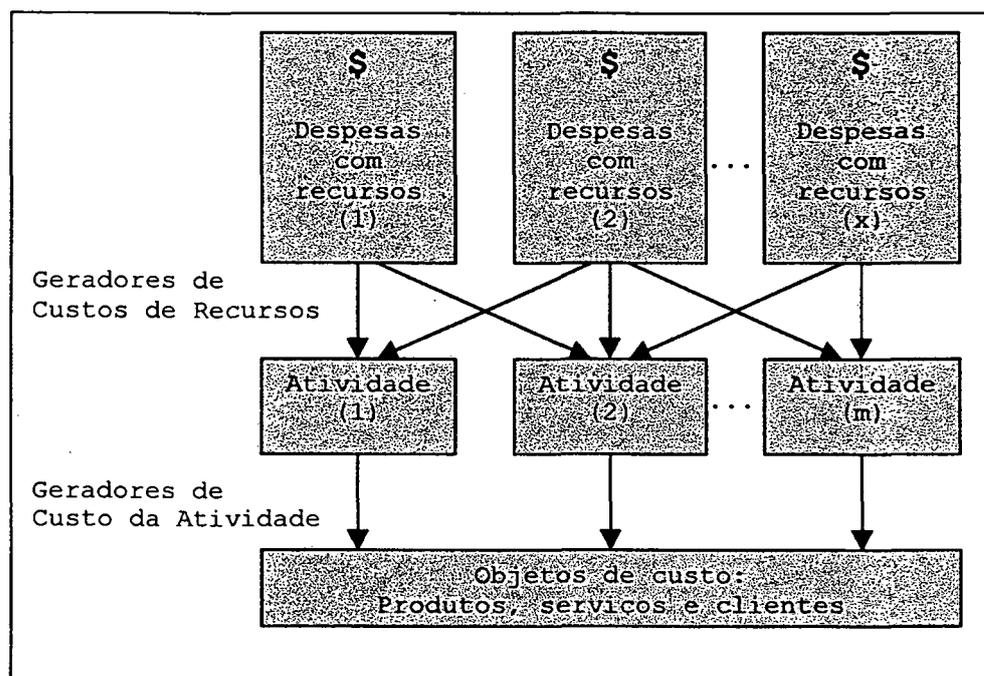


Figura 3.1 – Modelo de Sistemas de Custeio Baseado em Atividades (adaptado de KAPLAN & COOPER, 1998)

3.3.2 Etapas de desenvolvimento de um sistema ABC

A concepção de um sistema de contabilidade por atividades corresponde a uma série de etapas cuja ordem de execução difere de acordo com quem concebe o sistema (BOISVERT, 1999). Contudo, a partir da revisão bibliográfica (CHING, 1997; OSTRENGA, 1997; KAPLAN & COOPER, 1998; BOISVERT, 1999) foram identificadas quatro etapas principais para o desenvolvimento dos sistemas ABC: levantamento das atividades, custeio do processo baseado em atividades, identificação dos objetos de custo da organização e o custeio de objetos baseado em atividades.

a) Levantamento das atividades

Ao desenvolver um sistema ABC, a organização identifica inicialmente as atividades que estão sendo executadas por seus recursos indiretos e de apoio (KAPLAN & COOPER, 1998). Estas devem ser descritas por verbos e seus objetos associados: realizar medições, transportar materiais e etc. A identificação de atividades culmina com a criação de um

dicionário de atividades que relaciona e define cada grande atividade executada na instalação de produção (KAPLAN & COOPER, 1998). O objetivo é estabelecer uma definição comum das atividades para toda a organização. Assim, qualquer pessoa que ler o mapa de atividades com o dicionário de atividades ao lado não poderá alegar interpretação diferente da registrada (CHING, 1997).

Quanto ao desdobramento das atividades da empresa, este depende do objetivo desejado em termos de informação. OSTRENGA (1997) afirma que normalmente a definição de atividade requerida para uma eficaz análise dos processos de negócio é mais detalhada que aquela requerida para o cálculo de produtos ou outros objetos de custo. Isso porque, segundo (KAPLAN & COOPER, 1998), quando o foco principal do sistema ABC é estimar custos de produtos e clientes, os dicionários de atividades podem ser relativamente breves, mas se o objetivo é utilizar o sistema como base para esforços de melhoria e reconcepção de processos, este será altamente detalhado e desenvolvido com até centenas de atividades.

Apesar do número de atividades ser uma função do propósito do estudo, algumas recomendações são feitas para saber quantas atividades devem ser listadas. KAPLAN & COOPER (1998) citam a adoção de princípios básicos, como ignorar as atividades que consomem menos de 5 por cento do tempo de uma pessoa ou da capacidade de um recurso. Já CHING (1997) recomenda que a seleção de atividades deve considerar alguns aspectos importantes como: seleção de 20% das atividades que representam 80% dos recursos; atividades correlacionadas ou afins podem ser agregadas em uma só; facilidade de medir a atividade, isto é, facilidade de obtenção dos dados da medida de saída; e existência de apenas uma medida de saída para cada atividade, pois se uma atividade tiver duas ou mais medidas de saída, esta poderá ser desdobrada em duas ou mais atividades.

b) Custeio do processo baseado em atividades

O próximo passo é determinar quanto a organização está gastando com cada uma das suas atividades. Para isso, OSTRENGA (1997) argumenta que a seqüência preferencial para a alocação de custos às atividades é: alocação direta; alocação com base causal ou de atividade; e alocação baseada em volume.

Segundo OSTRENGA (1997), os custos que podem ser alocados diretamente a processos/atividades são: depreciação; manutenção; engenharia de processos; supervisão; ferramentas/ferramentaria; inspeção em linha; manuseio de materiais de uso exclusivo; e quaisquer recursos humanos exclusivos. Também, de acordo com este autor, os custos que podem ser alocados diretamente a produtos ou famílias de produtos são: refugos; ferramentaria especial; custos de garantia; engenharia de produtos; e comissões.

Em seguida, devem ser revistos os custos que não podem ser alocados diretamente aos produtos. OSTRENGA (1997) afirma que é também necessário determinar uma base para alocar cada um deles a atividades. As bases usadas para a alocação de custos para grupos de custos de atividades são chamadas de *geradores de custos* (OSTRENGA, 1997). Os geradores de custo de recursos utilizam as despesas geradas por esse sistema, orientando-as a cada atividade executada pelos recursos organizacionais (KAPLAN & COOPER, 1998). Isto é, os geradores de custo de recursos ou direcionadores de recursos, segundo BOISVERT (1999), medem a utilização dos recursos pelas diversas atividades.

OSTRENGA (1997) aponta que devem ser consideradas duas características básicas ao especificar os geradores de custo de recursos. A primeira diz respeito à importância de um gerador de custo ter uma relação lógica com a sua atividade. A segunda está relacionada à disposição ou possibilidade de coletar estatísticas que permitam associar os custos às atividades.

Sobre essa segunda característica, KAPLAN & COOPER (1998) afirmam que não são necessários estudos abrangentes de tempo e movimento para associar os custos de recursos às atividades executadas. Estes autores afirmam que a meta é ser precisamente correto, e não precisamente incorreto, como ocorre com praticamente todos os sistemas de custeio tradicional.

Diante disso, BOISVERT (1999) comenta que a utilização de um recurso para a realização de uma atividade é expressa em percentagem do direcionador consagrado a essa atividade sobre a utilização total: assim, a mão-de-obra utilizada em uma atividade é frequentemente expressa em percentagem do tempo que essa mão-de-obra dedica àquela

atividade. Este é o método preferido quando os empregados realizam diversas atividades ou produzem vários *outputs*, que exigem diferentes esforços (CHING, 1997).

Segundo CHING (1997), os custos são rastreados para as atividades através de dois métodos: multiplicando o custo total da área pelo tempo despendido em cada atividade; ou multiplicando o custo de cada equipe pelo tempo gasto em cada atividade realizada. Este autor afirma que em uma área em que os salários são relativamente parecidos, o primeiro método é recomendado por ser mais simples. No entanto, aponta que quando os salários divergem muito, o segundo método é preferível.

No caso de outros recursos, que não de pessoal, a equipe de projeto ABC baseia-se em medições diretas (energia, tempo de computação ou telecomunicações) ou estima o percentual de recurso utilizado por cada atividade incluída no dicionário (KAPLAN & COOPER, 1998). CHING (1997) afirma que outro método simples e eficiente de rastreamento de outros custos da área para as atividades é investigar cada categoria de custo através de entrevistas com os empregados e revisar eventuais registros mantidos para identificar a atividade que causou aquele custo a ser incorrido.

c) Identificação dos objetos de custo da organização

A finalidade para a qual a informação sobre o custo é necessária é conhecida como *objeto de custo*, que pode ser o produto, o cliente, o fornecedor, o setor de mercado ou a infra-estrutura (CHING, 1997). BOISVERT (1999) afirma que os objetos de custo que se deseja mensurar são igualmente objetivos de custo. Isso deve-se ao fato de que os objetos de custo são as razões pelas quais a organização executa atividades que consomem recursos.

O processo de identificação de atividades específicas e de determinação de quanto do custo de cada atividade cabe ao objeto de custo é conhecido como *rastreamento* (CHING, 1997). Segundo BOISVERT (1999), a determinação do custo do serviço prestado a determinado cliente e a comparação com as vendas dele resultantes, por exemplo, são importantes na elaboração de estratégias de comercialização e de gestão por atividades. Isso porque, de acordo com KAPLAN & COOPER (1998), há a necessidade de saber se vale a

pena executar essas atividades ou processos e se a organização está sendo adequadamente remunerada para executar essas atividades.

Uma vez identificadas as atividades e os objetos de custo que as consomem, BOISVERT (1999) afirma que é útil qualificá-los. Essa qualificação é feita por intermédio de atributos, os quais, segundo KAPLAN & COOPER (1998), são esquemas de codificação associados a cada atividade que facilitam a geração de relatórios de custos das atividades. BOISVERT (1999) acrescenta que o uso de atributos permite medir simultaneamente várias dimensões relativas às atividades e aos objetos de custo.

KAPLAN & COOPER (1998) citam a classificação das atividades em agregadoras de valor ou não agregadoras de valor e o grau de variação a curto prazo do custo da atividade, como exemplos de atributos de atividades. Outros atributos de atividades mencionados por BOISVERT (1999) são a classificação das atividades ligadas à ausência de qualidade, das atividades ligadas a uma utilização abaixo da capacidade e das atividades controláveis.

BOISVERT (1999) comenta que no caso dos objetos de custo, os atributos podem ser identificados aos clientes, a características particulares e aos objetivos estratégicos. Alguns exemplos são a classificação dos clientes em exigentes ou pouco exigentes e das paredes de alvenaria em contínua ou com abertura para janela.

d) Custeio de objetos baseado em atividades

A ligação entre atividades e objetos de custo como produtos, serviços e clientes é feita por meio de geradores de custo da atividade (KAPLAN & COOPER, 1998). Um gerador de custo da atividade ou direcionador de atividade é uma medida quantitativa do resultado ou saída de uma atividade. Segundo CHING (1997), essa medida de saída serve para três finalidades: para direcionar atividades aos consumidores de custo-produtos ou clientes; para entender custos; e como medida de desempenho ou *performance*.

BOISVERT (1999) afirma que o direcionador de atividade apresenta-se quase sempre sob a forma de um indicador não financeiro, como número de lotes, número de modelos, número de encomendas etc. Representando uma relação de causa e efeito, os geradores de custo das atividades são, portanto, uma das principais inovações dos sistemas de custeio

baseado na atividade em relação aos sistemas tradicionais de custeio ou por centro de custos.

OSTRENGA (1997) afirma que existem três características críticas para um gerador de custo da atividade. A primeira característica é que um gerador deve refletir a demanda que um objeto de custo coloca sobre a atividade em relação a outros objetos. A segunda é que ele deve refletir ou estar relacionado à causa básica. Já a terceira trata da quantificação do gerador, a qual deve ser possível e prática. Além dessas, BOISVERT (1999) comenta a importância do direcionador de atividade escolhido ser controlável, isto é, sobre o qual é possível influenciar, e que possibilite a tomada de ações corretivas em curto prazo.

KAPLAN & COOPER (1998) afirmam que a seleção de um gerador de custo reflete uma compensação subjetiva entre precisão e custo de medição. Os projetistas de sistemas ABC podem escolher entre três diferentes tipos de geradores de custo da atividade: transação, duração e intensidade (ou carga direta) (KAPLAN & COOPER, 1998).

Geradores de transação, como o número de preparações, recebimentos e produtos sustentados, avaliam a frequência com que uma atividade é executada (KAPLAN & COOPER, 1998). CHING (1997) afirma que estes devem ser utilizados quando a duração de uma atividade não depende do produto a ser fabricado ou do serviço a ser providenciado.

Os geradores de transação são os mais baratos, mas podem ser os menos precisos, pois pressupõem que a mesma quantidade de recursos é necessária todas as vezes que a atividade é executada, ou seja a atividade é homogênea para todos os produtos (KAPLAN & COOPER, 1998). Por exemplo, a adoção de um gerador de transação como o número de medições pressupõe que todas as medições consomem o mesmo tempo.

Geradores de duração representam o tempo necessário para executar uma atividade (KAPLAN & COOPER, 1998). Segundo CHING (1997), os geradores de duração devem ser usados quando a duração de uma atividade depende do produto a ser fabricado ou do serviço a ser providenciado. KAPLAN & COOPER (1998) comentam que os geradores de duração incluem horas de preparação, horas de inspeção e horas de mão-de-obra direta.

De modo geral, os geradores de duração são mais precisos do que os geradores de transação, embora sua implementação seja mais cara, pois o modelo exige uma estimativa de duração cada vez que a atividade é executada (KAPLAN & COOPER, 1998). A escolha entre um gerador de duração e um gerador de transação é de natureza econômica, devendo ser buscado o equilíbrio entre os benefícios de uma maior precisão na medição com o custo de realização da mesma.

Os *geradores de intensidade* afetam diretamente os recursos utilizados todas as vezes que a atividade é executada (KAPLAN & COOPER, 1998). CHING (1997), por exemplo, comenta que a produção e a conseqüente emissão de um pedido de compras mais complexo, com vários itens, requerem mais esforço que um simples pedido com um único item. Nesses casos, os custos da atividade talvez tenham que incidir diretamente sobre os produtos, com base nas ordens de serviço ou outros registros que somam as despesas da atividade incorridas nesses produtos (KAPLAN & COOPER, 1998).

Segundo KAPLAN & COOPER (1998), os geradores de intensidade são mais precisos, embora sua implementação seja mais cara. Estes autores também afirmam que os geradores de intensidade devem ser usados apenas quando os recursos associados à execução da atividade são caros e variam a cada execução da atividade.

3.3.3 Exemplo do custeio de objetos baseado em atividades

Tendo definido os geradores de custo das atividades e calculado o custo das mesmas, CHING (1997) argumenta que para cada atividade devem ser determinados a frequência de ocorrência e o custo por medida de saída. A frequência de ocorrência ou unidade de trabalho, de acordo com BOISVERT (1999), consiste em uma medida das saídas de uma atividade ou de um processo. Esta serve para quantificar o trabalho efetuado, isto é, estabelecer o volume de uma atividade ou de um processo e permitir o cálculo do custo unitário dos mesmos.

Por exemplo, se os custos associados com a atividade transportar tijolos para um apartamento forem \$ 50,00 (custo da atividade) e no período tiverem sido realizados 20 deslocamentos para o mesmo utilizando *pallets* (frequência), o custo associado com cada

deslocamento é de \$ 2,50 por deslocamento para o apartamento (50/20) (custo unitário da atividade transportar tijolos). Adotando, é claro, como gerador de transação o número de deslocamentos dos *pallets* para o apartamento e considerando que em cada deslocamento de mesma duração é necessário o trabalho de um servente transportando a mesma quantidade de tijolos palletizados.

O próximo passo é calcular o custo dos objetos de custo. Para isso, CHING (1997) afirma que deve-se calcular o consumo total do período relativo a cada objeto de custo e multiplicá-lo pelo custo unitário da medida de saída para direcionar o custo da atividade ao consumidor.

Considerando o exemplo anterior, temos como objetos de custo quatro paredes de alvenaria P1, P2, P3 e P4 de diferentes dimensões que consumiram nas suas execuções, respectivamente, 3, 7, 4 e 6 deslocamentos dos *pallets* do total de 20 deslocamentos para o apartamento no período. Sabendo que o custo unitário da atividade transportar tijolos é de \$ 2,50 por deslocamento para o apartamento, são encontrados os custos da atividade transportar tijolos para as paredes P1, P2, P3 e P4, os quais são \$ 7,50, \$ 17,50, \$ 10,00 e \$ 15,00, respectivamente.

Se esse mesmo procedimento for feito para todas as demais atividades consumidas na execução das paredes P1, P2, P3 e P4 no período, será obtido o custo de construção de cada parede ou o custo por parede. Neste caso os custos são rastreáveis e não permitem subjetividade (CHING, 1997).

3.3.4 Considerações sobre os princípios da Produção Enxuta e o custeio baseado em atividades

GEISHECKER (1997) afirma que os benefícios básicos da implementação de um sistema de custos baseado em atividades numa organização são: melhores informações para o aperfeiçoamento contínuo dos processos; maiores condições para reduzir e alocar melhor os seus recursos; mais agilidade e orientação voltada para o mercado.

Os benefícios resultantes da implementação do custeio baseado em atividades indicam uma concordância com alguns dos princípios da produção enxuta. KOSKELA

(1998) já havia observado isso quando afirmou que abordagens como o custeio baseado em atividades, organizações baseadas em processos e redesenho dos processos de negócio estão intimamente ligadas aos conceitos abrangidos pela produção enxuta.

Certos princípios da produção enxuta como a *redução da parcela de atividades que não agregam valor*, por exemplo, realmente são apoiados pela implementação do custeio baseado em atividades. Isso fica claro quando BORNIA (1995) afirma que com o uso de um sistema ABC o controle das perdas fica facilitado, pois a mensuração pode ser feita para cada atividade e o processo de melhoria pode ser efetuado diretamente sobre as atividades, independentemente de qualquer alocação dos custos aos produtos. Segundo GEISHECKER (1997), isso dá à organização as condições para racionalizar e otimizar a alocação de pessoal, capital e outros ativos.

Outro princípio da produção enxuta amparado pelo ABC é o *aumento do valor final através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes*. GEISHECKER (1997) afirma que a “nova” organização baseada em atividades torna-se mais ágil e voltada para o mercado, o que resulta em uma posição mais forte diante dos concorrentes. Isto é, a organização consegue ser mais eficiente em atender as necessidades dos clientes.

Sobre o princípio *aumento da flexibilidade de saída*, KAPLAN (1999) argumenta que embora a personalização seja fundamental para criar valor com base na diferenciação, não é possível saber sem um sistema ABC, se esse valor é realmente maior do que o custo da personalização. Este autor acrescenta que se a empresa não percebe o custo da personalização, pode perder muito dinheiro tentando personalizar produtos para clientes individuais.

Já o princípio *aumento da transparência do processo* é prontamente atendido pela utilização de um sistema ABC, pois segundo GEISHECKER (1997), o custeio baseado em atividades e a gestão baseada em atividades ajudam a organização a obter mais e melhores informações sobre seus processos e atividades. Os custos passam a ser visíveis e, dessa forma, podem ser alvo de programas de redução e de aperfeiçoamento de processos (KAPLAN, 1999).

O princípio *controle focado em todo o processo* também é atendido pelo ABC. KAPLAN & COOPER (1998) argumentam que os sistemas ABC focalizam as atividades organizacionais como elementos-chave para análise do comportamento do custo, associando as despesas organizacionais destinadas a recursos às atividades e processos de negócios executadas por esses recursos. Por isso, BORNIA (1995) afirma que as informações fornecidas pelo ABC servem para dirigir a atenção da gerência às atividades responsáveis pelos custos, possibilitando melhor visualização dos impactos causados por decisões e melhor controle dos custos fixos.

Quanto ao princípio da *introdução da melhoria contínua no processo*, KAPLAN (1999) comenta que uma análise utilizando um sistema ABC frequentemente revelará processos de negócios ineficientes, produtos e clientes não lucrativos, mau relacionamento com fornecedores e produtos mal projetados. Os funcionários e gerentes podem então estudar as causas básicas e adotar medidas corretivas para reduzir ou eliminar as ineficiências e transformar produtos e clientes não lucrativos em lucrativos (KAPLAN, 1999).

GEISHECKER (1997) afirma que este ciclo iniciado com as informações providas pelo ABC, permite que a eficiência das operações seja continuamente aumentada. Contudo, esta autora argumenta que é importante projetar e desenvolver sistemas ABC para acompanhar as atividades e fornecer informações de custos de forma contínua.

A respeito do princípio de *benchmarking*, KAPLAN & COOPER (1998) comentam que as atividades, unidades básicas de acúmulo de custos nos sistemas ABC, também podem ser agregadas para que os gerentes possam identificar o custo total de execução de um processo de negócios. A compreensão dos custos em nível de processo agregado do negócio facilita o benchmarking interno e externo (KAPLAN & COOPER, 1998).

4 PROPOSTA DE UMA SISTEMÁTICA PARA LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS OPERACIONAIS DO PROCESSO DE ALVENARIA

4.1 Apresentação

A importância de construir uma ponte entre o tradicional e os novos desenvolvimentos para a melhoria do desempenho da construção, já vem sendo discutida por ALARCÓN (1997a) como uma forma de viabilizar a aplicação prática dos princípios da Produção Enxuta na indústria da construção. Esta combinação, que tem como objetivo facilitar a adaptação dos princípios às peculiaridades da construção, também passa pela adoção conjunta de novas e tradicionais ferramentas e medidas de desempenho.

Tendo isso em vista, a Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais proposta é baseada na integração de princípios de duas ferramentas, a técnica de Amostragem do Trabalho, já consagrada em estudos na construção civil, e o Custeio Baseado em Atividades. O objetivo desta integração é fornecer ao planejamento uma maior gama de informações sobre o processo de alvenaria. Assim, foi feita uma adaptação na forma de coletar dados através de observações instantâneas do trabalho dos operários, para que algumas medidas de desempenho iniciais fossem obtidas e pudessem ser inseridas num sub-sistema de custeio para o cálculo de outras.

Esse procedimento de cálculo das medidas procura estar de acordo com a afirmação de BALLARD & HOWELL (1997) sobre a importância dos indicadores de desempenho serem coerentes e relacionáveis entre si, para que possibilitem uma análise integrada do planejamento da produção.

A Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais foi elaborada com o intuito de focar a atenção no trabalho dos operários envolvidos no processo de alvenaria e na influência do planejamento sobre os mesmos. Apesar de não ser o item de maior custo nas obras, o trabalho da mão-de-obra pode ser foco de estudos e esforços de melhoria devido ao atual estágio tecnológico da indústria da construção, onde muitos processos construtivos (alvenaria, pintura, revestimento, instalações etc.) são executados manualmente pela mesma. Além do mais, é através da observação do trabalho dos

operários na construção que certas falhas das decisões gerenciais, como o arranjo inadequado do *layout* do canteiro de obras, por exemplo, podem ser mais facilmente identificadas.

Na concepção da Sistemática também houve a preocupação em permitir a sua aplicação em diferentes empresas. Dai, o cuidado em detalhar e padronizar os procedimentos de coleta, processamento e avaliação das informações na Sistemática. Esta descrição dos procedimentos permite que a Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais seja de fácil utilização, podendo ter as suas etapas executadas completamente por um funcionário da empresa, seja este um estagiário, apontador ou mestre-de-obras. Além disso, o fato de não requerer muito mais do que um observador com algum treinamento no uso de planilhas eletrônicas torna-a acessível a empresas de pequeno porte sem a necessidade de significativas despesas adicionais.

Finalmente, vale mencionar os motivos da escolha do processo de alvenaria como piloto para o desenvolvimento da Sistemática. PICCHI (1993) afirma que o de alvenaria está entre os três processos construtivos que oferecem maiores oportunidades de implementação de melhorias. Os outros dois são os processos de estrutura e revestimento.

Ainda segundo o mesmo autor, entre os três processos citados, o de alvenaria é o que possui o menor índice percentual em relação ao custo total (4,2%). No entanto, na escolha do mesmo foi levado em consideração o fato deste ser o que mais interage com outros processos e por ser usualmente executado por equipes não-terceirizadas.

4.2 Procedimento de Aplicação da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais

A aplicação prática da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais pode ocorrer em medições para visibilidade, controle e melhoria. Portanto, seja qual for a finalidade das medições, uma seqüência lógica de quatro etapas principais deverá ser obedecida. Estas consistem de um levantamento preliminar de dados e das três etapas do processo de medição de desempenho, definidas por SINK & TUTTLE (1993).

Os procedimentos de aplicação das etapas da Sistemática são descritos a seguir para uma medição para visibilidade do processo. Fora algumas considerações que precisam ser feitas a respeito do número de dias de coleta de dados, por exemplo, a aplicação das etapas da Sistemática para medições de controle e melhoria permanecem praticamente inalteradas. Estas considerações serão discutidas mais na frente no item 4.3.

4.2.1 Levantamento preliminar de dados

Os cuidados na realização desta etapa da Sistemática, salvo algumas diferenças, são semelhantes àqueles de um estudo-piloto da técnica de Amostragem do Trabalho. Por isso, um levantamento preliminar com duração de 3 a 5 dias deve ser realizado para possibilitar ao responsável pela medição uma ambientação com a obra e uma coleta preliminar de dados e informações. Este período também é necessário para o planejamento das observações. Entre as informações a serem coletadas estão:

a) Cálculo do número de observações a serem feitas

Caso a empresa ainda não controle os seus processos, uma medição para visibilidade do processo de alvenaria deverá ser conduzida para possibilitar um diagnóstico inicial. Como forma de garantir que este diagnóstico esteja próximo da realidade, um certo número mínimo de observações (amostras) precisa ser realizado.

O cálculo do número de observações pode ser feito para um nível de confiança de 95% e erro relativo de 5% através da Equação 3.1. Este cálculo será feito com uma estimativa do percentual de homens em trabalho produtivo ou improdutivo, a qual pode ser obtida realizando observações preliminares ou baseada em resultados de estudos anteriores, como os realizados por GUTSCHOW (1998) e (LIBRELOTTO, MUTTI, OLIVEIRA, JUNGLES, 2000).

b) Definição do número de observações diárias

O número escolhido de observações a serem realizadas diariamente é preponderante para estabelecer a duração do total de dias da medição para visibilidade. Esta decisão ficará a cargo da gerência do canteiro, pois é esta que precisa definir quais as necessidades do

planejamento. Contudo, vale mencionar que, dependendo do porte da obra, KOSKELA (1992) comenta que os processos construtivos podem ser de longa duração. Desta forma, se o processo de alvenaria numa certa obra está previsto para durar doze meses, não há problema na coleta de dados estender-se por períodos longos de até três meses.

A única exigência fica por conta da necessidade das observações serem feitas em intervalos regulares e que o intervalo entre estas não seja muito grande, devido à alta variabilidade dos processos construtivos. Além disso, a realização das observações em intervalos regulares será necessária para o cálculo do tempo de ciclo de execução das paredes e para os cálculos posteriores do custo das paredes e da demanda destas sob as atividades.

c) Listagem das atividades

A lista de atividades do processo em estudo pode ser obtida, segundo (MACHADO, LEAL, KRETZER, HEINECK, 1996), através da determinação de um padrão de execução do serviço ou através de listagens já consagradas em outros estudos como a proposta por (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) para o processo de alvenaria. Neste caso, se houver a necessidade, algumas atividades podem ser acrescentadas e outras eliminadas.

Já o nível de detalhamento das atividades do processo na Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais deve ser maior do que num sistema ABC para custeio de produtos e clientes. No entanto, vale ressaltar que na Sistemática proposta a coleta e transcrição dos dados para a planilha onde ficam armazenados é feita manualmente e, portanto, para evitar erros e o aumento do trabalho de processamento o número de divisões do processo não deverá ser muito maior que o número máximo de 25 atividades recomendadas por (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996). Além do mais, (MARCHESAN, FORMOSO, ISATTO, 2000) afirmam que a importância de limitar o número de atividades avaliadas nos sub-sistemas de custeio deve-se ao fato de que a coleta excessiva de dados tem sido apontada como a causa mais freqüente do fracasso de sistemas ABC.

A definição da lista de atividades do processo deve vir acompanhada pela elaboração de um dicionário para as mesmas. O dicionário deve defini-las de forma clara e classificá-las em atributos como produtivas, auxiliares e improdutivas. O objetivo é permitir que qualquer pessoa envolvida nas observações saiba reconhecê-las, evitando que hajam diferentes interpretações de uma mesma atividade, e facilitar a geração de relatórios sobre o processo (CHING, 1997; KAPLAN & COOPER, 1998).

O dicionário de atividades pode acompanhar ou não o responsável pelas observações durante as medições. O cuidado é para que seja bem estudado antes de iniciá-las.

d) Definição das perdas no processo

Os sete tipos de perdas, referentes ao trabalho da mão-de-obra, que a Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais se propõe a levantar são: perdas por espera; perdas por transporte; perdas por processamento; perdas por movimentação; perdas por produzir produtos defeituosos; perdas por substituição; e outras. Estas perdas fazem parte da tipologia das nove perdas propostas por COSTA & FORMOSO (1998) para a construção enxuta (item 2.2.2).

Uma boa compreensão dos conceitos destas perdas é necessária nesta etapa do levantamento preliminar de dados. Isso porque, após listar as atividades do processo de alvenaria, o próximo passo é identificar quais atividades auxiliares e improdutivas constituem as perdas do processo de alvenaria. Assim, as atividades Parado por Falta de Material e Parado Devido ao Atraso da Equipe Precedente, por exemplo, serão consideradas como perdas por espera. Outro exemplo, está na adoção das atividades Deslocamento Dentro do Posto e Deslocamento Fora do Posto como perdas por movimentação.

Com relação as perdas por estoque e perdas por superprodução quantitativa ou por antecipação, estas estão relacionadas com o consumo superior de materiais e com a ocorrência de estoques de materiais e produtos inacabados ou acabados. Portanto, como a Sistemática proposta foi desenvolvida com o intuito de focar a atenção noutro recurso, que

é a mão-de-obra, o levantamento de informações sobre a ocorrência destas duas categorias de perdas não foi contemplado.

e) Identificação da equipe responsável

O número de funcionários responsáveis pela execução do processo deve ser obtido e uma identificação destes por um código deve ser estabelecida. Por exemplo, uma equipe de alvenaria composta por 5 pedreiros e 4 serventes pode ter os operários classificados em números de 1 a 9. O objetivo é agilizar o preenchimento das tabelas durante a coleta e possibilitar, com os dados processados, um *benchmarking* do trabalho realizado por pedreiros e serventes.

f) Identificação das paredes de alvenaria

Uma análise da planta baixa do pavimento visando a codificação das diferentes paredes executadas pelos pedreiros deve ser realizada. Esta codificação deve ser simples como a utilizada nos operários responsáveis pelo processo. Contudo, para evitar confusões durante o processamento, os códigos das paredes podem ser números precedidos por uma letra como P, por exemplo.

A justificativa dessa identificação é que as paredes são os produtos do processo de alvenaria e a codificação tem como objetivo identificar a demanda que estas geram sobre as atividades. Isso porque cada parede de alvenaria apresenta dimensões diferentes e detalhes arquitetônicos de maior ou menor complexidade de execução, o que acarreta em diferentes consumos de horas de atividades.

4.2.2 Coleta de dados

A coleta de dados na Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais proposta é uma adaptação das observações realizadas na técnica de Amostragem do Trabalho. Para isso, são necessárias algumas considerações sobre o tipo de planilha utilizada como entrada de dados e o procedimento de coleta. As seguintes observações são feitas a respeito do levantamento de dados na Sistemática:

a) Planilha de coleta

A planilha desenvolvida para a coleta de dados na Sistemática é semelhante às planilhas de controle de produção utilizadas por técnicas como a Amostragem do Trabalho. (MARCHESAN, FORMOSO, ISATTO, 2000) afirmam que essa semelhança é desejável, pois possibilita utilizar um mesmo instrumento de coleta com diversos propósitos.

Neste sentido, a planilha deve ter as atividades listadas nas linhas e o número de rodadas de observações diárias nas colunas (Figura 4.1). As atividades devem ser segregadas em produtivas, auxiliares e improdutivas por meio de espaçamento entre estas e terem as suas linhas alternadamente coloridas para dificultar erros no preenchimento. Já as colunas, referentes às rodadas de observações, precisam ser numeradas e ter o horário de início das rodadas especificado no topo. A planilha deverá ainda conter espaços na primeira página para a anotação da data e do nome da obra em que foram feitas as observações.

Contudo, é na possibilidade de saber em qual atividade cada operário esteve trabalhando em cada rodada e para qual parede (produto) ela se destinava, que se podem tirar os maiores benefícios da coleta de dados da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais proposta. Isso porque, durante o preenchimento da planilha, a cada observação feita deverão ser identificadas as atividades em andamento, quem as realiza e para quais paredes são destinadas.

Para que isso seja possível, cada célula da planilha referente ao cruzamento da linha de uma atividade com a coluna de uma rodada de observações deverá conter subdivisões. Na parte superior da célula, as subdivisões estarão preenchidas com os códigos dos funcionários envolvidos no processo. Já as subdivisões inferiores estarão em branco para que a cada rodada o responsável pelas medições possa preenchê-las com os códigos das paredes que estão sendo trabalhadas.

Durante as observações podem ocorrer dúvidas sobre quais paredes estão sendo trabalhadas. Com o intuito de evitar isso, o responsável pelas medições deve anexar um desenho ou croqui da planta baixa do pavimento ou apartamento, contendo todas as paredes devidamente enumeradas, às páginas da planilha de coleta de dados. Na mesma página do

desenho, deve haver uma legenda com informações sobre os funcionários. Entre as informações contidas na legenda devem estar o nome dos operários, a função destes, o código de cada um utilizado na planilha de coleta, o apartamento em que atuam e o pavimento em que estão trabalhando no dia.

PLANILHA DE COLETA																				
N. do dia da observação: _____										Observador: _____										
Data: ____/____/____										Obra: _____										
Atividades			07:30									07:40								
			1									2								
Produtivas																				
1	Espalhar Massa	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
2	Colocar blocos na linha	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
3	Colocar blocos nos cantos	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
4	Encher juntas	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
Auxiliares																				
5	Montar / desmontar andaime	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
6	Quebrar blocos	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
7	Transportar material p/ o posto	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
8	Medir (prumo, etc.)	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
Improdutivas																				
9	Parado (sem motivo)	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
10	Deslocamento dentro do posto	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
11	Deslocamento fora do posto	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		
12	Parado (falta de material)	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Parede trabalhada																		

Figura 4.1 – Exemplo simplificado do modelo de planilha utilizada como entrada de dados na Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais do processo de alvenaria

b) Procedimento de coleta

Algumas considerações sobre o procedimento de coleta precisam ser feitas. A primeira é que a coleta de dados da Sistemática é baseada nas observações instantâneas da técnica de Amostragem do Trabalho. Portanto, só deve ser computado aquilo que os operários estão fazendo no exato momento da observação, e não o que estavam fazendo instantes antes ou o que farão logo em seguida.

Por exemplo, se na segunda rodada de observações do dia ao entrar num apartamento a primeira coisa que o responsável pelas medições vê é o pedreiro de código 2 espalhando massa na parede de código P9, este deve procurar na coluna referente àquela rodada de observação a linha da atividade Espalhar Massa. Em seguida, deve anotar o código P9 no quadrado em branco logo abaixo do número 2 (código do pedreiro). Esse mesmo procedimento deve ser feito a cada rodada para todos os outros operários envolvidos no processo.

A segunda consideração é sobre o fato de que nem sempre é óbvio para qual parede (produto) a realização de uma atividade auxiliar ou improdutiva se destina. Neste caso, a recomendação para as atividades auxiliares é que o responsável pelas medições prolongue um pouco mais a observação sobre o operário, seja ele pedreiro ou servente. Por exemplo, se o responsável pelas medições ao deslocar-se entre os apartamentos cruzar no corredor com um servente transportando material, este deve observar um pouco mais para descobrir para qual apartamento o servente se dirige. Ao saber que no apartamento para onde o servente transportou o material há, naquela rodada, um pedreiro trabalhando na parede P9, por exemplo, o responsável pelas medições deve anotar que a atividade Transportar Material para o Posto realizada pelo servente foi consumida na execução da P9.

É bom ressaltar que o que deve ser computado é a primeira coisa que o responsável pelas medições enxergou, que no caso foi o servente realizando a atividade Transportar Material para o Posto. O ato de prolongar um pouco a observação é apenas para saber para qual parede àquela atividade se destina.

No caso de ocorrência de atividades improdutivas, algumas regras precisam ser estabelecidas para os pedreiros e serventes. No caso dos pedreiros, será considerado que quando um pedreiro for flagrado realizando uma atividade improdutiva numa rodada, esta será consumida na execução da primeira parede em que o pedreiro for observado trabalhando depois.

A fim de ilustrar isso, será considerado um exemplo em que o pedreiro de código 1 aparece em três rodadas seguidas de observação realizando as atividades Parado por Falta de Material, Deslocamento dentro do Posto e Colocar Blocos na Linha na parede P13, respectivamente. Desta forma, as duas primeiras atividades são improdutivas e deve ser considerado que estas foram consumidas na execução da parede P13. O objetivo disso, é representar os tempos de espera e mobilização que influem no tempo de ciclo de execução de um produto.

Outra regra é adotada para os serventes. Toda vez que um servente for flagrado realizando uma atividade improdutiva, será considerado que esta é consumida pela parede que está sendo executada pelo pedreiro mais próximo, a quem o servente deve prestar apoio.

Tomando como exemplo uma rodada de observação em que um pedreiro aparece trabalhando na parede P9 e o servente que deveria estar dando apoio para o mesmo encontra-se próximo Parado sem Motivo. Será considerado que esta atividade improdutiva realizada pelo servente foi consumida na execução da parede P9. Da mesma forma, se o servente flagrado realizando um atividade improdutiva for encarregado de dar apoio a dois pedreiros que atuam em apartamentos diferentes, deverá ser considerado que esta atividade foi consumida pela parede em execução mais próxima do servente no momento da observação instantânea.

Finalmente, é necessário que o responsável pelas medições tenha o cuidado de anotar quais paredes já haviam começado a ser executadas pelos pedreiros e quais ainda não estavam finalizadas, quando o mesmo iniciou e terminou a medição para visibilidade. O objetivo é garantir que só as paredes que tiveram as suas execuções acompanhadas por completo entrem no cálculo dos tempos de ciclo.

Este mesmo cuidado é necessário sempre que um pedreiro terminar os trabalhos num pavimento e deslocar-se para outro. Neste caso, basta anotar a rodada de observação em que foi iniciado o esforço de mobilização para dar início aos trabalhos no novo pavimento.

4.2.3 Processamento dos dados

O processamento envolve a integração dos dados coletados com um subsistema baseado em atividades contido na Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais. Esta integração, que inicia com a organização e armazenamento dos dados, possibilita uma série de cálculos seqüenciais de medidas de desempenho que resultarão em informações sobre a eficiência do processo em estudo. A seqüência de etapas do processamento é descrita a seguir:

a) Armazenamento dos dados

Esta é a primeira etapa no tratamento dos dados. Sendo assim, o armazenamento deve organizar os dados de forma que venha a facilitar a extração destes para os cálculos posteriores das medidas de desempenho. Para isso, é necessário que a planilha seja capaz de ao mesmo tempo apresentar os dados desagregados por produto, atividades e mão-de-obra.

Desta forma, a planilha elaborada para o armazenamento possui uma estrutura semelhante àquela da planilha de coleta de dados, com as atividades separadas em produtivas, auxiliares e improdutivas nas linhas e com células contendo subdivisões. A principal diferença é que no topo das colunas, ao invés do número e horário de início da rodada de observações, devem ser preenchidos os códigos do pedreiro, da parede e o número do pavimento. Outra mudança está no conteúdo das subdivisões inferiores das células, as quais devem ser preenchidas pelo número de rodadas em que o operário aparece realizando a atividade na parede.

É recomendável que o armazenamento dos dados ocorra diariamente. Assim, se for observado que um pedreiro começou a executar uma parede num certo pavimento, deve-se criar uma coluna para esta parede e pedreiro na planilha de armazenamento dos dados. Se no dia seguinte o pedreiro voltar a trabalhar na parede, as rodadas em que aparece

trabalhando nesta devem ser somadas às rodadas do dia anterior e assim por diante. O mesmo vale para o servente que presta apoio ao pedreiro.

Quando o pedreiro terminar os trabalhos no pavimento e deslocar-se para um novo pavimento, devem ser criadas novas colunas na planilha especificando o código do pedreiro, das paredes e o número do novo pavimento. O objetivo disso é dispor de dados sobre o trabalho dos pedreiros em cada parede em diferentes pavimentos que possibilitem comparações e a observação de tendências.

b) Cálculo do tempo de ciclo das paredes

O responsável pela execução de uma parede é o pedreiro, cabendo ao servente a função de apoiar o seu trabalho. Portanto, parece razoável considerar que o tempo de ciclo de execução de uma parede depende apenas do total de tempo que o pedreiro gasta na mesma em esperas, mobilização e trabalho produtivo.

Como a coleta de dados da Sistemática ocorre em intervalos regulares e a cada rodada de observação é anotada a parede em que o pedreiro está realizando a atividade, é possível saber o total de rodadas em que o pedreiro trabalhou numa parede até esta ficar pronta. Além disso, se for considerado que durante toda a duração do intervalo entre as rodadas de observação o pedreiro só trabalhou naquela parede, é possível calcular o tempo de ciclo de execução da parede através do produto entre o número de rodadas em que o pedreiro aparece trabalhando na parede e a duração do intervalo.

O número total de rodadas que um certo pedreiro aparece trabalhando numa parede, pode ser extraído da planilha de armazenamento. Para demonstrar o cálculo do tempo de ciclo para a produção de uma parede, basta tomar como exemplo o total de rodadas em que o pedreiro de código 3 dedicou a execução completa da parede P1. Sabendo que foram ao todo 24 rodadas, entre atividades produtivas, auxiliares e improdutivas, e que a duração do intervalo entre cada rodada foi de 10 minutos, é encontrado um tempo de ciclo aproximado para P1 de 240 minutos ou de 4 horas.

c) Cálculo das taxas de ocupação da mão-de-obra

A medição para visibilidade realizada pela Sistemática é baseada num número mínimo de observações do trabalho da mão-de-obra, cujo objetivo é garantir que os dados coletados atendam um nível de confiança de 95% e erro relativo de 5%. Desta forma, ao término do período de observações é possível estimar a proporção do tempo em que cada operário, pedreiro ou servente, despendeu em atividades produtivas, auxiliares ou improdutivas.

O cálculo da taxa de ocupação da mão-de-obra nas atividades da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais é feito a partir dos dados contidos na planilha de armazenamento. A taxa de ocupação de um operário numa certa atividade é igual ao total de rodadas que o operário despendeu na atividade em todas as paredes em que trabalhou no período, tenham sido essas executadas por completo ou não, dividido pelo total de rodadas em que foi observado durante a medição para visibilidade.

Dependendo do objetivo da análise, o cálculo da taxa de ocupação nas atividades também pode ser feito para toda a mão-de-obra envolvida ou por classe de operários, pedreiros ou serventes. Para isso, basta somar os totais individuais em cada atividade e dividir pela soma dos totais de rodadas.

d) Cálculo do custo da mão-de-obra nas atividades e perdas

O cálculo do custo da mão-de-obra por atividade realizado pela Sistemática tem dois objetivos. O primeiro é calcular o custo das atividades e, portanto, do processo para possibilitar um *benchmarking* interno ou externo com outras obras. O segundo objetivo, e talvez o mais importante, é dar transparência ao custo das perdas no processo.

Para tornar isso possível, a Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais necessita de um gerador de custo de recursos para calcular a demanda que as atividades impõem sobre a mão-de-obra. Assim, o gerador de custo de recursos adotado é a taxa de ocupação da mão-de-obra nas atividades. Essa escolha vai de encontro com a afirmação de BOISVERT (1999), para quem a utilização de um recurso para a realização de uma atividade é expressa em percentagem do direcionador consagrado a essa atividade

sobre a utilização total. CHING (1997) afirma que este é o método preferido quando os empregados realizam diversas atividades ou produzem vários *outputs* que exigem diferentes esforços, como é o caso do processo de alvenaria.

Além disso, a taxa de ocupação nas atividades atende às duas características básicas apontadas por OSTRENGA (1997) para um gerador de custo de recursos. Primeiro, porque possui uma relação lógica com a sua atividade. Sempre que houver uma mudança na forma de trabalhar do operário ou uma melhoria no processo, isso será refletido na taxa de ocupação. Segundo, porque há a possibilidade de coletar estatísticas que permitam associar os custos às atividades. Essa segunda característica é plenamente atendida pela coleta e processamento dos dados realizados na Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais.

Na Sistemática, os custos são rastreados para as atividades multiplicando o custo de cada operário pelo tempo gasto em cada atividade realizada. Isso porque os salários dos pedreiros envolvidos no processo de alvenaria divergem muito. Sendo assim, o custo de cada atividade realizada por um operário será igual ao produto da taxa de ocupação deste na atividade pelo salário recebido no período em que duraram as observações.

Assim como no cálculo da taxa de ocupação, dependendo do objetivo da análise, o cálculo do custo das atividades também pode ser feito para toda a mão-de-obra envolvida ou por classe de operário. Basta somar os custos individuais em cada atividade.

e) Cálculo do custo da mão-de-obra nas paredes

Apesar do custeio de produtos não ser o principal objetivo da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais, esta pode fornecer subsídios para o custeio da mão-de-obra envolvida na execução das paredes e, desta forma, dar maiores informações sobre como a composição das equipes, definida pelo planejamento, está afetando o custo de produção das mesmas. Com estas informações, a gerência do canteiro poderá melhorar a alocação dos recursos (mão-de-obra) de forma que venha a reduzir os custos de produção e de perdas no processo de alvenaria.

Esta integração é defendida por COOPER & KAPLAN (2000), os quais afirmam que a porção baseada em atividades de um sistema de controle operacional pode coletar informações sobre: a capacidade dos recursos fornecidos; o custo de fornecimento de uma hora de tempo produtivo; o tempo necessário para executar a atividade. Segundo estes autores, estas três informações são pressupostos críticos para a obtenção da taxa do gerador de custos de uma atividade. Quando se constata que houve mudança permanente em um desses três pontos, essa informação pode ser inserida no sistema ABC para que ele faça o ajuste da taxa do gerador de custos da atividade (COOPER & KAPLAN, 2000).

No caso do cálculo do custo da mão-de-obra na produção das paredes, a partir dos dados fornecidos pela Sistemática proposta, é preciso fazer uma consideração. Como a coleta de dados na Sistemática é baseada em observações instantâneas do trabalho de pedreiros e serventes, nem sempre é possível flagrá-los executando todas as atividades necessárias à execução de uma parede. Isso ocorre principalmente devido ao curto tempo de ciclo de algumas paredes, em geral de pequenas dimensões, e por causa da existência de atividades no processo que consomem pouco tempo de mão-de-obra.

Sabendo que a maioria das atividades, inclusive algumas improdutivas, ocorrem na produção de quase todas as paredes apesar de não serem observadas na coleta, a Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais estima o gerador de duração das atividades através do produto das taxas de ocupação do pedreiro nas atividades pelo tempo de ciclo de execução da parede. O mesmo procedimento é válido para os serventes, só que no caso destes, as taxas de ocupação nas atividades devem ser multiplicadas pelo tempo despendido na execução de cada parede, obtido a partir dos dados contidos na planilha de armazenamento.

Este cálculo, que é uma tentativa de corrigir uma deficiência da Sistemática, gera uma compensação, pois apesar de algumas atividades que não foram consumidas na execução da parede aparecerem como tal, outras que haviam sido ignoradas pela coleta terão os seus consumos computados na mesma. Isso pode ser exemplificado tomando como exemplo as atividades do processo de alvenaria listadas por (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996). Como a maioria destas são produtivas ou auxiliares e quase todas são necessárias na execução das paredes, apesar de nem sempre aparecerem na coleta, o

consumo estimado destas pela parede irá aparecer através do cálculo dos geradores de duração realizado na Sistemática. Por outro lado, algumas atividades que não foram consumidas na produção da parede também serão contabilizadas. Contudo, como estas representam uma minoria, a tendência dos dados em aproximarem-se da realidade não deve ser afetada.

Há outra justificativa para a obtenção do gerador de duração de uma atividade através do produto da taxa de ocupação do operário pelo tempo de ciclo de produção da parede. (MARCHESAN, FORMOSO, ISATTO, 2000) afirmam que os processos produtivos na construção são extremamente variáveis devido, em parte, ao trabalho humano, fortemente empregado na construção. Portanto, a taxa de ocupação do operário na atividade não é apenas influenciada por problemas de planejamento, mas também resultante da forma de trabalhar do operário. Como os processos na construção civil não são padronizados, os operários podem levar tempos diferentes para realizar uma mesma atividade. Por exemplo, se o pedreiro for inexperiente ou mais zeloso, este gastará mais tempo na atividade Medir o Prumo do que outros pedreiros. Já o pedreiro que costuma trabalhar em várias paredes próximas ao mesmo tempo, apresentará uma alta taxa de ocupação na atividade Deslocamento Dentro do Posto.

Se houver uma melhoria no modo de trabalhar dos operários e uma redução dos problemas gerados pelo planejamento, a taxa de ocupação de cada operário nas atividades e os tempos de ciclo de produção das paredes mudarão. Essa mudança será refletida na duração das atividades consumidas na execução das paredes.

Portanto, para saber quanto uma parede consome de cada atividade na sua execução são necessários alguns cálculos. Primeiro, a taxa de ocupação do pedreiro na atividade deve ser multiplicada pelo tempo de ciclo de execução da parede para saber quantas horas desta atividade realizada pelo pedreiro (gerador de duração) foram consumidas na produção da parede. O mesmo procedimento é feito para o servente, multiplicando a taxa de ocupação deste na atividade pelo total de horas que ele despendeu na execução da parede.

O próximo passo é converter o gerador de duração da atividade em custo. Para isso, o número de horas que o operário gastou na atividade para produzir a parede deve ser

dividido pelo total de horas trabalhadas no período. O valor encontrado nesta divisão é uma porcentagem do tempo total trabalhado no período. Este valor deve ser multiplicado pelo salário do operário no período para saber o custo da atividade realizada, consumida na execução da parede. Se os custos na atividade dos operários envolvidos na execução da parede forem somados, será encontrado o custo de mão-de-obra da atividade consumido na produção da parede.

Com o objetivo de ilustrar estes cálculos, será tomado o exemplo da produção da Parede P1 pelo pedreiro de código 1. Sabendo que o pedreiro possui uma taxa de ocupação de 1,21% na atividade auxiliar Montar/Desmontar Andaime e que o tempo de ciclo de produção da parede P1 foi de 4,16 horas, é encontrado, através do produto destes valores, o tempo de 0,05 horas montando e desmontando andaime na P1. Dividindo as 0,05 horas pelo tempo total de 82,5 horas trabalhadas no período é obtido uma porcentagem do tempo total trabalhado, cujo o valor é 0,06%. Finalmente, ao multiplicar este percentual pelo salário de R\$ 234,75 ganho pelo pedreiro no mesmo período, é encontrado o custo da atividade Montar/Desmontar Andaime realizada pelo pedreiro na execução da parede P1, o qual foi de R\$ 0,14.

Repetindo os mesmos cálculos com o servente de código 6, responsável por dar apoio ao pedreiro 1, é encontrado o custo de R\$ 0,04 da atividade Montar/Desmontar Andaime realizada pelo servente na produção de P1. Somando os custos parciais do pedreiro e do servente, é encontrado o custo de R\$ 0,18 de mão-de-obra da atividade Montar/Desmontar Andaime na produção da P1. Assim, se forem somados os custos de mão-de-obra de todas as atividades, será obtido o custo de mão-de-obra para produzir a parede P1.

4.2.4 Avaliação da informações

A avaliação das informações é constituída por duas etapas principais que objetivam facilitar a análise conjunta dos resultados do processamento. Portanto, é feita inicialmente uma definição da forma de apresentação dos resultados, a qual dependerá em parte dos interesses do planejamento. Em seguida, é descrito o tipo de procedimento necessário para que a análise conduzida seja útil ao melhoramento do processo. Estas etapas são discutidas abaixo:

a) Apresentação dos resultados

A apresentação dos resultados deve ser feita com a utilização de recursos gráficos para informações em um nível mais agregado e através de tabelas para um nível mais específico. Além disso, para permitir que diferentes linhas de ações sejam realizadas para melhorar o trabalho da mão-de-obra, também é interessante apresentar alguns resultados segregados por classe de operário.

Para cada medida de desempenho um tipo de gráfico é mais recomendável. As taxas de ocupação dos pedreiros e serventes, por exemplo, podem ser apresentadas de forma mais agregada em gráficos do tipo Pizza (Figura 4.2). A apresentação das taxas individuais de cada operário em atividades produtivas, auxiliares e improdutivas pode ser feita por meio de uma tabela de valores.

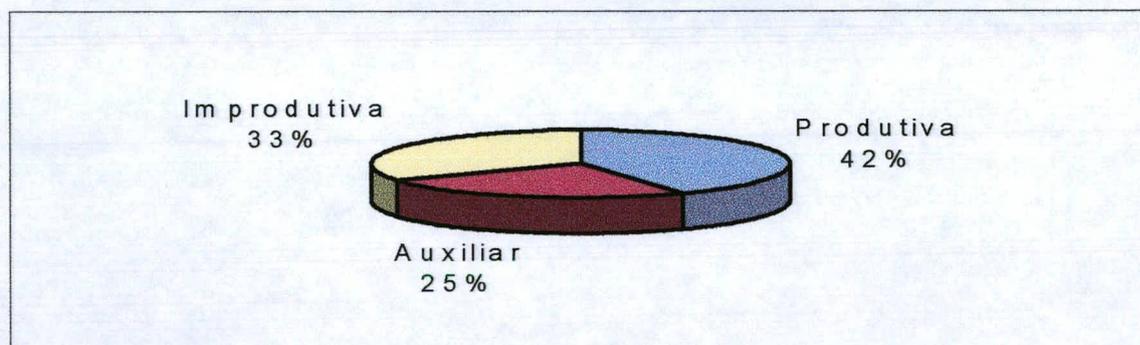


Figura 4.2 – Exemplo de distribuição dos tempos dos pedreiros

No caso da apresentação do tempo de ciclo de produção das paredes, os gráficos mais apropriados são os de Barras Agrupadas ou de Linhas. Estes gráficos possibilitam a comparação direta entre os tempos de ciclo das paredes executadas por cada equipe. Se houver a necessidade, uma tabela de valores também pode ser criada para demonstrar, além dos tempos de ciclo das paredes executadas por cada pedreiro, o total de tempo que cada servente dedicou à execução destas.

Na ilustração do percentual de cada atividade no custo total de mão-de-obra do processo de alvenaria, os resultados dos pedreiros e dos serventes devem ser somados e agregados num gráfico do tipo Pizza. Caso haja o interesse, os resultados podem ser

desagregados por classe de operário e os seus valores totais em cada atividade demonstrados numa tabela.

A apresentação do custo das perdas no processo requer que os custos agregados de uma ou mais atividades que compõem cada categoria de perdas sejam somados. Assim, os custos das atividades Deslocamento Dentro do Posto e Deslocamento Fora do Posto, por exemplo, precisam ser somados para compor o custo das perdas por movimentação. Por outro lado, para uma análise mais detalhada, os custos das atividades que compõem as categorias de perdas podem ser apresentados separadamente numa tabela de valores ou num gráfico do tipo Barras Agrupadas como percentagens do custo total do processo de alvenaria (Figura 4.3).

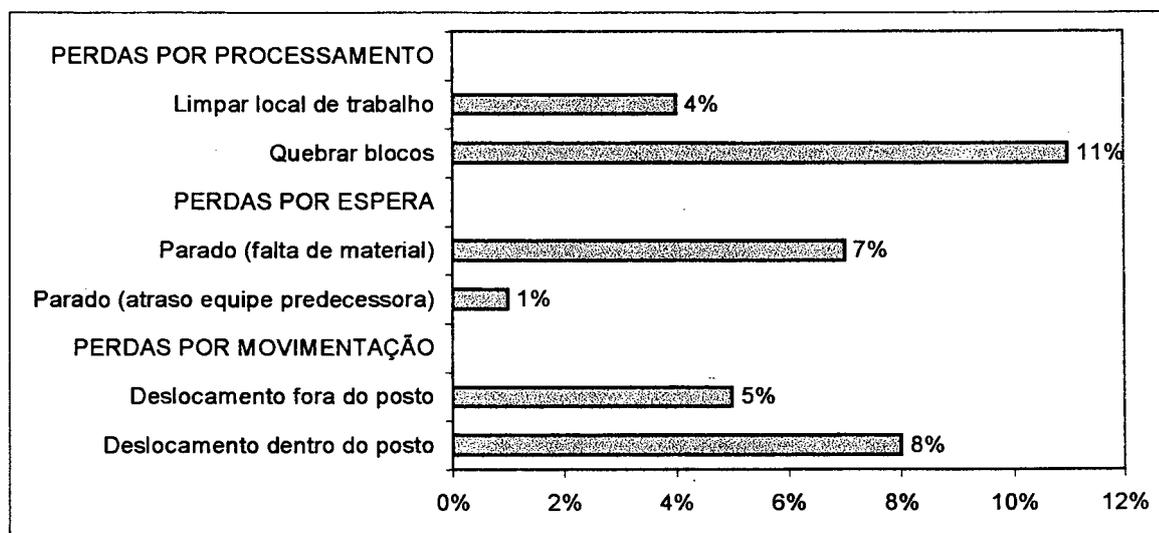


Figura 4.3 – Exemplo de percentagem das perdas no custo total do processo de alvenaria

Por último, na apresentação dos custos de mão-de-obra na produção das paredes, o gráfico utilizado também pode ser do tipo Barras Agrupadas. Este gráfico, que deve ter as paredes representadas no eixo das ordenadas e o custo de produção destas no eixo das abcissas, permite avaliar a influência do número de operários utilizados na composição das equipes no custo de produção das paredes.

b) Análise dos resultados

A análise dos resultados do processamento consiste em extrair das medidas de desempenho o seu mais amplo significado para apoiar a melhoria do processo. Desta forma, a análise dos resultados das medidas deve ocorrer de forma comparativa para que se tenha uma visão global dos problemas ou, quando for o caso, do progresso do processo. A análise comparativa consiste em comparar os resultados das medidas tanto entre si como com os resultados de outros estudos.

No primeiro caso, a análise do processo de forma global, comparando os resultados das medidas, possibilita conhecer os atuais níveis de desempenho dos elementos do processo que devem ser monitorados e identifica como as decisões tomadas estão afetando o seu desempenho geral. No segundo caso, a busca na literatura por resultados de outros estudos realizados na concorrência permite o estabelecimento de metas ou padrões de desempenho para o processo.

(TANSKANEN, WEGELIUS, NYMAN, 1997) já haviam comentado que o processamento das informações de forma interativa, bem como a apresentação gráfica destas e a compreensão dos objetivos do planejamento e controle estão entre os requisitos que um sistema desenvolvido para dar apoio à construção enxuta deve atender.

4.3 Adaptações no Uso da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais

A Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais foi concebida para ser utilizada tanto em medições para visibilidade, como em medições para controle ou melhoria. A questão é que as medições para controle e melhoria não podem demorar para fornecer informações a respeito do desempenho do processo. Há a necessidade das medidas estarem inseridas no processo de planejamento de forma que permitam a tomada de decisão em tempo real.

Portanto, uma vez que a medição para visibilidade tenha terminado e um diagnóstico inicial do processo tenha sido estabelecido, a gerência do canteiro deve definir, de acordo com a sua disponibilidade de recursos, a duração do período para a realização da medição

para controle ou melhoria. Com o objetivo de monitorar o impacto das ações tomadas sobre o processo, estes períodos de coleta de dados devem ser realizados com uma certa frequência. Por exemplo, ao longo de um dia útil de trabalho por semana ou ao longo de uma semana de trabalho por quinzena.

Através destes exemplos, é fácil observar que a duração da coleta de dados na medição para controle ou melhoria não deve demorar tanto como na medição para visibilidade. Além disso, o intervalo entre os períodos de coleta de dados deve permitir que as ações traçadas pelo planejamento sejam implementadas a contento, para corrigir os desvios em relação ao programa de produção emitido ou para a melhoria.

Dependendo da duração do período de coleta de dados na medição para controle ou melhoria, apenas algumas medidas de desempenho poderão ser coletadas. Isso porque o produto do processo de alvenaria pode demorar mais do que um dia de trabalho para ficar pronto. Assim, se a gerência do canteiro optar por realizar a coleta de dados ao longo de apenas um dia por semana, por exemplo, as medidas que poderão ser levantadas são a taxa de ocupação da mão-de-obra e o custo das perdas e atividades do processo. Se a coleta ocorrer ao longo de uma semana por quinzena, os tempos de ciclo de produção de algumas paredes e o custo da mão-de-obra para produzi-las também poderão ser encontrados.

Para que se mantenha o nível de confiança e o erro relativo máximo tolerado dos resultados, os dados obtidos nas novas coletas precisam ser somados aos das coletas passadas para o cálculo das novas taxas de ocupação da mão-de-obra. Desta forma, sempre que houverem melhorias no processo, estas serão refletidas nas novas taxas de ocupação e no posterior cálculo das outras medidas.

Uma última observação a respeito da utilização da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais em medições para controle ou melhoria diz respeito a forma de apresentação dos resultados. Na apresentação dos resultados da medição para controle, os gráficos devem sempre comparar os novos valores das medidas com os valores estabelecidos como meta ou padrão de desempenho. Já na apresentação dos resultados da medição para melhoria, os novos valores precisam ser comparados com os valores

encontrados em coletas anteriores ou com os valores obtidos no diagnóstico inicial feito pela medição para visibilidade.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Características Gerais do Empreendimento

5.1.1 Informações sobre a empresa

A coleta de dados da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais proposta foi realizada num canteiro de obras da construtora Placic, em Fortaleza, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2001. A empresa é uma construtora de médio porte, com um número total de duzentos e cinquenta funcionários próprios, que iniciou suas atividades no ano de 1977 como executora de pequenas obras. Atualmente, dedica-se à incorporação e construção de empreendimentos residenciais em geral. Estes empreendimentos estão localizados em duas capitais nordestinas, Fortaleza e Maceió, e são destinados a clientes com renda familiar superior a doze salários mínimos.

A empresa possuía seis empreendimentos em construção durante a realização do presente trabalho. Estes números refletem uma capacidade de produção desenvolvida que, baseado nos resultados dos últimos anos, tem se mantido em torno de 15.000 m²/ano.

A captação de recursos financeiros para a realização destes empreendimentos provém, principalmente, da venda direta a clientes e, em pequena escala, do sistema financeiro de habitação. Esta forma de captação de recursos traduz o cumprimento rigoroso dos prazos como a principal prioridade adotada pela empresa.

5.1.2 Características do canteiro de obras

Localizado num bairro nobre de Fortaleza, o empreendimento é um edifício residencial constituído por vinte e dois pavimentos tipo, um mezanino, térreo e dois subsolos. Há cinco apartamentos por pavimento tipo, cada unidade com 61,56 m² de área privativa. A construção do empreendimento iniciou em novembro de 1999 e a entrega está prevista para outubro de 2002.

O canteiro de obras é supervisionado por um engenheiro residente. Além deste, a equipe administrativa conta com um mestre-de-obras, um apontador, um contra-mestre e dois estagiários. Esta equipe dispõe de um escritório dentro do canteiro com recursos para

auxiliar no gerenciamento da produção, como linha telefônica, fax, microcomputador, impressora e rádio transmissores.

Ao todo, trabalham atualmente no canteiro setenta funcionários próprios e subcontratados. Destes, catorze estão envolvidos no processo de alvenaria, o qual teve início em agosto de 2000 e tem como prazo de conclusão julho de 2001. Os operários envolvidos no processo de alvenaria estão alocados em diferentes equipes responsáveis por tarefas distintas, como marcação das paredes, execução da alvenaria dos apartamentos e execução da alvenaria de áreas comuns como corredores e escadas.

O processo construtivo adotado pela empresa neste canteiro pode ser classificado como convencional. Isto porque são utilizados a estrutura de concreto armado como sistema de sustentação e alvenaria de blocos cerâmicos na função de vedação.

5.2 Descrição da Aplicação

A aplicação teve como objetivo validar a Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais proposta para o processo construtivo de alvenaria. Nesta, foi optado por utilizar a Sistemática numa medição para visibilidade, pois a empresa ainda não possuía um diagnóstico do processo. A posterior aplicação da Sistemática em medições para controle ou melhoria não foi possível, em virtude dos prazos disponíveis para a realização deste estudo.

A aplicação prática da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais começou no dia 09 de janeiro de 2001 com um levantamento preliminar de dados, que durou quatro dias. Neste período, também foi feita uma explanação para o engenheiro residente, mestre-de-obras, estagiário e operários envolvidos no processo analisado sobre a forma de coleta de dados da Sistemática e o objetivo desta.

O primeiro passo do levantamento preliminar de dados foi a identificação do número de operários, pedreiros e serventes, envolvidos exclusivamente na produção da alvenaria dos apartamentos. Foram identificados cinco pedreiros, cada um responsável pela alvenaria de um apartamento, e três serventes. Os pedreiros foram codificados com números de 1 a 5 e os serventes com números de 6 a 8.

Em paralelo, houve também uma consulta à planta baixa do pavimento tipo. O objetivo da consulta era conhecer as paredes internas e externas de cada apartamento, codificá-las e analisar possíveis diferenças arquitetônicas ou estruturais de um apartamento para outro. Nesta consulta foram identificadas e codificadas vinte e quatro paredes de alvenaria por apartamento e elaborado um croqui das mesmas.

Na consulta à planta baixa também foram identificadas diferenças de tamanho entre algumas paredes externas dos apartamentos, devido, principalmente, ao posicionamento de pilares. Assim, foi decidido que estas seriam desconsideradas nos posteriores cálculos do tempo de ciclo de execução e custo da mão-de-obra na produção das paredes. A idéia é permitir apenas a comparação dos trabalhos realizados na produção de paredes com dimensões iguais em cada apartamento, como era o caso das paredes internas.

Em seguida, utilizando uma lista preliminar de atividades do processo, foram feitas observações do trabalho dos pedreiros com o objetivo de estimar a percentagem do tempo que estes dedicam às atividades produtivas. A taxa de ocupação em atividades produtivas encontrada foi de 68,45%. Trata-se de uma taxa surpreendentemente alta e, possivelmente, fortemente influenciada pela novidade da presença de um observador. A utilização desta taxa na Equação 3.1 para o cálculo do número de observações resultou num número mínimo de 738 observações instantâneas do trabalho da mão-de-obra a serem realizadas.

Após calcular o número mínimo de observações, foi possível planejar o número de observações diárias e o total de dias de duração da medição para visibilidade. Devido à necessidade de encaixar a coleta de dados dentro dos prazos disponíveis, optou-se por realizar as observações em intervalos regulares de dez minutos, totalizando 51 observações instantâneas diárias.

Com estas informações levantadas, o próximo passo foi identificar as atividades realizadas pelos operários no processo (ANEXO 8) e defini-las num dicionário (ANEXO 1). Para isso, foi tomado como base a lista de atividades do processo de alvenaria, bem como as suas classificações em produtivas, auxiliares e improdutivas, proposta por (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996).

Depois, através de conversas com o mestre-de-obras e com os operários responsáveis pela execução do processo, foi constatado que certas atividades, como Arrumando Ferros de Amarração e Encunhamento, teriam que ser desconsideradas por não serem executadas pela equipe observada, mas sim por outras equipes. Além disso, algumas atividades, como Refeições Fora do Horário e Parado sem Motivo, foram agregadas e outras, como Descarregar Organizar Tijolos e Parado Devido ao Atraso de Equipe Precedente, por exemplo, foram acrescentadas à lista.

Tendo definido as atividades do processo, foi possível identificar quais se encaixam nas sete categorias de perdas do trabalho da mão-de-obra que a Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais se dispõe a levantar:

- 1) Perdas por espera: estão relacionadas ao tempo de espera para a realização das atividades e são representadas pelas atividades Parado (falta de material) e Parado (atraso da equipe precedente);
- 2) Perdas por transporte: estão associadas ao tempo gasto na movimentação interna de material e é representada pela atividade Transportar Material para o Posto;
- 3) Perdas por processamento: estão relacionadas à atividade de processamento (conversão) do atual estágio tecnológico da construção e são representadas pelo tempo gasto nas atividades Quebrar Blocos, Limpar Local de Trabalho e Transportar Material para Fora do Posto (entulho);
- 4) Perdas por movimentação: são causadas pela movimentação desnecessária ou ineficiente de operários durante o trabalho e estão representadas pelo tempo desperdiçado nas atividades Deslocamento Dentro do Posto e Deslocamento Fora do Posto;
- 5) Perdas por produzir produtos defeituosos: ocorrem quando o produto fabricado não atende aos requisitos especificados no projeto e está representada pelo tempo consumido na atividade Retrabalho;

- 6) Perdas por substituição: dizem respeito a utilização de um funcionário qualificado, como um pedreiro por exemplo, em atividades simples que um servente pode e deve executar. No Sistema de Controle proposto, além da atividade Executar Outro Serviço, serão consideradas como perdas por substituição, quando realizadas por um pedreiro, as atividades Montar e Desmontar Andaime, Operar Equipamento, Transportar Material para o Posto, Limpar Ferramentas, Limpar Local de Trabalho, Transportar Material para Fora do Posto (entulho), Descarregar e Organizar Tijolos;
- 7) Outras: são perdas de natureza diferente das anteriores e estão representadas pelo tempo gasto nas atividades Parado (sem motivo), Parado (chuva), Não Encontrado e Falta.

Terminado o levantamento preliminar, foi dado início à etapa de coleta de dados da Sistemática, a qual ocorreu entre a segunda quinzena do mês de janeiro e a primeira quinzena de fevereiro de 2001. Ao todo, foram realizadas 741 observações instantâneas em quinze dias úteis de monitoramento do trabalho das equipes responsáveis pela execução da alvenaria dos apartamentos.

A planilha utilizada durante as observações diárias obedeceu o padrão de planilha proposta para a coleta de dados da Sistemática (item 4.2.2). Esta apresentava nas linhas todas as 32 atividades do processo identificadas no levantamento preliminar e nas colunas, os números das 51 rodadas de observações com o horário de início destas no topo (ANEXO 2). As subdivisões das células foram preenchidas com o código dos oito operários envolvidos e mais um para o caso da gerência do canteiro alocar outro servente para auxiliar os pedreiros durante o período de coleta de dados, o que não aconteceu.

Uma folha contendo uma representação da planta baixa do apartamento com as paredes codificadas foi anexada às páginas da planilha utilizada na coleta de dados (ANEXO 3). Nesta mesma folha, foi elaborada uma legenda contendo o nome ou apelido de cada operário, a função, o código, o apartamento de atuação e um espaço para ser anotado o pavimento em que se encontra trabalhando no dia.

A coleta de dados procedeu conforme o planejado no levantamento preliminar e atendendo as considerações e regras descritas no item 4.2.2. Os trabalhos produtivos, auxiliares e improdutivos realizados por cada operário em todas as paredes, internas ou externas, foram computados durante as observações.

No entanto, vale mencionar que na realização da etapa de coleta de dados, um dos pedreiros, o de código 4, recebeu licença do trabalho por alguns dias. Como os resultados, referentes ao trabalho deste pedreiro no período, apresentariam uma grande distorção em relação aos resultados dos outros pedreiros, optou-se por desconsiderá-lo no processamento dos dados.

Na etapa de processamento da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais, os dados armazenados (ANEXO 4), referentes ao trabalho dos demais operários em todas as paredes, foram utilizados no cálculo das taxas de ocupação da mão-de-obra (ANEXO 5). Em seguida, com as taxas de ocupação e o valor do salário recebido pelos operários no período, foram calculados os custos das atividades do processo (ANEXO 6), que possibilitaram o posterior cálculo dos custos das perdas.

No cálculo do tempo de ciclo de produção das paredes e do custo da mão-de-obra na produção das mesmas (ANEXO 7), como havia sido decidido durante o levantamento preliminar de dados, só foram consideradas as paredes internas dos apartamentos que tiveram as suas execuções acompanhadas por completo. No cálculo do custo da mão-de-obra na produção das paredes, além do tempo de ciclo de produção destas, foram necessárias informações sobre o total de horas trabalhadas e o salário recebido pelos operários no período.

5.3 Avaliação das Informações

5.3.1 Apresentação dos resultados das medidas de desempenho

A discussão dos resultados obtidos na aplicação da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais no empreendimento segue a mesma seqüência lógica do cálculo dos mesmos. Inicialmente, são discutidas medidas preliminares, como taxa de ocupação da

mão-de-obra e tempo de ciclo, e depois as que foram calculadas a partir destas. Os resultados de algumas medidas também são comparados com os obtidos em outros estudos.

a) Tempo de ciclo

A medida do tempo de ciclo fornece informações acerca do tempo necessário para produzir paredes de diferentes dimensões e detalhes arquitetônicos. Além dos resultados da medida apresentados na Figura 5.1, é possível fazer um *benchmarking* do trabalho das diversas equipes responsáveis pela execução destas.

Na coleta de dados da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais, não foi possível acompanhar o trabalho das equipes dos pedreiros, responsáveis pela execução da alvenaria de cada apartamento, em todas as paredes. Assim, em algumas paredes internas, como a P12 e P16, por exemplo, só foi possível acompanhar o trabalho de dois pedreiros.

Apesar disso, os resultados desta medida apontam a equipe do Pedreiro 5 como a mais rápida. Na comparação do tempo de ciclo de doze paredes em que trabalhou, a equipe aparece como a mais rápida e segunda mais rápida em 50% e 42% das comparações, respectivamente. Por outro lado, a equipe mais lenta é a do Pedreiro 2, aparecendo como a mais rápida na execução das paredes em apenas 18% das onze comparações feitas. Os Pedreiros 1 e 3 apresentam percentagens intermediárias, com uma pequena vantagem para o Pedreiro 3. Estes resultados referendam algo que a gerência do canteiro já havia percebido.

Tomando ainda os Pedreiros 5 e 2 como exemplo, foi observado que a principal característica do Pedreiro 5 é trabalhar numa parede até a sua completa execução. Já o Pedreiro 2 sempre deixava as últimas fiadas de tijolos das paredes internas para serem concluídas depois, o que gerava mais tempos de mobilização sempre que voltava a trabalhar nas mesmas. Os resultados evidenciam uma falta de padronização do processo que, agravado por problemas de planejamento e pela variabilidade inerente ao trabalho humano, resultam nos tempos de ciclo observados.

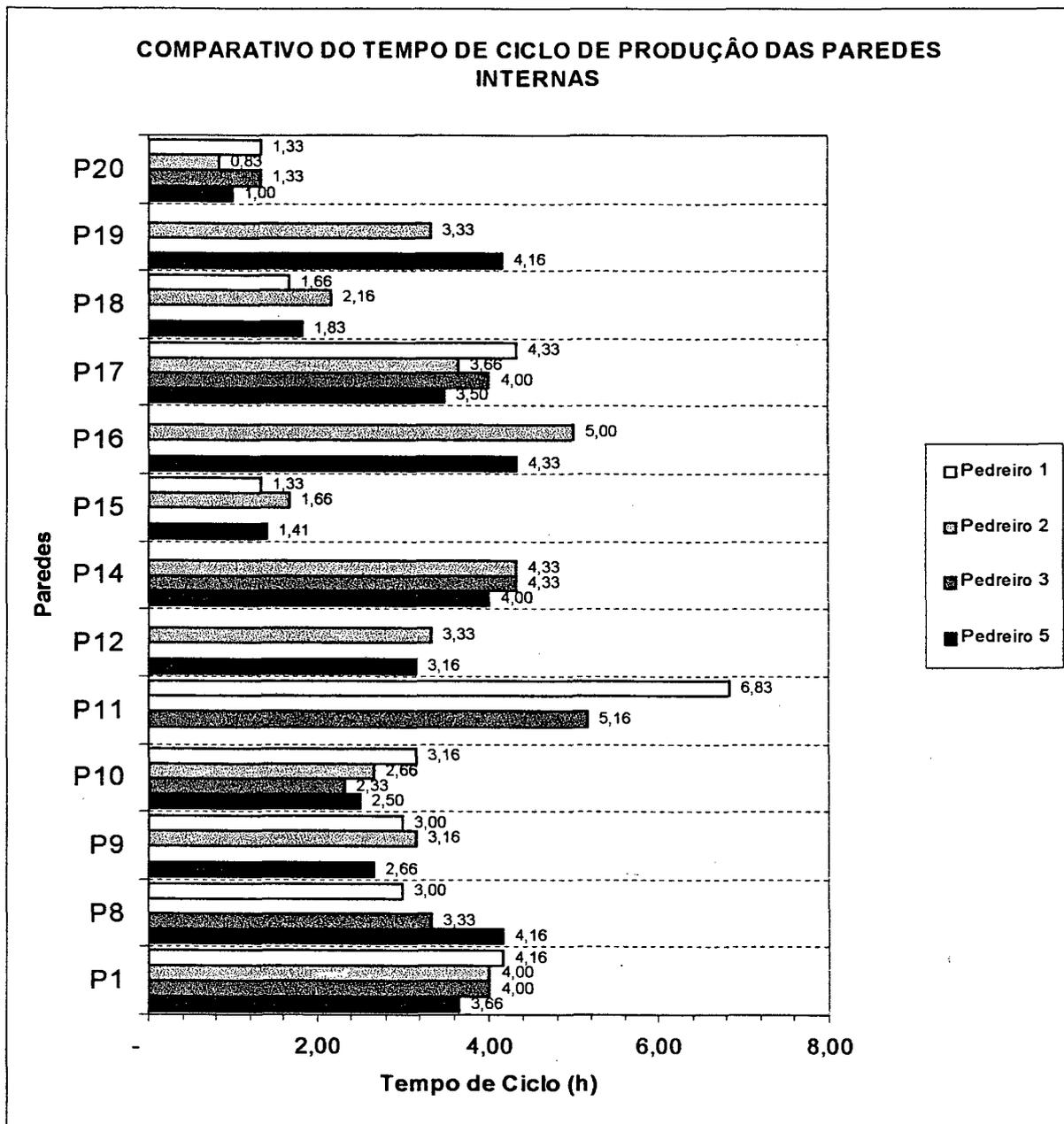


Figura 5.1 – Tempo de ciclo de produção das paredes internas por equipe

b) Taxa de ocupação da mão-de-obra

A taxa de ocupação da mão-de-obra permite uma estimativa dos tempos despendidos por operários em atividades produtivas, auxiliares e improdutivas. Os resultados desta medida, obtidos a partir da aplicação da Sistemática, estão ilustrados por classe de operários nas Figuras 5.2 e 5.3.

O percentual de tempos produtivos dos pedreiros (44,84%) ficou abaixo dos 52,1% encontrado por GUTSCHOW (1998), após a realização de melhorias no processo de alvenaria em obras de Aracaju, e do valor de 51,9% obtidos num estudo de caso por (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995). O percentual também é bastante inferior aos 59,94% observados por (LIBRELOTTO, MUTTI, OLIVEIRA, JUNGLES, 2000) em canteiros de obras na cidade de Florianópolis. Esta diferença entre o resultado da aplicação da Sistemática e os resultados de outros estudos, demonstra que há espaço para a implementação de melhorias no processo.

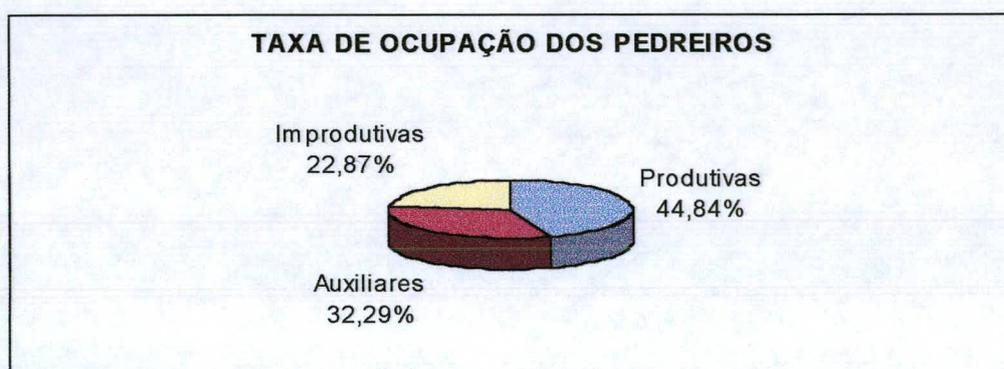


Figura 5.2 – Distribuição dos tempos dos pedreiros

Com relação aos serventes, é observado que a taxa de ocupação em atividades improdutivas supera 50%. O valor encontrado para os serventes (66,53%) é maior que os 57% observados por (OLIVEIRA, LANTELME, FORMOSO, 1995) e bem superior aos 35,2% encontrados por GUTSCHOW (1998), depois da realização de intervenções para a melhoria do processo.

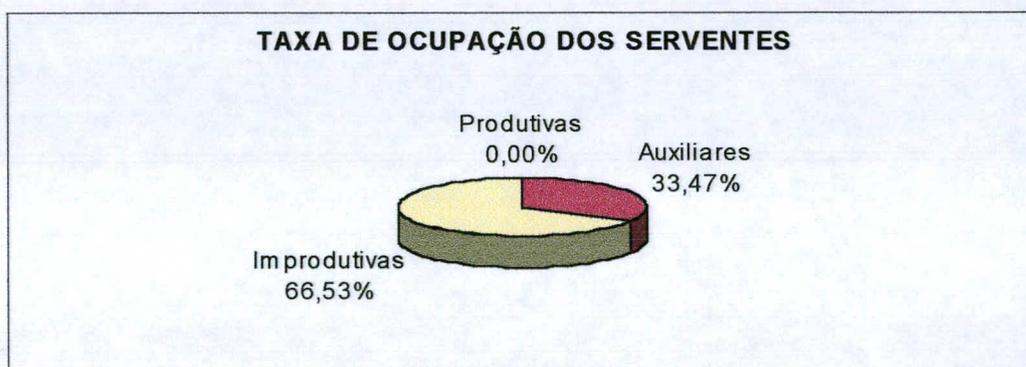


Figura 5.3 – Distribuição dos tempos dos serventes

Durante a realização da coleta de dados da Sistemática foi constatado que não há uma definição clara para os serventes das suas responsabilidades para com os pedreiros. Comumente um pedreiro tinha que realizar uma atividade auxiliar enquanto havia um servente próximo descansando ou conversando. É como se para os serventes, as suas funções se limitassem à realização das atividades Transportar Material para o Posto, Limpar Local de Trabalho e Limpar Ferramentas. Isso fica claro quando observado que não há incidência de trabalho produtivo para os serventes e que a taxa de ocupação destes na atividade Parado (sem motivo) é de 20,11%, enquanto que as taxas de ocupação dos pedreiros em atividades auxiliares como Escolher Blocos, Quebrar Blocos, Preparar Material e Transportar Material para o Posto são de 4,49%, 4,96%, 2,09% e 1,52%, respectivamente (ANEXO 5).

Na análise da distribuição dos tempos individuais de cada operário (Quadro 5.1), é possível constatar a influência da composição das equipes. Os Pedreiros 1 e 2 são os que apresentam as maiores taxas de ocupação em atividades produtivas e auxiliares e as menores taxas em atividades improdutivoas. Como estes pedreiros foram apoiados pelo mesmo servente, o de código 6, durante todo o período de coleta de dados e não podiam contar com a sua presença o tempo todo, foi observado que estes apresentaram as maiores taxas de ocupação em atividades auxiliares, como Montar e Desmontar Andaime e Preparar Material. Da mesma forma, o Servente 6, que os apoiou em dois apartamentos diferentes, foi o que apresentou a maior taxa de ocupação na atividade Deslocamento Fora do Posto.

Por outro lado, os Pedreiros 3 e 5 puderam contar com o apoio exclusivo dos Serventes 7 e 8, respectivamente, durante mais da metade do período de coleta, cada um. Como consequência, as taxas de ocupação em atividades auxiliares destes pedreiros são menores que a dos Pedreiros 1 e 2 e as taxas de ocupação destes serventes nas atividades auxiliares são maiores do que a do Servente 6.

No entanto, a composição das equipes dos Pedreiros 3 e 5 na proporção de um servente para um pedreiro também aumentou a ociosidade dos mesmos. Devido a uma maior presença dos serventes, as conversas e descansos fora de hora aumentaram. Os Pedreiros 3 e 5 apresentaram taxas de ocupação altas na atividade Parado (sem motivo), 6,34% e 8,91%, contra 2,83% e 1,21% dos Pedreiros 1 e 2, respectivamente.

Quadro 5.1 – Distribuição dos tempos por operário

OPERÁRIO / ATIVIDADES	Produtivas	Auxiliares	Improdutivas
Pedreiro 1	45,88 %	34,95 %	19,16 %
Pedreiro 2	48,99 %	36,30 %	14,71 %
Pedreiro 3	41,03 %	29,69 %	29,28 %
Pedreiro 5	43,45 %	28,21 %	28,34 %
Servente 6	0,00 %	30,09 %	69,91 %
Servente 7	0,00 %	31,58 %	68,42 %
Servente 8	0,00 %	38,73 %	61,27 %

c) Perdas no trabalho da mão-de-obra

O cálculo do custo das perdas do trabalho da mão-de-obra permite o estabelecimento de prioridades para a melhoria do processo. O custo dos tipos de perdas é encontrado a partir do custeio das atividades do processo de alvenaria (ANEXO 6). A representação destes custos é feita nas figuras 5.4 e 5.5 em termos da percentagem de cada atividade que as constituem no custo total por classe de operário.

Na análise do custo das perdas no trabalho dos pedreiros, é observado que as perdas por outras causas representam 10,40% do valor pago aos pedreiros no período de coleta de dados da Sistemática. Este valor, que é quase o dobro dos valores encontrados nos demais tipos de perdas, resulta, principalmente, da ociosidade gerada pela composição das equipes.

Em segundo lugar vem as perdas por movimentação, que consumiram 5,95% do valor pago aos pedreiros. Estas perdas decorrem do tipo de produto da construção, onde são as equipes que se deslocam para executá-lo. No entanto, no estudo de caso foi notado um agravamento pela falta de padronização do processo com os pedreiros comumente

trabalhando em mais de uma parede ao mesmo tempo, o que acarretava em mais deslocamentos dentro do posto.

Em seguida, aparecem as perdas por substituição, processamento e espera, com valores bem próximos. As perdas por processamento, no caso a atividade Quebrar Blocos, decorrem do atual estágio tecnológico da construção, mas podem ser maiores devido à inexperiência de certos operários como o Pedreiro 1 (ANEXO 6). Já o custo das perdas por substituição se deveram a ausência do servente no momento necessário ou da falta de instrução destes sobre as suas verdadeiras obrigações.

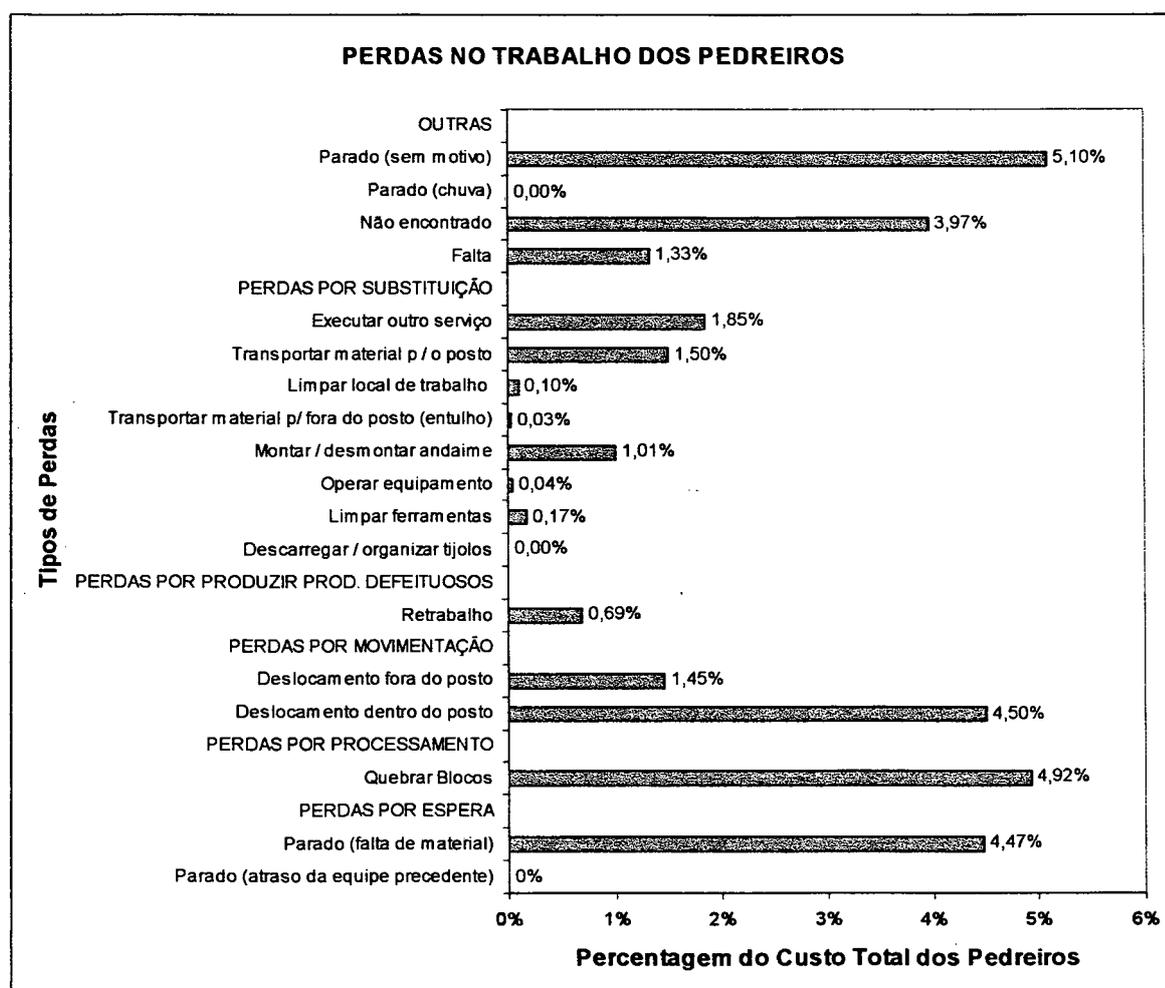


Figura 5.4 – Percentagem do custo das perdas no trabalho dos pedreiros

O custo das perdas por espera decorreu da falta de sincronização entre as equipes, causado por falhas no planejamento. A atividade Parado (falta de material) era mais

freqüente no começo dos turnos, demonstrando que a equipe da betoneira, responsável por fornecer argamassa para o processo, não iniciava o seu trabalho antes do necessário. Da mesma forma, em dias de concretagem das lajes dos pavimentos superiores, faltava argamassa para as equipes de alvenaria.

No caso do trabalho dos serventes, é observado que o custo das perdas por outras causas corresponde a 36,71% do valor total pago aos serventes no período. Isso demonstra um desperdício considerável com tempos ociosos que poderiam ser utilizados em atividades auxiliares e evitar, desta forma, a ocorrência de perdas por substituição no trabalho dos pedreiros.

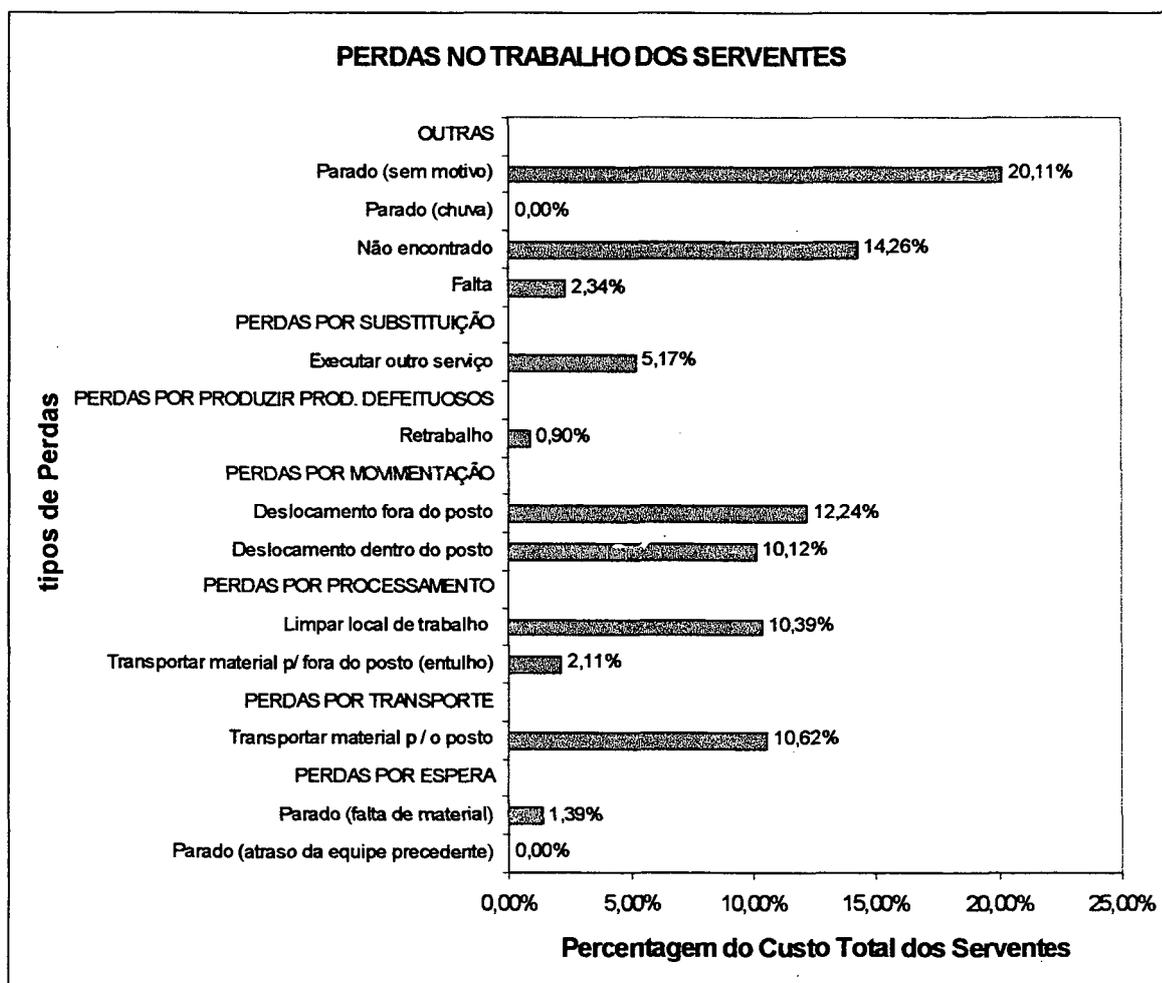


Figura 5.5 – Percentagem do custo das perdas no trabalho dos serventes

As perdas por transporte e movimentação aparecem respondendo, respectivamente, por 10,62% e 22,36% do gasto total com serventes. Vale ressaltar que estas perdas estão intrinsecamente ligadas às funções desempenhadas pelos serventes. Contudo, poderiam ser menores se houvesse um planejamento da ordem de execução das paredes internas do apartamento. Frequentemente, os pedreiros começavam a trabalhar na alvenaria do apartamento pelas paredes P1, P8, P14 e P16 (ANEXO 3), dificultando o transporte de materiais e o deslocamento entre as demais paredes.

Finalmente, uma comparação dos resultados de dois tipos de perdas obtidos na aplicação da Sistemática com os valores encontrados por (MARCHESAN, FORMOSO, ISATTO, 2000) em dois estudos de caso, é feita para se ter uma idéia da eficiência do processo.

Estes autores encontraram gastos na ordem de 18% do custo da mão-de-obra com atividades de limpeza, enquanto que no estudo de caso do presente trabalho, a soma dos custos das atividades Limpar Local de Trabalho e Transportar Material para Fora do Posto, totalizou 4,86% do custo total da mão-de-obra. Esta comparação de resultados parece indicar que os operários envolvidos no processo de alvenaria, analisado neste trabalho, foram mais eficazes na contenção do desperdício de materiais no processamento, o que acarretou em menores tempos de limpeza.

Nos gastos com operações de transporte de material, a diferença foi bem menor, mas ainda favorável aos resultados do estudo de caso deste trabalho. Os mesmos autores encontraram um valor de 8% do custo total de mão-de-obra em operações deste tipo. No estudo de caso deste trabalho, os gastos com a atividade Transportar Material para o Posto representaram 4,98% do custo total da mão-de-obra.

d) Custo das paredes

O cálculo do custo das paredes permite estimar o consumo das atividades pelas paredes (ANEXO 7) e identificar o efeito da composição das equipes sobre o custo de produção das mesmas. Para isso, uma representação gráfica foi elaborada para permitir a comparação do custo de produção das paredes pelas diferentes equipes (Figura 5.6).

Os resultados desta medida demonstram a equipe do Pedreiro 2 como a responsável por produzir as paredes a um custo mais baixo. Em onze comparações a equipe foi a que apresentou um menor custo de produção em 63,63% das vezes e um segundo menor custo de produção em outras 36,36% das vezes. A equipe do Pedreiro 1 é a segunda colocada em produzir paredes a um baixo custo, apresentando o menor e segundo menor custo de produção em 44,44% e 22,22% das comparações, respectivamente.

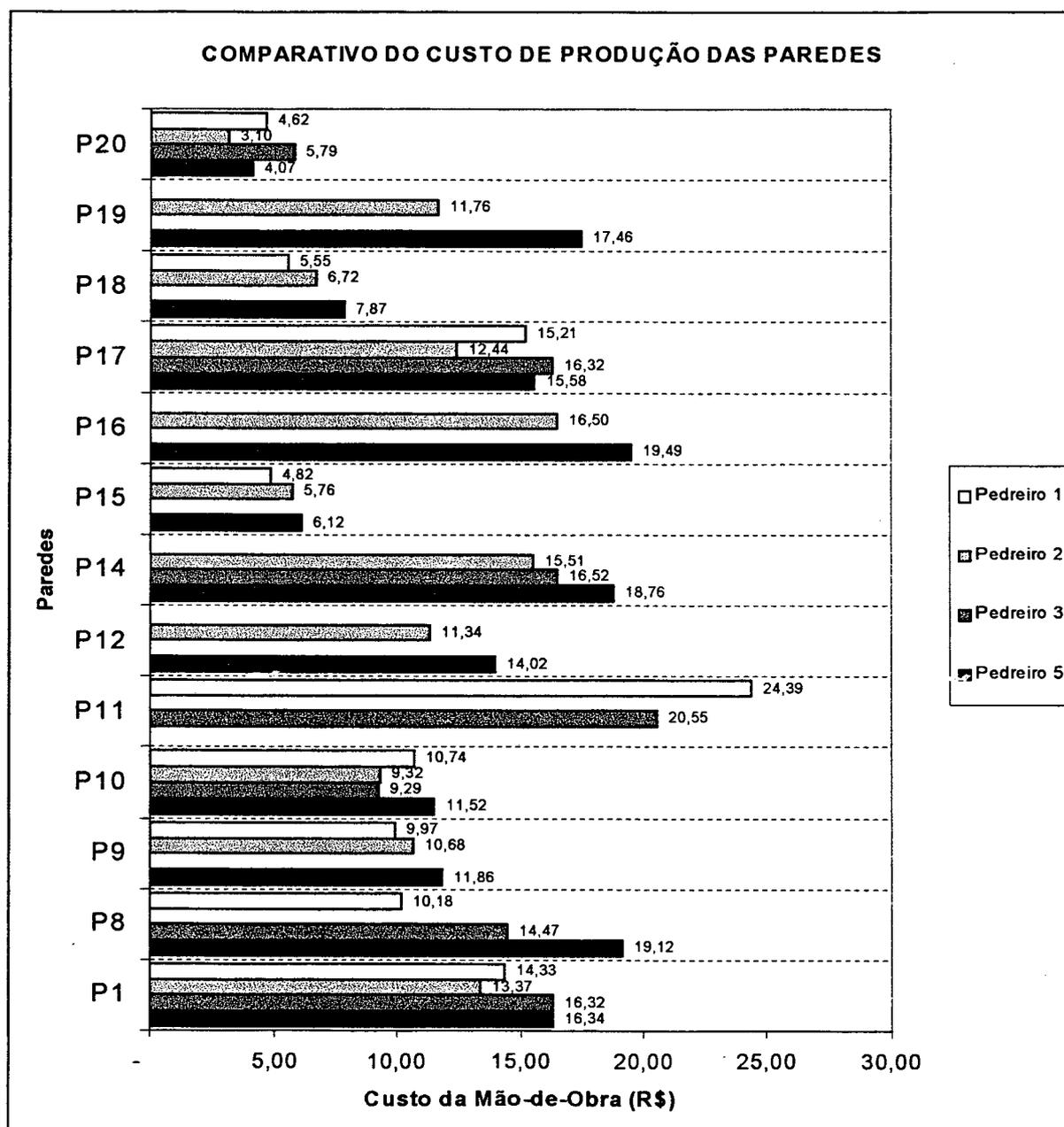


Figura 5.6 – Custo da mão-de-obra na produção das paredes internas por equipe

As equipes dos demais pedreiros apresentaram piores resultados, com destaque para a do Pedreiro 5 que não apresentou o custo de produção mais baixo em nenhuma das doze comparações feitas. Este maior custo de produção das paredes deve-se, em parte, ao fato de que a gerência do canteiro alocou um servente para cada um destes pedreiros, durante parte do período de coleta de dados, o que encareceu o produto do trabalho destas equipes.

5.3.2 Análise comparativa dos resultados das medidas de desempenho

A avaliação conjunta dos resultados das medidas de desempenho ajuda a ligar e a explicar melhor as constatações feitas individualmente para cada medida. Sobre isso, (SANTOS, FORMOSO, ISATTO, LANTELME, 1996) comentam que somente através da avaliação global consegue-se identificar a real causa dos problemas.

Ao proceder desta forma, é possível explicar, por exemplo, porque o Pedreiro 2 possui a maior taxa de ocupação em atividades produtivas e consegue produzir a um custo mais baixo que os demais, apesar de ser o mais lento na produção das paredes. Do mesmo modo, a análise conjunta das medidas pode explicar porque o pedreiro 5, dono da segunda taxa de ocupação mais baixa em atividades produtivas, tem a equipe mais rápida na execução das paredes e ao mesmo tempo mais cara.

Em primeiro lugar, como afirma (ALARCÓN, 1997a), a taxa de ocupação não está diretamente ligada à produtividade da mão-de-obra. Um pedreiro experiente pode possuir uma taxa de ocupação mais baixa em atividades produtivas e ainda assim, trabalhar mais rápido e até melhor que um pedreiro inexperiente. Este era o caso do Pedreiro 5.

Em segundo lugar, a diferença entre os tempos de ciclo de produção das equipes dos Pedreiros 3 e 5, os mais rápidos, e as equipes dos Pedreiros 1 e 2 não era grande (Quadro 5.2). Desta forma, não houve uma compensação que justificasse a alocação de serventes para prestarem apoio exclusivo a estes. Um bom exemplo disso está na execução da parede P16. A diferença entre o tempo de ciclo de produção desta parede pela equipe do Pedreiro 5 (4,33 horas) e a equipe do Pedreiro 2 (5,00 horas) era de menos de uma hora. Ao decidir por alocar um servente exclusivamente para o Pedreiro 5, a gerência do canteiro fez com

que o custo de mão-de-obra na produção desta parede pela equipe do Pedreiro 5 (19,49 R\$) fosse 2,99 R\$ mais caro que o custo de produção da equipe do Pedreiro 1 (16,50 R\$).

Quadro 5.2 – Análise conjunta do tempo de ciclo e custo de produção das paredes

Parede	Equipe Pedreiro 1			Equipe Pedreiro 2			Equipe Pedreiro 3			Equipe Pedreiro 5		
	Propor. Se : Pe	Tc (h)	Custo (R\$)									
P1	1 : 2	4,16	14,33	1 : 2	4,00	13,37	1 : 1	4,00	16,32	1 : 1	3,66	16,34
P8	1 : 2	3,00	10,38				1 : 1	3,33	14,47	1 : 1	4,16	19,12
P9	1 : 2	3,00	9,97	1 : 2	3,16	10,68				1 : 2	2,66	11,86
P10	1 : 2	3,16	10,74	1 : 2	2,66	9,32	1 : 1	2,33	9,29	1 : 1	2,50	11,52
P11	1 : 2	6,83	24,39				1 : 1	5,16	20,76			
P12				1 : 2	3,33	11,34				1 : 1	3,16	14,02
P14				1 : 2	4,33	15,51	1 : 2	4,33	16,52	1 : 1	4,00	18,76
P15	1 : 2	1,33	4,82	1 : 2	1,66	5,76				1 : 2	1,41	6,12
P16				1 : 2	5,00	16,50				1 : 1	4,33	19,49
P17	1 : 2	4,33	15,21	1 : 2	3,66	12,44	1 : 1	4,00	16,32	1 : 1	3,50	15,58
P18	1 : 2	1,66	5,55	1 : 2	2,16	6,72				1 : 2	1,83	7,87
P19				1 : 2	3,33	11,76				1 : 1	4,16	17,46
P20	1 : 2	1,33	4,62	1 : 2	0,83	3,10	1 : 1	1,33	5,79	1 : 1	1,00	4,07

Pode ser que em paredes de grandes dimensões, a distância que uma equipe mais rápida abre em relação a uma equipe mais lenta compense a composição da equipe na proporção 1 : 1. Isso é algo que a execução da parede P11, a qual possui a maior dimensão do estudo de caso, pelas equipes dos Pedreiros 1 e 3 parece indicar.

No entanto, no estudo de caso, a composição de algumas equipes na proporção 1 : 1, como visto, não se justificou em termos de custo, pois a maioria das paredes eram de dimensões bem menores que a P11. Além disso, a composição das equipes nesta proporção contribuiu para a redução da taxa de ocupação dos pedreiros em atividades produtivas e auxiliares, sem aumentar muito a taxa de ocupação dos serventes em atividades auxiliares. Isso foi determinante para alguns percentuais do custo de perdas encontrados no processo nesta aplicação da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais.

No mais, a análise conjunta das medidas de desempenho também possibilita uma melhor compreensão das causas da variabilidade no processo. A compreensão e medição destas pode ser de grande valia nos esforços de melhoria do processo. As principais causas da variabilidade do processo de alvenaria identificadas no estudo de caso são:

- *Falhas do planejamento*: através da consulta das planilhas de coleta de dados da Sistemática, foi observado que no estudo de caso 71,42% das rodadas em que os pedreiros aparecem na atividade Parado (falta de material), por exemplo, ocorrem no começo e fim dos turnos de trabalho. Isso demonstra problemas no fornecimento de materiais para as equipes devido à falhas de decisões do planejamento. Consequentemente, algumas paredes consomem nas suas execuções mais tempos de espera do que outras;
- *Tipo do produto*: o produto do processo são paredes que consomem diferentes horas de atividades nas suas execuções. Realizando o cálculo do custo de mão-de-obra na produção das paredes da Sistemática, é possível observar, por exemplo, que a execução das paredes P10, P11 e P20 consumiram 18,43, 39,83 e 7,75 minutos, respectivamente, da atividade Colocar Blocos na Linha realizada pelo Pedreiro 1;
- *Forma de trabalho*: a falta de padronização do trabalho das equipes também contribuiu para o aumento da variabilidade. A análise dos resultados da coleta demonstrou que em doze comparações de paredes, o Pedreiro 5 trabalhou em 83,33 % destas do começo ao fim, ao longo de dias seguidos. O mesmo não pode ser dito do Pedreiro 2, que só trabalhou desta forma em 45,45 % das onze paredes comparadas. Outro exemplo está na execução dos cantos das paredes. Enquanto alguns pedreiros faziam junta amarrada

numa parede, outros quebravam os blocos já postos para fazer o canto da mesma. Assim, o consumo de atividades, como Quebrar Blocos, varia na execução da parede;

- *Natureza humana*: a variabilidade causada pela natureza do trabalho humano é, possivelmente, a mais difícil de agir sobre com o intuito de melhorar o processo. Pode ser minorada com treinamentos e motivação da mão-de-obra. Mesmo assim, é difícil explicar, por exemplo, como a equipe do pedreiro 2 leva 5,50 horas para executar a parede externa P13 no pavimento 10 e depois 4,66 horas na mesma parede no pavimento 12, sem a ocorrência de problemas causados pelo planejamento como a falta de material ou o atraso de uma equipe predecessora.

5.3.3 Proposta de intervenções no processo de alvenaria

Após demonstrar e analisar os resultados das medidas, é necessário propor ações para a melhoria do processo e assim, fechar o ciclo de aprendizagem da medição de desempenho. Dentre as principais sugestões para a melhoria do processo de alvenaria estão:

- Composição das equipes na proporção 1 : 2, para combater a ociosidade de serventes e pedreiros e reduzir o custo de produção das paredes;
- Treinamento dos operários, principalmente dos serventes, a respeito das suas funções no processo;
- *Benchmarking* do trabalho das equipes dos pedreiros, para que as melhores práticas de cada equipe sejam incorporadas pelas demais;
- Planejamento da ordem de produção das paredes internas de cada apartamento para que execução destas ocorra de dentro para fora, permitindo que os tempos gastos com deslocamento e transporte de material caiam progressivamente e que espaços, dentro do apartamento, sejam liberados para o trabalho das equipes seguintes;
- Padronização do processo estabelecendo normas, como a distribuição prévia de tijolos pelos espaços a serem trabalhados, ou instruindo os envolvidos no mesmo a respeito de

como procederem em todas as suas etapas, por exemplo, em quais paredes os cantos devem ser realizados com junta amarrada.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

Através do estudo realizado no processo de controle da produção, o presente trabalho contribuiu para a discussão e aplicação de princípios da Produção Enxuta na Indústria da Construção. Esta contribuição culminou com o desenvolvimento e aplicação de uma Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais capaz de focar o controle em todas as atividades do processo, dando transparência às deficiências, e apoiando a introdução da melhoria contínua no mesmo. Assim, um passo a mais foi dado na direção de transformar a Construção Tradicional em Construção Enxuta.

Entre os objetivos do trabalho estava o desenvolvimento de uma Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais para o processo construtivo de alvenaria que, além de atender certos princípios da Produção Enxuta, fosse de fácil adaptação e possibilitasse o levantamento e a integração das informações fornecidas por medidas de desempenho tradicionais e da Nova Filosofia de Produção. Os demais objetivos foram alcançados através de uma aplicação prática da Sistemática que resultou no levantamento de medidas tradicionais, como taxa de ocupação e custo, e medidas da Produção Enxuta, como tempo de ciclo e perdas.

Os resultados desta aplicação prática também referendaram a hipótese geral de que a utilização conjunta destas medidas possibilita uma identificação mais precisa dos problemas no processo. A hipótese de que a composição das equipes na proporção de um servente para um pedreiro aumenta o custo de mão-de-obra na produção das paredes também foi confirmada. A surpresa ficou por conta da hipótese de que as perdas por movimentação são as que apresentam o maior custo no processo de alvenaria. Como foi constatado no estudo de caso, estas perdas ficaram em segundo lugar, tanto para os serventes como para os pedreiros, perdendo para as perdas por outras causas.

A aplicação da Sistemática demonstrou vantagens como baixo custo de implementação por permitir que todas as suas etapas sejam executadas por uma única

pessoa sem a necessidade de despender significativos recursos adicionais. Dependendo do intervalo adotado, o observador também pode realizar outras tarefas entre as observações.

Na coleta de dados foi observada outra vantagem no que diz respeito ao comportamento dos operários mediante a presença do observador. Como as observações foram feitas em intervalos regulares ao longo de um período, foi constatado que os operários passaram a agir com mais naturalidade à presença do observador com o passar do tempo, fazendo com que os dados coletados ficassem mais próximos da realidade. Além disso, como foi elaborado um dicionário das atividades do processo, não houve espaço para a subjetividade ou coleta com base na percepção do observador. Foi anotado, a cada rodada, exatamente aquilo que cada operário estava fazendo em cada parede.

Na avaliação das informações foi confirmada uma outra vantagem da Sistemática, almejada durante o desenvolvimento da mesma. Como os dados armazenados e organizados eram utilizados no cálculo de medidas, como taxas de ocupação e tempos de ciclo de produção, que por sua vez eram inseridas no cálculo das perdas e custo de produção das paredes, foi constatado que estas eram coerentes e relacionáveis entre si. Isso possibilitou uma análise mais segura dos problemas do processo.

Com relação às limitações da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais, a principal está relacionada diretamente com o foco de aplicação desta, para a qual foi proposta. A Sistemática foca a atenção no trabalho da mão-de-obra, custeando apenas a utilização desta, e negligencia o custeio de outros recursos, de materiais e das áreas de apoio que poderiam fornecer informações mais abrangentes sobre os custos de perdas e produção das paredes.

Um outro problema foi detectado durante o processamento dos dados. Devido à transferência manual dos dados da planilha de coleta para a organização destes na planilha de armazenamento, o tempo gasto na etapa de processamento da Sistemática foi considerável. A solução deste problema passa por uma maior restrição do número de atividades e paredes. Por exemplo, no estudo de caso, as paredes P9 e P19 podiam ser consideradas como uma só (ANEXO 3).

Para as empresas com uma maior disponibilidade de recursos, este problema pode ser resolvido de outra forma. Nestas, a aplicação da Sistemática pode ser inteiramente computacional, desde a coleta de dados utilizando um *Palm-top*, o que agilizaria bastante a organização dos dados, até a inserção destes em planilhas eletrônicas programadas para calcular automaticamente as medidas.

Apesar destas limitações, a Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais mostrou-se uma ferramenta eficaz no fornecimento de informações que possibilitam um melhor conhecimento das ineficiências do processo de alvenaria, principalmente devido à forma de cálculo das medidas de desempenho na mesma. Estas informações permitem que a gerência do canteiro racionalize e otimize a alocação de recursos reduzindo as perdas no processo e, conseqüentemente, o tempo de ciclo e custo de produção das paredes.

As informações fornecidas também podem ser úteis para as empresas que visam criar valor com base na diferenciação. Estas empresas poderão saber, por exemplo, o custo de mão-de-obra na personalização das paredes de um apartamento, requisitada por um certo cliente. Além disso, as informações da Sistemática demonstram quando está havendo um mal relacionamento do processo com fornecedores internos, como equipes predecessoras e de apoio. Estas informações ajudarão o planejamento a estabilizar o fluxo de trabalho.

Finalmente, deste estudo, é possível concluir que a aplicação prática dos princípios da Produção Enxuta na Indústria da Construção é algo real e viável. Basta que métodos adequados para as peculiaridades da construção sejam desenvolvidos. Um bom caminho para isso, como demonstrado neste trabalho, é a utilização conjunta de ferramentas tradicionais e novas no controle dos processos construtivos.

6.2 Recomendações para Estudos Futuros

Como forma de explorar melhor o potencial da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais proposta no fornecimento de informações, alguns estudos podem

ser realizados visando a continuidade deste trabalho:

- a) Implementação e avaliação da utilização da Sistemática para Levantamento de Parâmetros Operacionais proposta em outros processos construtivos, como revestimentos e pintura;
- b) Integração da Sistemática com ferramentas de planejamento dos processos, através da utilização dos resultados das medidas coletadas, por exemplo, no cálculo do ritmo de produção das equipes;
- c) Cálculo do custo total das perdas no processo utilizando a Sistemática, na medição das perdas do trabalho da mão-de-obra, em conjunto com outros métodos capazes de levantar o custo de perdas materiais e por estoque, por exemplo;
- d) Utilização da coleta de dados da Sistemática para medir a variabilidade na duração das atividades, a produtividade em h.h/m², a taxa de melhoria e a aprendizagem dos operários no processo;
- e) Ajuste da Sistemática para outros tipos de obras, como residências, e edifícios que utilizem processos construtivos não convencionais, como alvenaria estrutural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCÓN, L. F. Tools for identification and reduction of waste in construction projects. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997. p.365–378.

ALARCÓN, L. F. Modeling waste performance in construction. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997a. p.51-66.

ALARCÓN, L. F. Training field personnel to identify waste and improvement opportunities in construction. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997b. p.391–401.

ALARCÓN, L. F.; SERPELL, A. Performance measuring benchmarking, and modelling of construction projects. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham. **Proceedings...** Birmingham: IGLC, 1996.

BALLARD, G.; HOWELL, G. “Can project controls do it’s job?”. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham. **Proceedings...** Birmingham: IGLC, 1996.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: stabilizing work flow. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997. p.101–109.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Toward construction JIT. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema. 1997a. p.291-300.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Lean production theory: moving beyond ‘can do’. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema. 1997b. p.17-23.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. p.416– 444.

BOISVERT, H. **Contabilidade por atividades: contabilidade de gestão: práticas avançadas.** São Paulo: Atlas, 1999.

BORGERT, A. **Construção de um sistema de gestão de produtos à luz de uma metodologia construtivista multicritério.** 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BORNIA, A. C. **Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno.** 1995. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BOSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H. Construction waste: quantification and source evaluation. **Journal of Construction Engineering and Management.** ASCE, v.122, n.1, p.55-60, 1996.

CHING, H. Y. **Gestão baseada em custeio por atividades: ABM – Activity Based Mangement.** São Paulo: Atlas, 1997.

COOPER, R.; KAPLAN, R. S. Sistemas integrados de custeio. **HSM Management,** São Paulo, n.19, p.70-78, mar./abr. 2000.

COSTA, A. L.; FORMOSO, C. T. Perdas na construção civil – uma proposta conceitual e ferramentas para prevenção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1998. p.01–07.

FORMOSO, C. T. Improvement example from the 1990`s: system of quality and productivity indicators for the building industry. In: INTERNATIONAL TRANSFER OF CONSTRUCTION MANAGEMENT & PRACTICES, **Workshop,** Oslo, Norway, 1997.

FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L.; HIROTA, E. H. Method for waste control in the building industry. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP

FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: University of California, 1999.

GEISHECKER, M. L. Tecnologia melhora o ABC. **HSM Management**, São Paulo, n.5, p.18-22, nov./dez. 1997.

GUTSCHOW, C. A. Método para redução de perdas em obras de edificações: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1998. p.141–150.

HARRINGTON, H. J.; HARRINGTON, J. S. **Gerenciamento total da melhoria contínua: a nova geração da melhoria de desempenho**. São Paulo: Makron Books, 1997.

HARRIS, F.; McCAFFER, R. **Modern construction management**. 3rd ed., BSP Professional Books, 1989.

HOWELL, G. A. What is lean construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: University of California, 1999.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. A nova filosofia de produção e a redução de perdas na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1998. p.241–249.

KAPLAN, R. S.; COOPER, R. **Custo e desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo**. São Paulo: Futura, 1998.

KAPLAN, R. Dos custos à performance. **HSM Management**, São Paulo, n.13, p.06-11, mar./abr. 1999. Entrevista.

KOSKELA, L. **Applicaton of the new production philosophy to costruction**. Stanford: Center for Integrated Facility Enginnering, 1992. (Technical Report, 72).

KOSKELA, L. Lean production in construction. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997. p.01–09.

KOSKELA, L. Lean construction. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1998. p.03–10.

LEE, S.; DIEKMANN, J. E.; SONGER, A. D.; BROWN, H. Identifying waste: applications of construction process analysis. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: University of California, 1999.

LANTELME, E.; OLIVEIRA, M.; FORMOSO, C. T. Medição do desempenho de empresas de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP/ANTAC, 1993. p.711-712.

LIBRELOTTO, L. I.; MUTTI, C. N.; OLIVEIRA, P. V. H.; JUNGLES, A. E. Análise do emprego dos tempos de mão de obra utilizando a técnica de amostragem do trabalho. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA/ANTAC, 2000. p.397–404.

LUBBEN, R. T. *Just in time*: uma estratégia avançada de produção. São Paulo: McGraw-Hill, 1989. p.157-174.

MACHADO, R. /L.; LEAL, J. R.; KRETZER, C. F.; HEINECK, L. F. M. Operacionalização da medição de produtividade na construção civil através da técnica de observação instantânea. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Unimep, 1996.

MARCHESAN, P. R. C.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Proposta de um modelo integrado de gestão de custos e planejamento para obras de edificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 7, 2000, Recife. **Anais...** Recife: 2000.

MAROSSZEKY, M.; KARIM, K. Benchmarking: a tool for lean construction. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5, 1997, Gold Coast. **Proceedings...** Gold Coast: Griffith University, 1997.

MELLES, B. What do we mean by lean production in construction?. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997. p.11-16.

MOREIRA, D. A. **Dimensões do desempenho em manufatura e serviços**. São Paulo: Pioneira, 1996.

OHNO, T. **O sistema toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.; FORMOSO, C. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil: manual de utilização**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995.

OLIVEIRA, K. A. Z. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção: proposta baseada em estudo de caso**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA, K. A. Z.; ALVES, T. C. L.; FORMOSO, C. T. O princípio da transparência aplicado ao processo de planejamento e controle da produção na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA/ANTAC, 2000. p.564-571.

OSTRENGA, M. **Guia da Ernst & Young para gestão total dos custos** / Michael Ostrenga, com Terence R. Ozan, Marcus D. Harwood, Robert D. McIlhattan. Rio de Janeiro: Record, 1997.

PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

RADOS, G. J. V.; DIAS, P. M.; ÑAURI, M.; NERES, W. A. **Gerenciamento de processos**. Apostila da disciplina Gerenciamento de Processos, PPGEP - UFSC, 1999.

RUSSOMANO, V. H. **PCP: planejamento e controle da produção**. São Paulo: Pioneira, 1995. p.301-316.

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

SANTOS, A.; POWELL, J.; SHARP, J.; FORMOSO, C. T. Principle of transparency applied in construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6, 1998, Guarujá. **Proceedings...** Guarujá: IGLC, 1998.

SANTOS, A.; POWELL, J. Potential of poka-yoke devices to reduce variability in construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: University of California, 1999.

SANTOS, A.; POWELL, J.; FORMOSO, C. T. Evaluation of current use of production management principles in construction practice. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: University of California, 1999.

SANTOS, A.; POWELL, J. A.; EATON, D.; SARSHAR, M. Uso de controles visuais na construção: um estudo internacional. **Revista Qualidade na Construção**, São Paulo, n.24, p.22-29, ano 3, 2000.

SELIG, P. M. **Gerência e avaliação do valor agregado empresarial**. 1993. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SERPELL, A.; VENTURI, A.; CONTRERAS, J. Characterization of waste in buildings construction projects. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema, 1997. p.67-78.

SERPELL, A.; ALARCÓN, L. F.; GHIO, V. A general framework for improvement of the construction process. In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham. **Proceedings...** Birmingham: IGLC, 1996.

SILVEIRA, A. A.; SCARDOELLI, L. S.; FONSECA, N. D. R. **Abordagem das perdas na construção civil**. Trabalho apresentado para a disciplina de Gerenciamento da Qualidade Total no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. 1993. (não publicado).

SINK, S.; TUTTLE, T. **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SKOYLES, E. R. Material wastage: a misuse of resources. **Building Research and Practice**, July/August, 1976. p.232-243.

TAKASHINA, N. T.; FLORES, M. C. X. **Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer metas e medir resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

TANSKANEN, K.; WEGELIUS, T.; NYMAN, H. New tools for lean construction. In: ALARCÓN, L. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: Balkema. 1997. p.335-341.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000. p.184-193.

ZACCARELLI, S. B. **Programação e controle da produção**. São Paulo: Pioneira, 1982. p.261-266.

ANEXO 1 – Dicionário de atividades do estudo de caso

ATIVIDADES PRODUTIVAS

- 01- Espalhar Massa: aplicação da argamassa na fiada antes do assentamento do tijolo;
- 02- Colocar Blocos na Linha: assentamento do tijolo na fiada com o auxílio da colher de pedreiro para posicioná-lo;
- 03- Colocar Blocos nos Cantos: assentamento dos blocos em amarração (fazendo junta amarrada) ou não, no canto da parede;
- 04- Colocar Tacos: chumbamento dos tarugos de madeira nas bordas dos vãos para permitir a posterior instalação dos batentes de portas e janelas;
- 05- Colocar Vergas: posicionamento de vergas pré-moldadas na primeira fiada de tijolos acima dos vãos de portas e janelas;
- 06- Encher Juntas: espalhamento de argamassa nas juntas laterais do tijolo a ser assentado, as quais entram em contato com as juntas de outros tijolos da fiada;
- 07- Alisar Juntas: raspagem da argamassa que sobra, após o posicionamento do tijolo na fiada, para ser reaproveitada ou não;
- 08- Chapiscar: lançamento de chapisco sobre as faces de vigas ou pilares que entram em contato com a alvenaria;

ATIVIDADES AUXILIARES

- 09- Montar / Desmontar Andaime: posicionamento do andaime próximo da parede à ser trabalhada pelo pedreiro ou retirada do mesmo;
- 10- Operar equipamento: chamar o guincho para o pavimento e abrir ou fechar as cancelas do mesmo;

- 11- Estender a Linha: armação da linha guia para o nivelamento da fiada;
- 12- Escolher Blocos: retirada de um tijolo, entre os que foram posicionados próximos da parede em execução, para ser assentado na fiada;
- 13- Quebrar Blocos: desmanche de parte de um tijolo para que este possa ser posicionado no canto da parede ou para a passagem de um eletroduto;
- 14- Transportar Material para o Posto: deslocamento de tijolos e argamassa para serem posicionados próximos da parede em execução;
- 15- Receber / Dar Instruções: troca de informações e orientações, entre os operários envolvidos ou entre estes e a gerência do canteiro, à respeito do processo;
- 16- Limpar Ferramentas: limpeza das ferramentas e utensílios (pá, balde, colher de pedreiro, etc.) utilizados tanto na preparação da argamassa, como na execução e limpeza das paredes;
- 17- Limpar Local de Trabalho: limpeza (varrer, lavar, catar, etc.) da área em torno da parede trabalhada;
- 18- Medir (prumo, etc.): verificação do nível e do prumo de cada fiada de tijolos;
- 19- Transportar Material para Fora do Posto (entulho): retirada do entulho recolhido na limpeza da área em torno da parede, com balde ou carrinho de mão;
- 20- Preparar Material: colocar água e mexer a argamassa recebida no pavimento ou antes da aplicação desta na fiada de tijolos e retirada de eventuais “pedras” de argamassa endurecida decorrentes de um mal preparo;
- 21- Montar / Desmontar Escantilhão: posicionamento ou retirada dos escantilhões dos cantos das paredes, usados no nivelamento de cada fiada;
- 22- Descarregar / Organizar Tijolos: retirada dos *pallets* do guincho e distribuição dos tijolos pelos diferentes ambientes do apartamento;

ATIVIDADES IMPRODUTIVAS

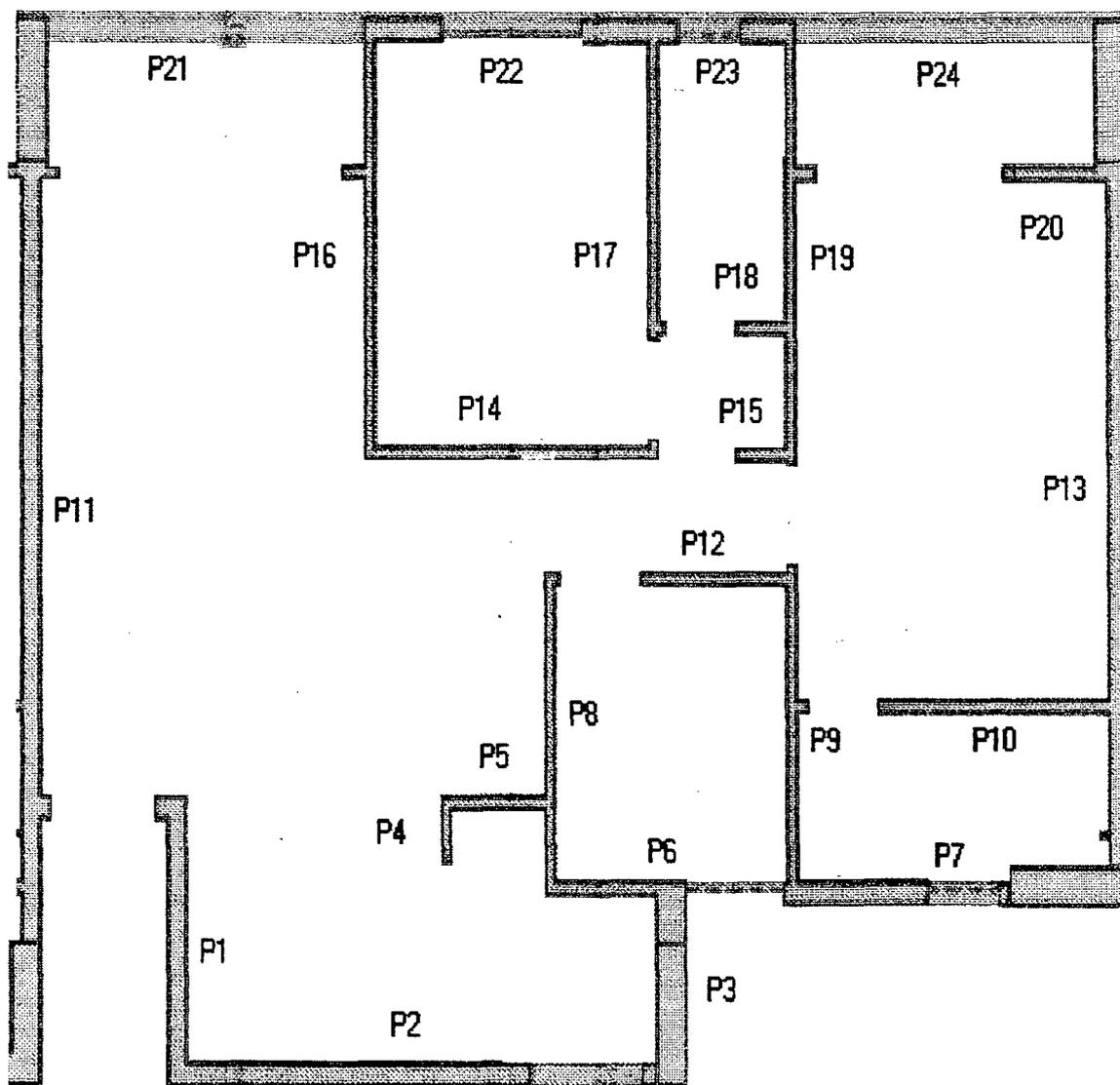
- 23-Parado (sem motivo): conversando, descansando ou fazendo refeições fora do horário;
- 24-Deslocamento Dentro do Posto: percorrendo distâncias internas para trabalhar simultaneamente em mais de uma parede, numa outra parte da mesma parede ou para apanhar equipamento ou material;
- 25-Deslocamento Fora do Posto: caminhando fora do apartamento ou percorrendo a distância entre pavimentos;
- 26-Parado (chuva): esperas causadas por um fator climático, prejudicando, principalmente, a execução das paredes externas;
- 27-Retrabalho: realização de atividades para refazer uma parte ou reconstruir toda uma parede que já havia sido executada;
- 28-Parado (falta de material): atraso no fornecimento de material para a parede em execução devido a problemas de iteração com as equipes de apoio, como betoneira e guincho, e também pela ausência do servente encarregado de prestar apoio no momento necessário;
- 29-Não Encontrado: ausente do posto de trabalho, apesar de encontrar-se no canteiro de obra, devido, por exemplo, à necessidades fisiológicas;
- 30-Falta: ausente do posto de trabalho por não se encontrar no canteiro de obra, seja no começo ou fim de um turno ou durante todo um dia de trabalho;
- 31-Executar Outro Serviço: realização de uma atividade numa parede de um apartamento, para o qual o operário não foi alocado no período;
- 32-Parado (atraso da equipe precedente): atraso causado por problemas de iteração com uma equipe predecessora, impossibilitando o início dos trabalhos numa parede ou apartamento.

Atividades		PLANILHA DE COLETA																																						
		07:30									07:40									07:50									08:00											
		1									2									3									4											
PRODUTIVAS																																								
1	Espalhar Massa	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
2	Colocar blocos na linha	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
3	Colocar blocos nos cantos	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
4	Colocar tacos	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
5	Colocar vergas	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
6	Encher juntas	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
7	Afisar juntas	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
8	Chapiscar	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
		AUXILIARES																																						
9	Montar / desmontar andaime	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
10	Operar equipamento	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
11	Estender a linha	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
12	Escovar blocos	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
13	Quebrar blocos	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
14	Transportar material p/ o posto	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
15	Receber / dar instruções	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
16	Limpar ferramentas	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
17	Limpar local de trabalho	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
18	Medir (prumo, etc...)	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
19	Transportar material p/ fora do posto (entulho)	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
20	Preparar material	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
21	Montar / desmontar escantilhão	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
22	Descarregar / organizar tijolos	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
		PRÓDUTIVAS																																						
23	Parado (sem motivo)	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
24	Deslocamento dentro do posto	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
25	Deslocamento fora do posto	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
26	Parado (chuva)	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
27	Retrabalho	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							
28	Parado (falta de material)	Funcionário(s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
	Parede trabalhada																																							

ANEXO 3 - Legenda e representação das paredes codificadas do estudo de caso

Legenda

Funcionário(s)				
Função	código	Nome/Apelido	Atuação/apto	Pavimento
Pedreiro	1	Claudemir	apto 1	
Pedreiro	2	Valcy	apto 2	
Pedreiro	3	Claudino	apto 3	
Pedreiro	4	Paraíba	apto 4	
Pedreiro	5	Pequeno	apto 5	
Servente	6	Herculano	apto(s) 1 e 2	
Servente	7	Bomjardim	apto(s) 3 e 4	
Servente	8	Rosa	apto(s) 4 e 5	
Servente	9	-	-	

Planta Baixa - Alvenaria

PLANILHA DE ARMAZENAMENTO

TOTAL DE RODADAS/OPERÁRIO POR ATIVIDADE POR PAREDE

Atividades / Paredes	TOTAL DE RODADAS/OPERÁRIO POR ATIVIDADE POR PAREDE																																			
	PEDREIRO 1 P1 (PAV.10)									PEDREIRO 2 P1 (PAV.10)									PEDREIRO 3 P1 (PAV.11)									PEDREIRO 5 P1 (PAV.13)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
1 Espalhar Massa	6								4								4								1											
2 Colocar blocos na linha																																				
3 Colocar blocos nos cantos	1								2								1								1											
4 Colocar blocos																																				
5 Colocar vergas	1																																			
6 Encher juntas de concreto																																				
7 Alisar juntas	3								2								1								1											
8 Checar e nivelar o piso																																				
Subtotal de atividades produtivas por trabalhador por parede	15	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0				
9 Montar / desmontar andaime									1							1																				
10 Operar equipamento																																				
11 Estender a linha																																				
12 Escolher blocos																																				
13 Quebrar blocos									1							1								1												
14 Transportar material p/ o posto																																				
15 Receber / dar instruções																1																				
16 Limpar ferramentas																																				
17 Limpar local de trabalho																3																				
18 Medir (grando, saci)																																				
19 Transportar material p/ fora do posto (enfundo)																																				
20 Preparar material																																				
21 Montar / desmontar escarvão									2															1												
22 Descarregar e organizar o material																																				
Subtotal de atividades auxiliares por trabalhador por parede	9	0	0	0	0	5	0	0	8	0	0	0	5	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	11	0	0	0	9	0	0	9					
25 Parado (sem motivo)									3						1					1					7					3						
24 Deslocamento dentro do posto																																				
25 Deslocamento fora do posto															2					1					3											
26 Parado (chuva)																																				
27 Retrabalho																																				
28 Parado (falta de material)																																				
29 Não encontrado															2										2					1						
30 Falta																																				
31 Executar outro serviço																																				
32 Parado (falta de equipe precedente)																																				
Subtotal de atividades improdutivas por trabalhador por parede	1	0	0	0	0	7	0	0	5	0	0	0	7	0	0	5	0	0	0	12	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	9					
Total em atividades por trabalhador por parede	25	0	0	0	0	12	0	0	24	0	0	0	12	0	0	24	0	0	0	19	0	0	0	22	0	0	0	18	0	0	18					

ANEXO 5 - Cálculo da taxa de ocupação dos operários nas atividades

Atividades	TAXA DE OCUPAÇÃO DOS PEDREIROS EM CADA ATIVIDADE									
	PEDREIRO 1 (Claudemir)		PEDREIRO 2 (Vivcy)		PEDREIRO 3 (Claudio)		PEDREIRO 6 (Pequeno)		PEDREIROS (TOTALS)	
	n. de rodadas	taxa	n. de rodadas	taxa	n. de rodadas	taxa	n. de rodadas	taxa	n. de rodadas	taxa
1 Espalhar massa	122	16,46%	78	10,53%	96	12,96%	73	9,85%	369	12,45%
2 Colocar blocos na linha	72	9,72%	83	12,53%	70	9,45%	66	11,81%	321	10,83%
3 Colocar blocos nos cantos	21	2,83%	19	2,56%	17	2,29%	34	4,59%	91	3,07%
4 Colocar tacos	4	0,54%	4	0,54%	1	0,13%	2	0,27%	11	0,37%
5 Colocar vergas	3	0,40%	4	0,54%	1	0,13%	7	0,94%	15	0,51%
6 Encher juntas	42	5,67%	43	5,80%	38	5,13%	32	4,32%	155	5,23%
7 Alisar juntas	73	9,85%	120	16,19%	80	10,80%	85	11,47%	358	12,08%
8 Chequear o nível	3	0,40%	2	0,27%	1	0,13%	3	0,40%	9	0,30%
Subtotal Produtivas	340	45,88%	363	48,99%	304	41,03%	322	43,45%	1329	44,84%
9 Montar / desmontar andaime	9	1,21%	13	1,75%	5	0,67%	4	0,54%	31	1,05%
10 Operar equipamento	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,13%	1	0,03%
11 Estender a linha	14	1,89%	19	2,56%	12	1,62%	10	1,35%	55	1,86%
12 Escovar blocos	41	5,53%	33	4,45%	24	3,24%	35	4,72%	133	4,49%
13 Quebrar blocos	42	5,67%	40	5,40%	32	4,32%	33	4,45%	147	4,96%
14 Transportar material p/ o posto	6	0,81%	17	2,29%	12	1,62%	10	1,35%	45	1,52%
15 Recabar / dar instrução	4	0,54%	2	0,27%	2	0,27%	4	0,54%	12	0,40%
16 Limpar ferramentas	2	0,27%	0	0,00%	2	0,27%	1	0,13%	5	0,17%
17 Limpar local de trabalho	1	0,13%	0	0,00%	1	0,13%	1	0,13%	3	0,10%
18 Medir (grosso, etc.)	90	12,15%	121	16,33%	102	13,77%	73	9,85%	386	13,02%
19 Transportar material p/ fora do posto (entulho)	0	0,00%	0	0,00%	1	0,13%	0	0,00%	1	0,03%
20 Preparar material	28	3,78%	14	1,89%	6	0,81%	14	1,89%	62	2,09%
21 Montar / desmontar escantilho	22	2,97%	10	1,35%	21	2,83%	23	3,10%	76	2,56%
22 Descarregar / organizar blocos	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Subtotal Auxiliares	259	34,95%	269	36,30%	220	29,69%	209	28,21%	957	32,29%
23 Parado (sem motivo)	21	2,83%	9	1,21%	47	6,34%	66	8,91%	143	4,82%
24 Deslocamento dentro do posto	37	4,89%	27	3,64%	26	3,51%	42	5,67%	132	4,45%
25 Deslocamento fora do posto	11	1,48%	7	0,94%	9	1,21%	15	2,02%	42	1,42%
26 Parado (chuva)	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
27 Retrabalho	0	0,00%	1	0,13%	18	2,43%	1	0,13%	20	0,67%
28 Parado (falta de material)	29	3,91%	29	3,91%	43	5,80%	31	4,18%	132	4,45%
29 Não encontrado	29	3,91%	6	0,81%	22	2,97%	55	7,42%	112	3,78%
30 Faltas	14	1,89%	10	1,35%	17	2,29%	0	0,00%	41	1,38%
31 Executar outro serviço	1	0,13%	20	2,70%	35	4,72%	0	0,00%	56	1,89%
32 Parado (falta de máquinas / ferramentas)	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Subtotal Improdutivas	142	19,16%	109	14,71%	217	29,28%	210	28,34%	678	22,87%
TOTAL	741	100,00%	741	100,00%	741	100,00%	741	100,00%	2964	100,00%

Atividades	TAXA DE OCUPAÇÃO DOS SERVENTES EM CADA ATIVIDADE							
	SERVENTE 6 (Herculano)		SERVENTE 7 (Bom Jardim)		SERVENTE 8 (Rosa)		SERVENTES	(TOTALS)
	n. de rodadas	taxa	n. de rodadas	taxa	n. de rodadas	taxa	n. de rodadas	taxa
1 Espalhar massa	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Colocar blocos na linha	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
3 Colocar blocos nos cantos	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Colocar laços	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
5 Colocar vergas	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Escher juntas	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
7 Alisar juntas	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Chapeisar	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Subtotal Produtivas	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Auxiliares								
9 Montar / desmontar máquina	11	1,48%	3	0,40%	10	1,35%	24	1,08%
Operar equipamento	2	0,27%	3	0,40%	2	0,27%	7	0,31%
11 Estender a linha	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Escovar blocos	2	0,27%	0	0,00%	4	0,54%	6	0,27%
13 Quebrar blocos	3	0,40%	12	1,62%	6	0,81%	21	0,94%
Transportar material p/ o posto	74	9,99%	73	9,85%	89	12,01%	236	10,62%
15 Recober / dar instruções	2	0,27%	1	0,13%	1	0,13%	4	0,18%
Limpar ferramentas	13	1,75%	33	4,45%	28	3,78%	74	3,33%
17 Limpar local de trabalho	75	10,12%	62	8,37%	94	12,69%	231	10,39%
Medir (primeira obra)	10	1,35%	1	0,13%	1	0,13%	12	0,54%
18 Transportar material p/ fora do posto (entulho)	6	0,81%	20	2,70%	21	2,83%	47	2,11%
Preparar material	8	1,08%	22	2,97%	17	2,29%	47	2,11%
Montar / desmontar escantilhão	0	0,00%	0	0,00%	1	0,13%	1	0,04%
21 Descarregar / organizar bloco	17	2,29%	4	0,54%	13	1,75%	34	1,53%
Subtotal Auxiliares	223	30,09%	234	31,58%	287	38,73%	744	33,47%
Improdutivas								
23 Parado (sem motivo)	151	20,38%	177	23,89%	119	16,06%	447	20,11%
Deslocamento dentro do posto	78	10,53%	66	8,91%	81	10,93%	225	10,12%
25 Deslocamento fora do posto	108	14,57%	85	11,47%	79	10,66%	272	12,24%
Parado (chuva)	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
27 Retrabalho	0	0,00%	20	2,70%	0	0,00%	20	0,90%
Parado (falta de material)	3	0,40%	11	1,48%	17	2,29%	31	1,39%
28 Não encontrado	106	14,30%	113	15,25%	98	13,23%	317	14,26%
Falta de pessoal	52	7,02%	0	0,00%	0	0,00%	52	2,34%
31 Executar outro serviço	20	2,70%	35	4,72%	60	8,10%	115	5,17%
Parado (atraso da equipe no turno precedente)	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Subtotal Improdutivas	518	69,91%	507	68,42%	454	61,27%	1479	66,53%
TOTAL	741	100,00%	741	100,00%	741	100,00%	2223	100,00%

ANEXO 6 - Cálculo do custo da mão-de-obra nas atividades

Atividades	PERCENTAGEM DE CADA ATIVIDADE NO CUSTO TOTAL DOS PEDREIROS								CUSTO TOTAL POR ATIVIDADE (R\$)	% CUSTO TOTAL POR ATIVIDADE
	PEDREIRO 1 (Claudemir)		PEDREIRO 2 (Valcy)		PEDREIRO 3 (Claudio)		PEDREIRO 4 (Pequeno)			
	Salário: R\$ 234,75	Salário: R\$ 224,50	Salário: R\$ 255,50	Salário: R\$ 284,25	gerador de recursos (taxa)	custo da atividade (R\$)	gerador de recursos (taxa)	custo da atividade (R\$)		
Produtivas										
1 Espalhar massa	16,46%	38,65	10,53%	23,63	12,96%	33,10	9,85%	28,00	123,39	12,35%
2 Colocar blocos na linha	9,72%	22,81	12,55%	28,18	9,45%	24,14	11,61%	32,99	108,11	10,82%
3 Colocar blocos nos cantos	2,83%	6,65	2,56%	5,76	2,29%	5,86	4,59%	13,04	31,31	3,13%
4 Colocar blocos	0,54%	1,27	0,54%	1,21	0,13%	0,34	0,27%	0,77	3,59	0,36%
6 Colocar vergas	0,40%	0,95	0,54%	1,21	0,13%	0,34	0,94%	2,69	5,19	0,52%
8 Encher juntas	5,67%	13,31	5,80%	13,03	5,13%	13,10	4,32%	12,28	51,71	5,18%
7 Alisar juntas	9,85%	23,13	16,19%	36,36	10,80%	27,58	11,47%	32,61	119,67	11,98%
8 Chapiscar	0,40%	0,95	0,27%	0,61	0,13%	0,34	0,40%	1,15	3,05	0,31%
Subtotal Produtivas	45,88%	107,71	48,99%	109,98	41,03%	104,82	43,45%	123,52	446,03	44,65%
Auxiliares										
9 Montar / desmontar andaime	1,21%	2,85	1,75%	3,94	0,67%	1,72	0,54%	1,53	10,05	1,01%
10 Operar equipamento	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,13%	0,38	0,38	0,04%
11 Estender a linha	1,89%	4,44	2,56%	5,76	1,62%	4,14	1,35%	3,84	18,17	1,82%
12 Escalfar blocos	5,53%	12,99	4,45%	10,00	3,24%	8,28	4,72%	13,43	44,69	4,47%
13 Quebrar blocos	5,67%	13,31	5,40%	12,12	4,32%	11,03	4,45%	12,66	49,12	4,92%
14 Transportar material p/ o posto	0,81%	1,90	2,29%	5,15	1,62%	4,14	1,35%	3,84	15,02	1,50%
15 Receber / dar instruções	0,54%	1,27	0,27%	0,61	0,27%	0,69	0,54%	1,53	4,10	0,41%
16 Limpar ferramentas	0,27%	0,63	0,00%	0,00	0,27%	0,69	0,13%	0,38	1,71	0,17%
17 Limpar local de trabalho	0,13%	0,32	0,00%	0,00	0,13%	0,34	0,13%	0,38	1,05	0,10%
18 Levar grama de canteiro	12,15%	28,51	16,33%	36,66	13,77%	35,17	9,85%	28,00	128,34	12,85%
19 Transportar material p/ fora do posto (entulho)	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,13%	0,34	0,00%	0,00	0,34	0,03%
20 Preparar material	3,78%	8,87	11,89%	26,42	0,81%	2,07	1,89%	5,37	20,55	2,06%
21 Montar / desmontar escanilhão	2,97%	6,97	1,35%	3,03	2,83%	7,24	3,10%	8,82	26,06	2,61%
22 Descarregar / organizar blocos	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Subtotal Auxiliares	34,95%	82,05	36,30%	81,50	29,69%	75,86	28,21%	80,17	319,58	31,99%
Improdutivas										
23 Parado (sem motivo)	2,83%	6,65	1,21%	2,73	6,34%	16,21	8,91%	25,32	50,90	5,10%
24 Deslocamento dentro do posto	4,99%	11,72	3,64%	8,18	3,51%	8,96	5,67%	16,11	44,98	4,50%
25 Deslocamento fora do posto	1,48%	3,48	0,94%	2,12	1,21%	3,10	2,02%	5,75	14,46	1,45%
26 Parado (chuva)	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
27 Retrabalho	0,00%	0,00	0,13%	0,30	2,43%	6,21	0,13%	0,38	6,89	0,69%
28 Parado (falta de material)	3,91%	9,19	3,91%	8,79	5,80%	14,83	4,18%	11,89	44,69	4,47%
29 Não encontrado	3,91%	9,19	0,81%	1,82	2,97%	7,59	7,42%	21,10	39,69	3,97%
30 Faltas para o serviço	11,89%	27,44	11,35%	25,33	2,29%	5,86	0,00%	0,00	13,33	1,33%
31 Executar outro serviço	0,13%	0,32	2,70%	6,06	4,72%	12,07	0,00%	0,00	18,44	1,85%
32 Parado (falha de equipe executora)	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%
Subtotal Improdutivas	19,16%	44,99	14,71%	33,02	29,28%	74,82	28,34%	80,56	233,39	23,36%
TOTAL	100,00%	234,75	100,00%	224,50	100,00%	255,50	100,00%	284,25	999,00	100,00%

Atividades	PERCENTAGEM DE CADA ATIVIDADE NO CUSTO TOTAL DOS SERVENTES						CUSTO TOTAL POR ATIVIDADE (R\$)	% CUSTO TOTAL POR ATIVIDADE
	SERVENTE 6 (Merculano)		SERVENTE 7 (Bom Jardim)		SERVENTE 8 (Rosa)			
	Salário:	R\$ 206,00	Salário:	R\$ 206,00	Salário:	R\$ 206,00		
	gerador de recursos (taxa)	custo da atividade (R\$)	gerador de recursos (taxa)	custo da atividade (R\$)	gerador de recursos (taxa)	custo da atividade (R\$)		
Produtivas								
1 Espalhar massa	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
2 Colocar blocos na linha	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
3 Colocar blocos nos cantos	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
4 Colocar tacos	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
5 Colocar vergas	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
6 Encher juntas	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
7 Alisar juntas	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
8 Chapiscar	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
Subtotal Produtivas	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
Auxiliares								
9 Montar / desmontar andaime	1,48%	3,06	0,40%	0,83	1,35%	2,78	6,67	1,08%
10 Operar equipamento	0,27%	0,56	0,40%	0,83	0,27%	0,56	1,95	0,31%
11 Estender a linha	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
12 Esculpir blocos	0,27%	0,56	0,00%	-	0,54%	1,11	1,67	0,27%
13 Quebrar blocos	0,40%	0,83	1,62%	3,34	0,81%	1,67	5,84	0,94%
14 Transportar material p/ o posto	9,99%	20,57	9,85%	20,29	12,01%	24,74	65,61	10,62%
15 Receber / dar instruções	0,27%	0,56	0,13%	0,28	0,13%	0,28	1,11	0,18%
16 Limpar material e ferramentas	1,75%	3,61	4,45%	9,17	3,78%	7,78	20,57	3,33%
17 Limpar local de trabalho	10,12%	20,85	8,37%	17,24	12,69%	26,13	64,22	10,39%
18 Medir (prumo, etc.)	1,35%	2,78	0,13%	0,28	0,13%	0,28	3,34	0,54%
19 Transportar material p/ fora do posto (entulho)	0,81%	1,67	2,70%	5,56	2,83%	5,84	13,07	2,11%
20 Preparar material	1,08%	2,22	2,97%	6,12	2,29%	4,73	13,07	2,11%
21 Montar / desmontar escantilhão	0,00%	-	0,00%	-	0,13%	0,28	0,28	0,04%
22 Descarregar / organizar tijolos	2,29%	4,73	0,54%	1,11	1,75%	3,61	9,45	1,53%
Subtotal Auxiliares	30,09%	61,99	31,58%	65,05	38,73%	79,79	206,83	33,47%
Improdutivas								
23 Parado (sem motivo)	20,38%	41,98	23,89%	49,21	16,06%	33,08	124,27	20,11%
24 Deslocamento dentro do posto	10,53%	21,68	8,91%	18,35	10,93%	22,52	62,55	10,12%
25 Deslocamento fora do posto	14,57%	30,02	11,47%	23,63	10,66%	21,96	75,62	12,24%
26 Parado (chave)	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
27 Retrabalho	0,00%	-	2,70%	5,56	0,00%	-	5,56	0,90%
28 Parado (falta de material)	0,40%	0,83	1,48%	3,06	2,29%	4,73	8,62	1,39%
29 Não encontrado	14,30%	29,47	15,25%	31,41	13,23%	27,24	88,13	14,26%
30 Falta	7,02%	14,46	0,00%	-	0,00%	-	14,46	2,34%
31 Executar outro serviço	2,70%	5,56	4,72%	9,73	8,10%	16,68	31,97	5,17%
32 Parado (trabalho da equipe precedente)	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-	0,00%
Subtotal Improdutivas	69,91%	144,01	68,42%	140,95	61,27%	126,21	411,17	66,53%
TOTAL	100,00%	206,00	100,00%	206,00	100,00%	206,00	618,00	100,00%

ANEXO 7 - Exemplo de cálculo do custo da mão-de-obra na produção de uma parede

Atividades	CÁLCULO DO CUSTO DA MÃO-DE-OBRA NA PRODUÇÃO DA PAREDE P1								TOTAL DOS CUSTOS PARCIAIS DE MÃO-DE-OBRA DEMANDADOS PELA PAREDE P1 POR ATIVIDADE (R\$)	
	PEDREIRO 1 (Claudemir)				SERVENTE 1 (Marciano)					
	Tempo de ciclo da P1 (h): 4,16				Tempo dedicado a P1 (h): 2,00					
	Tempo total trabalhado (h): 82,5				Tempo total trabalhado (h): 82,5					
	Salário do período: R\$ 234,75				Salário do período: R\$ 103,00					
direcionador de recursos (taxa)	direcionador de atividades (h)	% do total trabalhado no período	custo parcial demandado (R\$)	direcionador de recursos (taxa)	direcionador de atividades (h)	% do total trabalhado no período	custo parcial demandado (R\$)	(R\$)		
Produtivas										
1	Espalhar massa	16,46%	0,68	0,83%	1,95	0,00%	-	0,00%	-	1,95
2	Colocar blocos na linha	9,72%	0,40	0,49%	1,15	0,00%	-	0,00%	-	1,15
3	Colocar blocos nos cantos	2,83%	0,12	0,14%	0,34	0,00%	-	0,00%	-	0,34
4	Colocar tacos	0,54%	0,02	0,03%	0,06	0,00%	-	0,00%	-	0,06
5	Colocar vergas	0,40%	0,02	0,02%	0,05	0,00%	-	0,00%	-	0,05
6	Encher juntas	5,67%	0,24	0,29%	0,67	0,00%	-	0,00%	-	0,67
7	Alisar juntas	9,85%	0,41	0,50%	1,17	0,00%	-	0,00%	-	1,17
8	Chapear	0,49%	0,02	0,02%	0,05	0,00%	-	0,00%	-	0,05
Assistivas										
9	Montar / desmontar andaime	1,21%	0,05	0,06%	0,14	1,48%	0,03	0,04%	0,04	0,18
10	Operar equipamento	0,00%	-	0,00%	-	0,27%	0,01	0,01%	0,01	0,01
11	Estender a linha	1,89%	0,08	0,10%	0,22	0,00%	-	0,00%	-	0,22
12	Escalher blocos	5,53%	0,23	0,28%	0,65	0,27%	0,01	0,01%	0,01	0,66
13	Quebrar blocos	5,67%	0,24	0,29%	0,67	0,40%	0,01	0,01%	0,01	0,68
14	Transportar material p/ o posto	0,81%	0,03	0,04%	0,10	9,95%	0,20	0,24%	0,25	0,35
15	Receber / dar instruções	0,54%	0,02	0,03%	0,06	0,27%	0,01	0,01%	0,01	0,07
16	Limpar ferramentas	0,27%	0,01	0,01%	0,03	1,75%	0,04	0,04%	0,04	0,08
17	Limpar local de trabalho	0,13%	0,01	0,01%	0,02	10,12%	0,20	0,25%	0,25	0,27
18	Medir (prumo, etc...)	12,15%	0,51	0,61%	1,44	1,35%	0,03	0,03%	0,03	1,47
19	Transportar material p/ fora do posto (entulho)	0,00%	-	0,00%	-	0,81%	0,02	0,02%	0,02	0,02
20	Preparar material	3,78%	0,16	0,19%	0,45	1,08%	0,02	0,03%	0,03	0,47
21	Montar / desmontar escafalho	2,97%	0,12	0,15%	0,35	0,00%	-	0,00%	-	0,35
22	Descarregar / organizar tijolos	0,00%	-	0,00%	-	2,29%	0,03	0,06%	0,06	0,06
Improdutivas										
23	Parado (sem motivo)	2,83%	0,12	0,14%	0,34	20,38%	0,41	0,49%	0,51	0,84
24	Deslocamento p/ dentro do posto	1,99%	0,21	0,25%	0,59	10,53%	0,21	0,26%	0,26	0,85
25	Deslocamento fora do posto	1,48%	0,06	0,07%	0,18	14,57%	0,29	0,35%	0,36	0,54
26	Parado (chuva)	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-
27	Retrabalho	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-
28	Parado (falta de material)	3,91%	0,16	0,20%	0,46	0,40%	0,01	0,01%	0,01	0,47
29	Não encontrado	3,91%	0,16	0,20%	0,46	14,30%	0,29	0,35%	0,36	0,82
30	Falta	1,89%	0,08	0,10%	0,22	7,02%	0,14	0,17%	0,18	0,40
31	Executar outro serviço	0,13%	0,01	0,01%	0,02	2,70%	0,05	0,07%	0,07	0,08
32	Parado (falha de equipamento/procedimento)	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	0,00%	-	-
CUSTO TOTAL DA MÃO-DE-OBRA NA PRODUÇÃO DA PAREDE P1 (R\$):										14,33

