

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**DIRETRIZES PARA IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS EM  
PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO  
CIVIL RESIDENCIAIS**

**Ricardo Walter Glauche**

Porto Alegre  
dezembro 2005

**RICARDO WALTER GLAUCHE**

**DIRETRIZES PARA IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS EM  
PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO  
CIVIL RESIDENCIAIS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Mestrado  
Profissionalizante da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Mestre em Engenharia na modalidade Profissionalizante

Porto Alegre  
dezembro 2005

G552d GLAUCHE, Ricardo Walter

DIRETRIZES PARA IDENTIFICAÇÃO DE  
GARGALOS EM PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE  
OBRAS DE CONTRUÇÃO CIVIL RESIDENCIAIS /  
Ricardo Walter Glauche. – 2005.

Trabalho de Conclusão (mestrado profissional) –  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de  
Engenharia. Curso de Mestrado Profissionalizante em  
Engenharia. Porto Alegre, BR-RS, 2005.

Orientador : Prof. Dr. Maurício Moreira e Silva  
Bernardes

1. Teoria das restrições. 2. Planejamento e controle  
da produção. 3. Construção civil. I. Bernardes,  
Maurício Moreira e Silva, orient. II. Título.

CDU-69:658.5(043)

**RICARDO WALTER GLAUCHE**

**DIRETRIZES PARA IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS EM  
PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO  
CIVIL RESIDENCIAIS**

Porto Alegre, dezembro de 2005

Prof. Maurício Moreira e Silva Bernardes  
Dr.pelo PPGEC / UFRGS  
Orientador

Prof.<sup>a</sup> Carin Maria Schmitt  
Coordenadora do Curso

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Tarcísio Abreu Saurin (UFRGS)**  
Dr.pela UFRGS (Engenharia de Produção)

**Prof. Hélio Adão Greven (ULBRA)**  
Dr. pela Universität Hannover – ALEMANHA

**Prof. Fábio Gonçalves Teixeira (UFRGS)**  
Dr. pela UFRGS (Engenharia Mecânica)

Dedico este trabalho à minha esposa e companheira Zuleiga e aos meus filhos Bruno e Marília pelo incentivo e pela compreensão durante o período de realização deste meu sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Walter e Marga, pelo amor e dedicação à minha formação intelectual, moral e ética.

Agradeço ao professor Maurício, por ter aceitado ser o orientador deste trabalho, pela amizade, pela confiança, pelos seus conselhos e orientações.

Agradeço aos membros da banca por aceitarem participar na defesa deste trabalho.

Agradeço aos professores, funcionários e colegas do NORIE/UFRGS, que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho, o que me permitirá ser mais um noriano neste mundo da construção civil.

Agradeço à empresa construtora que permitiu que utilizasse um de seus prédios para que este estudo se tornasse realidade.

E acima de tudo agradeço a Deus, pela minha vida.

## RESUMO

GLAUCHE, R. W. **Diretrizes para Identificação de Gargalos em Processos de Produção de Obras de Construção Civil Residenciais**. 2005. 125 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre.

Um tema que não tem sido suficientemente estudado na construção civil é o da Teoria das Restrições. Segundo essa teoria, uma das formas para aumentar a eficiência do processo produtivo reside no controle de gargalos. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo propor diretrizes para identificação de gargalos em processos de produção de obras da construção civil residenciais.

Para que o objetivo da pesquisa fosse atendido se considerou a necessidade de um ambiente adequado, que somente pode ser obtido a partir da aplicação de um sistema de planejamento e controle da produção.

As exigências do mercado da construção civil, quanto à eficiência e qualidade, têm determinado uma importância fundamental para a área de planejamento e controle da produção. Apesar de possuir uma quantidade maior de trabalhos de pesquisa nesta área, na construção civil, especificamente, carece de estudos que desenvolvam aspectos ainda não explorados.

A proposição de diretrizes ocorreu através da realização de um estudo exploratório em uma empresa de construção de Porto Alegre / RS. Estudando o processo produtivo de uma das obras da empresa, de forma comparativa com a linha de produção fabril e a análise do referencial teórico, buscou-se estabelecer procedimentos para identificação dos gargalos.

Com as diretrizes pretende-se minimizar a possibilidade dos atrasos nos prazos do processo produtivo, que, invariavelmente, ocorrem em empreendimentos de construção civil.

Palavras-chave: PCP; construção civil; teoria das restrições.

## ABSTRACT

GLAUCHE, R. W. **Diretrizes para Identificação de Gargalos em Processo de Produção de Obras de Construção Civil Residenciais.** 2005. nnn f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre.

A topic that has not received duly attention in civil construction is that related to the Theory of Constraints. According to this theory, one of the paths to increase efficiency into production process resides on the control of constraints or bottlenecks. This work aims at proposing directions in order to identify civil construction bottlenecks.

In order to reach this researched objective, was considered the need of a proper environment which is only obtained through the implementation of the production planning and control methods.

The demands of civil construction market regarding to efficiency and quality has determined a high importance of the production planning and control area.

In spite of the great number of researches in this area, specifically in civil construction there is a lack of studies in some aspects, which were not explored yet.

The proposal of directions stemmed from an exploratory study conducted in a civil engineering company in Porto Alegre / RS. The production process in one of the company's site was studied and compared to an industry production line and to the literature. Procedures for the identification of bottlenecks were sought.

Based on the directions, one aims at minimizing the possibility of production process delays, which invariably occur in civil construction.

Keywords: production planning and control methods; civil constructions; Theory of Constrains.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Modelo de Transformação .....	23
Figura 2.2 – Fases do ciclo de Planejamento .....	28
Figura 2.3 – Exemplo de Planilha de PMP.....	31
Figura 2.4 – Exemplo de Planilha de PCP .....	34
Figura 2.5 – Indicadores de controle do PCP .....	36
Figura 2.6 – Pulmões de convergência e de projeto .....	40
Figura 3.1 – Delineamento da Pesquisa.....	49
Figura 3.2 – Zoneamento do Pavimento Tipo .....	57
Figura 3.3 – Plano de longo prazo técnica LB .....	59
Figura 3.4 – Plano de médio prazo .....	60
Figura 3.5 – Plano de curto prazo.....	61
Figura 3.6 – Planilha de coleta de dados .....	63
Figura 4.1 – Exemplo de representação dos gráficos .....	66
Figura 4.2 - Previsão para Semana 32 .....	67
Figura 4.3 - Serviços em execução na semana 32 .....	68
Figura 4.4 - Previsão para a semana 33 .....	68
Figura 4.5 - Serviços em execução na semana 33 .....	69
Figura 4.6 - Previsão para semana 34.....	69
Figura 4.7 - Serviços em execução na semana 34 .....	70
Figura 4.8 - Previsão para semana 35.....	71
Figura 4.9 - Serviços em execução na semana 35 .....	71
Figura 4.10 - Previsão para semana 36.....	72
Figura 4.11 - Serviços em execução na semana 36 .....	72
Figura 4.12 - Previsão para semana 37.....	73
Figura 4.13 - Serviços em execução na semana 37 .....	73
Figura 4.14 – Pacotes de trabalho previstos na Semana 32 – processo estrutura.....	81

Figura 4.15 – Pacotes de trabalho previstos na Semana 33 – processo estrutura.....	82
Figura 4.16 - Pacotes de trabalho previstos na Semana 34 – processo estrutura .....	83
Figura 4.17 - Pacotes de trabalho previstos na Semana 35 – processo estrutura .....	84
Figura 4.18 - Pacotes de trabalho previstos na Semana 36 – processo estrutura .....	85
Figura 4.19 - Pacotes de trabalho previstos na Semana 37 – processo estrutura .....	87
Figura 4.20 - Planejado x Executado - processo estrutura .....	88
Figura 4.21- Comparativo de desenvolvimento dos processos .....	89
Figura 4.22 - Evolução do PPC durante o período do estudo.....	91
Figura 4.23 - Comportamento dos inventários por processo.....	92
Figura 4.24 - Variação do PPC - processos .....	93
Figura 5.1 – Planilha de levantamento de pacotes de trabalho.....	99
Figura 5.2 – Gráfico de variação dos inventários.....	100

## **ABREVIATURAS**

CPM: Critical path Method

IGLC: International Group Lean Construction

JIT: Just in Time

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PDP: Percentual de Tarefas Completadas na Duração Prevista

PERT: Program Evaluation and Review Technique

PPC: Percentual de Pacotes Concluídos

RRC: Recurso com Restrição de Capacidade

STP: Sistema Toyota de Produção

TFV: Teoria Transformação-Fluxo-Valor

TOC: Theory of Constraints

TQM: Total Quality Management

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	18
<b>1.1.1 Problema de Pesquisa .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1.2 Objetivos .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1.3 Premissas.....</b>	<b>20</b>
<b>1.1.4 Delimitações da Pesquisa.....</b>	<b>20</b>
<b>2 BASE TEÓRICA .....</b>	<b>21</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	21
2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	21
<b>2.2.1 Sistema Tradicional .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.2 Sistema de Produção Enxuta .....</b>	<b>26</b>
2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	27
<b>2.3.1 Plano de Longo Prazo .....</b>	<b>29</b>
2.3.1.1 Zoneamento .....	30
<b>2.3.2 Plano de Médio Prazo .....</b>	<b>30</b>
2.3.2.1 Definição dos pacotes de trabalho .....	32
<b>2.3.3 Plano de Curto prazo .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.4 Controle.....</b>	<b>34</b>
2.3.4.1 Indicadores.....	35
2.4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES .....	37
<b>3 MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>43</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	43
<b>3.1.1 O conhecimento e o método de pesquisa.....</b>	<b>43</b>
3.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	45
3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS .....	47

3.4 DELINEAMENTO DE PESQUISA .....	49
<b>3.4.1 Pesquisa Bibliográfica.....</b>	<b>50</b>
<b>3.4.2 Diretrizes Teóricas .....</b>	<b>50</b>
3.4.2.1 Definir um processo de planejamento formal.....	53
3.4.2.2 Definir um zoneamento para a obra.....	54
3.4.2.3 Correlacionar os pacotes de trabalho planejados e executados .....	54
3.4.2.4 Fazer a análise do surgimento dos inventários .....	54
<b>3.4.3 Estudo de Caso .....</b>	<b>55</b>
3.4.3.1 A empresa .....	55
3.4.3.2 O Empreendimento .....	56
3.4.3.3 Coleta de dados.....	57
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	65
4.2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO .....	65
<b>4.2.1 Plano de Longo Prazo .....</b>	<b>66</b>
<b>4.2.2 Plano de Médio e Curto Prazo .....</b>	<b>74</b>
<b>4.2.3 Inventários .....</b>	<b>79</b>
4.3 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS.....	88
<b>4.3.1 Planejamento de longo prazo .....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.2 Relação entre Inventários e Percentual de Pacotes Concluídos ( PPC ) .....</b>	<b>90</b>
<b>4.3.3 Análise do Comportamento dos Inventários .....</b>	<b>92</b>
<b>5 DIRETRIZES PARA IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS .....</b>	<b>95</b>
5.1 DEFINIR UM PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	95
5.2 DEFINIR UM ZONEAMENTO PARA OBRA .....	96
5.3 DEFINIR OS PROCESSOS A SEREM ACOMPANHADOS.....	96
5.4 DEFINIR OS PACOTES DE TRABALHO .....	97
5.5 CONTROLAR OS PACOTES DE TRABALHO.....	98

5.6 CALCULAR DO INVENTÁRIO .....	99
5.7 IDENTIFICAR OS GARGALOS DE PRODUÇÃO.....	100
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>104</b>
ANEXO A – EXEMPLO DE PLANO DE LONGO PRAZO .....	108
ANEXO B – EXEMPLO DE PLANO DE MÉDIO PRAZO .....	110
ANEXO C – EXEMPLOS PLANOS DE CURTO PRAZO.....	114
ANEXO D – PLANILHA DE AVALIAÇÃO DOS INVENTÁRIOS .....	122
ANEXO E – EXEMPLO DE PLANILHAS DE COLETAS DE DADOS.....	124



## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil está vivenciando um momento de busca de ganhos de competitividade. O aumento da competitividade tem exigido das empresas brasileiras um melhor aproveitamento de seus recursos internos, através de adoção de novas estratégias empresarias (SANTOS,1996).

Neste contexto, a qualidade e a produtividade tornaram-se questões-chave para sobrevivência e crescimento das empresas. Particularmente no setor da construção civil, observa-se que a diminuição da disponibilidade de recursos financeiros para a realização de empreendimentos, aliada a um mercado consumidor mais exigente e à maior mobilização dos trabalhadores, tem estimulado as empresas a buscar melhores níveis de desempenho através de investimentos na gestão e tecnologia de seus processos produtivos (SANTOS,1996).

Há uma intensa mobilização do setor no sentido de buscar e estudar métodos de gestão mais modernos, de tal maneira que as dificuldades setoriais possam ser superadas de forma mais eficiente (SANTOS,1996).

Neste sentido, o sistema de administração da produção tem sido foco de estudos que buscam alternativas de novos métodos gerenciais em contraponto à filosofia gerencial tradicional. As idéias deste novo paradigma surgiram no Japão em 1950, a partir das filosofias do TQM (*Total Quality Management*) e do JIT (*Just in Time*), sendo o Sistema Toyota de Produção a aplicação mais relevante (SHINGO,1996). No que se refere a construção civil, esta filosofia toma a denominação de *Lean Construction* e o trabalho *Application of the new production philosophy in the construction*, de Lauri Koskela (1992), é o referencial mais proeminente. Foi a partir desta referência que o modelo denominado Produção Enxuta (*Lean Construction*) tomou um impulso forte de crescimento, inclusive, com a criação do IGLC (*International Group Lean Construction*).

Apesar das diferenças entre o modelo gerencial tradicional e o modelo adotado pela produção enxuta, um aspecto em comum chama a atenção; a valorização das atividades de planejamento e controle. Sendo as duas atividades complementares, o planejamento é a

função básica e o controle é a etapa integrante que realimenta a função básica (SHINGO,1996).

Não obstante o empenho no estudo e na prática das atividades de planejamento e controle, o que se tem observado é que com regularidade surgem problemas no cumprimento dos prazos estabelecidos nos sistemas de produção, acarretando, muitas vezes, reflexos no prazo de entrega do produto final. Em determinadas situações, os prazos são cumpridos, mas a partir de um incremento de capacidade adicionado ao processo produtivo. Esta situação leva, invariavelmente, a um aumento do custo final do produto. Segundo Slack et al. (1997), existem duas tarefas com relação à gestão da capacidade produtiva: a primeira examina as mudanças de longo prazo na demanda e as estratégias alternativas para lidar com essas mudanças. A segunda ocorre no horizonte de médio e curto prazo. Nestas fases são tomadas decisões de capacidade baseadas em restrições identificadas com base nos limites de capacidade estabelecidos pela estratégia proposta no plano de longo prazo (SLACK et al. 1997).

Mas esta alocação de capacidade nem sempre ocorre de uma maneira programada como propõe Slack et alli (1997). Uma visão tradicional busca o balanceamento das capacidades de produção, mas o que se observa é que, em função da precedência dos processos e das flutuações probabilísticas, a capacidade do sistema, como um todo, está limitada ao processo de menor capacidade. Este processo de menor capacidade recebe o nome de gargalo. De acordo com Goldratt (2002), gargalo é aquele recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele.

Isto significa dizer que um processo gargalo representa um processo com o total da sua capacidade utilizada, mas que necessita processar mais peças a fim de manter o fluxo para o atendimento do mercado que o sistema produtivo propõe atender (Goldratt, 2002).

Segundo Umble e Srikanth (1995), gargalo é o processo do sistema de produção com a menor capacidade de produção, representando a restrição máxima na capacidade de produção do sistema de produção como um todo.

O estudo dos gargalos de produção nos sistemas produtivos é de grande importância e está bem referenciado dentro da teoria das restrições. Segundo Godratt (2002), o que os gargalos de um sistema produtivo produzem em uma hora representa o que o sistema produz nesta

mesma hora. Portanto, o custo de uma hora do processo gargalo é o custo hora do todo sistema produtivo. A Teoria das Restrições busca estabelecer uma opção para o gerenciamento da produção a partir dos gargalos de um sistema produtivo.

A Teoria das Restrições tem sido usada por muitas empresas multinacionais como a General Motors, Procter & Gamble e pelas forças armadas americanas. A Teoria das Restrições é uma mudança de paradigma da envergadura que representou o *Just in Time* (JIT) na administração tradicional. Enquanto que normalmente as filosofias gerenciais abordam a análise dos sistemas operacionais a partir de cada processo produtivo de forma independente, a Teoria das Restrições as analisa através do planejamento e controle da produção do conjunto do sistema produtivo, de tal maneira que se estabelece uma preocupação com o resultado final do sistema produtivo e não com os resultados individuais de cada processo. Esta é uma visão focada na satisfação do cliente e no máximo ganho da empresa (COX E SPENCER,1998).

Especificamente no Brasil tem-se verificado, a partir da bibliografia disponível, que os trabalhos referentes a área de planejamento e controle da produção têm negligenciado o estudo das aplicações da Teoria das Restrições. Esta situação acentua-se quando a busca é focada no setor da construção civil.

Diante destas colocações, a proposição deste trabalho é no sentido de colaborar para o estudo da determinação de diretrizes para a identificação e controle de gargalos de produção em sistemas de produção de obras repetitivas.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O trabalho reconhece a importância dos princípios apresentados na teoria das restrições como base teórica, uma vez que esta filosofia estabelece a existência e o controle dos gargalos no processo produtivo como ponto crucial para o gerenciamento do sistema de produção (GOLDRATT,2002).

Por outro lado, existem poucos trabalhos que relacionam o processo de planejamento e controle da produção no setor da construção civil com os princípios da Teoria das Restrições.

### 1.1.1 Problema de Pesquisa

As empresas do setor da construção civil estão em busca de atender os requisitos de qualidade, custo e prazo exigidos pelo mercado. Neste sentido, as empresas estão valorizando cada vez mais os estudos na área de planejamento e controle da produção. O problema de pesquisa que este trabalho se propõe estudar é o de como identificar processos críticos a fim de minimizar os atrasos que ocorrem na execução de obras civis com processo repetitivo. Segundo Goldratt (2002), a identificação e o posterior controle dos gargalos de produção seria a chave para a obtenção de um sistema produtivo eficiente, de tal maneira que o fluxo de produto que passa pelo gargalo deve atender a demanda do mercado.

O trabalho busca, a partir da ótica da Teoria das Restrições e da *Lean Construction*, identificar as diretrizes para a identificação e posterior controle dos gargalos de produção em obras de construção civil com processos repetitivos.

### 1.1.2 Objetivos

O objetivo principal do trabalho é:

- estabelecer diretrizes para a identificação de gargalos nos processos produtivos em obras de construção civil repetitivas;

Como objetivos secundários:

- identificar requisitos básicos de um sistema de produção para aplicar as diretrizes para identificação dos gargalos produtivos;
- identificar um indicador que auxilie na identificação dos gargalos de produção.

### **1.1.3 Premissas**

Este trabalho considera como primeira premissa que a Teoria das Restrições é aplicável no processo de planejamento e controle da produção de obras de construção civil.

Como segunda premissa, que a identificação e o controle dos gargalos pode facilitar a sincronização dos processos produtivos, aumentando a eficiência e a eficácia dos sistemas produtivos referentes à obras de construção civil com pavimentos repetitivos.

Como terceira premissa, salienta-se que, para efeitos do estudo de caso apresentado, a máxima capacidade de processamento, segunda condição para a existência dos gargalos de produção, foi atingida uma vez que as equipes de trabalho foram dimensionadas considerando o máximo parâmetro de produtividade para o desenvolvimento das tarefas.

### **1.1.4 Delimitações da Pesquisa**

O trabalho irá se restringir ao estudo do processo produtivo da edificação com pavimentos repetitivos e de uso residencial. Neste tipo de obra é possível identificar com mais facilidade a existência de gargalos e inventários, pois os processos são realizados a cada nova unidade de repetição.

Dentro deste perfil de empreendimento serão focalizados os processos de produção estrutura, alvenaria e instalações.

## 2 BASE TEÓRICA

### 2.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada a base teórica que orientou a execução desta pesquisa. Os itens irão descrever as noções e conceitos relativos aos assuntos pelos quais permeou a execução do trabalho. Serão abordados os assuntos estudados relativos aos sistemas de produção, planejamento e controle da produção e Teoria das Restrições.

### 2.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

O estudo dos sistemas de produção remete à busca do que seja a função produção. Segundo Slack et al. (1997), a função produção representa a reunião de recursos destinados à produção de bens e serviços.

Um sistema de produção é um conjunto de pessoas e insumos materiais que, a partir de uma rede de processos orientados por um objetivo, gera atividades de transformação que geram produtos acabados; neste contexto, existe a necessidade de se considerar os elementos provenientes do ambiente que envolve o sistema produtivo, mesmo que os elementos não sejam controláveis (MEREDITH E SHAFER, 2002).

Vários são os fatores que podem dar origem a diferentes classificações dos sistemas de produção. Slack et al. (1997) afirmam que a relação volume-variedade do produto estabelece um critério importante na determinação dos objetivos de um sistema produtivo, bem como na forma de organizar e gerenciar os seus processos. Diferentes tipos de sistemas implicam em diferentes formas de organizar as atividades das operações que, por sua vez, são influenciadas por diferentes características de volume e variedade.

Assim, os sistemas de produção, de acordo com as características de volume-variedade, podem classificar-se em cinco diferentes tipos:

- sistemas de produção contínua;
- sistemas de produção em massa;
- sistemas de produção em lotes ou bateladas;
- sistemas de produção por *jobbing*;
- sistemas de produção por projeto.

Sistemas de produção contínua são sistemas que se caracterizam por operarem com grandes volumes e baixa variedade, com períodos de tempo de produção muito mais longos. Podem ser caracterizados como contínuos pelo fluxo ininterrupto de produção ou pela necessidade do sistema de produção ter que atender a demanda de forma continuada. São exemplo deste tipo de sistema de produção os pólos petroquímicos e usinas hidroelétricas.

Sistemas de produção em massa produzem produtos em grande quantidade e com pouca variedade. Diferenciam-se do sistema contínuo pelo fato de produzirem menor volume. A variedade de produtos está atrelada às possibilidades limitadas pelo sistema produtivo básico, pois em função de atender a demanda e haver a necessidade de manter os custos de produção reduzidos, fica prejudicada a oferta de uma maior variedade. Alguns exemplos são a indústria automobilística e de eletrodomésticos.

Sistemas de produção em lotes são sistemas de produção adequados para produção de produtos que podem ter características específicas e são produzidos em quantidades definidas. A produção de máquinas com características específicas é um exemplo deste tipo de sistema produtivo.

Sistemas de produção por *jobbing* estão relacionados a produtos com alta variedade e baixos volumes. Neste sistema, os processos e os insumos são comuns a vários produtos que poderão ter diferentes características de uso. A indústria gráfica, quando produz panfletos para um evento, é um exemplo apropriado.

Sistemas de produção por projeto são os sistemas que lidam com produtos que têm uma variedade muito grande e um baixo volume. São sistemas que requerem um grande período de tempo para o processamento do produto. Segundo Slack et al. (1997), o sistema de produção por projeto apresenta algumas características próprias, tais como: a definição clara do objetivo em termos de custo, qualidade e prazo; apresenta um grau significativo de incerteza; os

projetos são únicos e possuem um alto grau de complexidade. A construção civil é um bom exemplo de sistema produtivo de projeto.

Independente do tipo de sistema de produção, o objetivo do sistema é a transformação de insumos em produtos acabados a partir da agregação de valor. Segundo Meredith e Shafer (2002), a transformação pode acontecer por alteração dos insumos, pelo transporte, pelo armazenamento ou pela inspeção.

A atividade de transformação, apresentada na figura 2.1, engloba três atividades básicas: projeto, planejamento e controle e melhoria contínua. Na atividade de projeto a busca é por identificar e satisfazer as necessidades dos consumidores, sendo que a atividade começa a partir de um conceito e termina na tradução desse conceito em uma especificação de algo que pode ser produzido. Dentro desta atividade existem três aspectos: o conceito, que privilegia as expectativas do consumidor; o pacote de insumos e serviços que proporcionam a materialização dos benefícios; e o processo, que vem a ser o seqüenciamento das operações necessárias para a obtenção do produto final (SLACK et alli,1997).

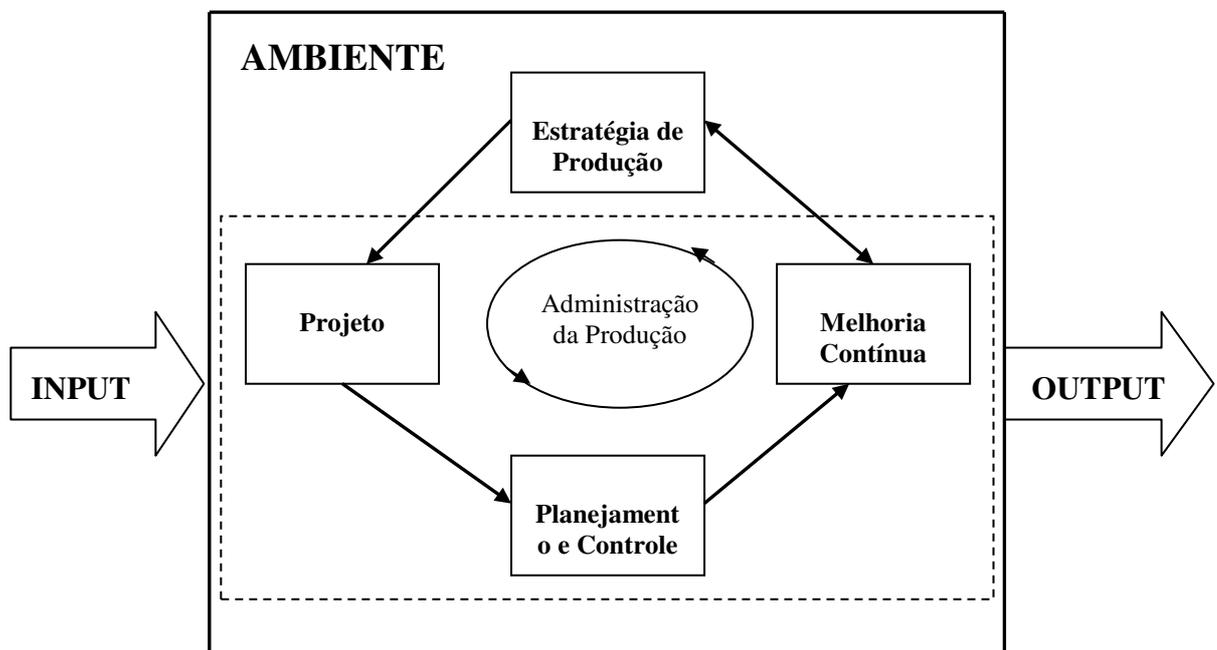


Figura 2.1 - Modelo de Transformação  
(Baseado em : Slack et alli.,1997)

Se a atividade de projeto determinou a forma, a natureza e os recursos que este sistema contém, o planejamento e controle devem garantir que a produção, diante da disponibilidade dos recursos, ocorra eficazmente e garanta a obtenção de produtos e serviços como é esperado.

A última atividade no processo de transformação é a melhoria contínua. Um produto e os processos que dão origem a este produto, mesmo que tenham sido gerenciados de maneira exemplar, merecem melhoramentos. Esta atividade pode ser relacionada a três estágios: o primeiro refere-se às melhorias da produção, o segundo relaciona-se às melhorias das operações no sentido de prevenir falhas e suas eventuais correções, e a terceira busca as melhorias no processo como um todo, focalizando os programas gerenciais de qualidade total (SLACK et. all,1997).

A estratégia de produção não vem a ser uma atividade básica do sistema de transformação, mas na medida que a resposta do mercado quanto à satisfação dos requisitos do produto não estiver sendo atendida, a estratégia de produção irá provocar um aperfeiçoamento dos objetivos da produção.

Uma vez caracterizado o que seja um sistema de produção, cabe identificarem-se quais os paradigmas que norteiam os sistemas de produção adotados pela construção civil, sendo que se optou analisar o sistema de produção tradicional e o sistema de produção enxuta.

### **2.2.1 Sistema Tradicional**

O modelo tradicional de produção na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão que transformam os insumos (materiais, informações) em produtos intermediários (alvenaria, estrutura, revestimentos) ou finais (edificações). Este processo de conversão pode ser sub-dividido em sub-processos, sendo que a menor unidade é a operação (SHINGO, 1996).

Segundo Shingo (1996), processo é o fluxo que o produto percorre para obter o seu beneficiamento final, enquanto que operação é a ação do trabalhador sobre diversos produtos no sentido de promover somente uma etapa do beneficiamento final.

Segundo Koskela (1992), podem ser apontadas algumas deficiências neste modelo, tais como: a proteção do processo de produção contra incerteza é feita através de proteção física (estoques) ou proteção organizacional. O esforço de minimização do custo total de um processo em geral é focado no esforço de minimização do custo de cada sub-processo separadamente. Outra deficiência é que o valor do produto é associado somente ao custo (ou valor) dos seus insumos. Desta forma, assume-se que o valor de um produto pode ser melhorado somente através da utilização de materiais de melhor qualidade ou mão de obra mais qualificada. Tanto nos orçamentos, quanto nos planos de obra em geral são representadas as seqüências de atividades que agregam valor ao produto, também denominadas de fluxo de montagem de uma edificação.

O sistema tradicional na construção civil considera que a redução dos custos de produção está relacionada a melhorias de produtividade e que a redução do tempo de processamento é obtido através do remanejamento ou da aceleração de atividades. Uma excessiva ênfase em melhorias nas atividades de conversão, principalmente através de inovações tecnológicas, pode deteriorar a eficiência dos fluxos e de outras atividades de conversão, limitando a melhoria da eficiência global (ISATTO, 2000).

O sistema tradicional não considera atividades que não sejam de transformação e desconsidera as atividades que compõem os fluxos físicos entre as atividades de conversão. Estas atividades, denominadas atividades de fluxo, não agregam valor e geram custos significativos. Segundo Isatto (2000), 67% do tempo gasto pelos trabalhadores em um canteiro de obras estão nas operações de fluxo, como transporte, tempo de espera, dentre outros.

Outra deficiência que pode ser apontada é que o controle da produção e os esforços de melhorias tendem a ser focados nos sub-processos individuais e não no sistema de produção como um todo.

Este modelo não leva em consideração dos requisitos dos clientes, o que ocasiona uma produção, com grande eficiência, de produtos que são inadequados. Neste sentido, deve-se considerar os requisitos tanto dos clientes finais como dos clientes internos. Diante destes aspectos, Howell e Koskela (2000), consideram que apesar do modelo tradicional de conversão não estar necessariamente errado, ele se mostra ineficiente na razão que cresce o grau de complexidade dos sistemas de produção e o grau de exigência dos clientes. Como

alternativa ao modelo tradicional surge o modelo baseado na *lean production* e denominado sistema de produção enxuta.

### **2.2.2 Sistema de Produção Enxuta**

O modelo de produção enxuta tem sido estudado e foi apresentado por Womack et alli (1992) em seu livro *A Máquina que Mudou o Mundo*. Este modelo, aplicado à construção civil toma a denominação de construção enxuta ( *Lean Construction*) e foi apresentado por Koskela (1992), que baseou-se na discussão de trabalhos de diversos pesquisadores da área de gerenciamento da produção e da construção civil.

Koskela (2000) sugere três diferentes formas de visualizar a produção, a partir da transformação, do fluxo e da geração de valor. A primeira visão preocupa-se com a transformação dos insumos em produtos acabados a partir da decomposição das tarefas e buscando a forma mais eficiente de produzir o produto final. A segunda visão preocupa-se com a redução das atividades que não geram transformação, com o foco no fluxo de produção. A terceira visão preocupa-se em identificar e preencher as necessidades do cliente, tanto no nível de cliente externo, como no nível do cliente interno do sistema produtivo. O conjunto destas considerações resultou na teoria TFV (Transformação-Fluxo-Valor) (KOSKELA, 2000).

O modelo de produção da construção enxuta propõe que existem dois tipos de atividades no processo de execução de uma obra. A primeira é a atividade de conversão (processamento) que é a atividade que, invariavelmente, agrega valor. A segunda é a atividade de fluxo (transporte, espera e inspeção) que é um tipo de atividade que não agrega valor, mas gera custo (ISATTO, 2000).

As atividades de conversão podem não agregar valor ao produto quando as especificações não forem atendidas após a conclusão do processo de produção de tal maneira que este produto terá que ser reprocessado, ou em outras palavras, existirá retrabalho (ISATTO, 2000).

Outro aspecto que caracteriza o modelo da construção enxuta é quanto à geração de valor do produto. O conceito de valor está diretamente vinculado à satisfação do cliente. Assim, um processo só gera valor quando as atividades de processamento das matérias primas ou

componentes gerarem produtos com as especificações requeridas pelos clientes, sejam eles internos ou externos. Cabe ressaltar que este modelo aplica-se perfeitamente tanto nos processos de caráter físico como de caráter gerencial (ISATTO, 2000).

Na construção enxuta há o gerenciamento dos fluxos de trabalho, que são as operações realizadas por cada equipe no canteiro de obras. Estas operações podem ser trabalhos realizados por equipes ou por máquinas. Algumas destas operações podem estar fora do fluxo de materiais, como a manutenção de equipamentos ou a limpeza da obra.

Segundo Koskela (2000), o sistema da construção enxuta busca a redução do *lead-time* dos fornecedores, *lead time* é a soma dos tempos de processamento, inspeção, espera e movimentação. Outros aspectos do sistema da produção enxuta são a utilização dos estoques somente para proteger o sistema da variabilidade e as decisões e as atividades são desenvolvidas no último momento possível a fim de administrar a incerteza do sistema produtivo.

Baseado nisto, no setor da construção civil, a busca tem sido na direção de aprimorar os estudos referentes à gestão a partir dos conceitos da construção enxuta. Neste sentido, tem sido cada vez mais comum a realização de pesquisas que buscam aprimorar a eficiência e eficácia dos processos produtivos focando na transformação dos insumos, no gerenciamento dos fluxos de trabalho e no conceito de geração de valor para o cliente.

### 2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Na conceituação da construção enxuta, o planejamento pode ser definido como “o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle” (FORMOSO,1991). Diante deste conceito pode-se afirmar que não existe a função controle sem planejamento e que o planejamento é praticamente inócuo se não existe controle (ISATTO, 2000).

No entanto, Shingo (1996), questiona se deve haver mais ênfase no planejamento ou no controle. Diante do questionamento, Shingo (1996), avalia que a ação do planejamento pode gerar um esforço maior e até gerar custos, dependendo do contexto. No entanto, Shingo (1996), considera as ações na atividade de controle como paliativas diante da necessidade de

se ter vantagens no sistema de produção. Quanto mais preciso for o planejamento maior será o efeito na produção. Assim, Shingo (1996), propõe a melhoria através do planejamento, uma vez que esse último proporciona um efeito mais decisivo sobre o sistema produtivo.

Segundo Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento deve ocorrer basicamente em duas dimensões, na dimensão horizontal e na dimensão vertical. A dimensão horizontal se refere às etapas que o processo de planejamento e controle deve percorrer a fim de ser realizado. A dimensão vertical estabelece como as etapas da dimensão horizontal são vinculadas entre os diferentes níveis gerenciais da empresa ou do empreendimento.

No que se refere a dimensão horizontal Laufer e Tucker (1987), propõem um conjunto de cinco etapas, apresentadas na figura 2.2. As etapas propostas são:

- planejamento do processo de planejamento;
- coleta de informações;
- preparação de planos;
- difusão da informação; e
- avaliação do processo de planejamento.

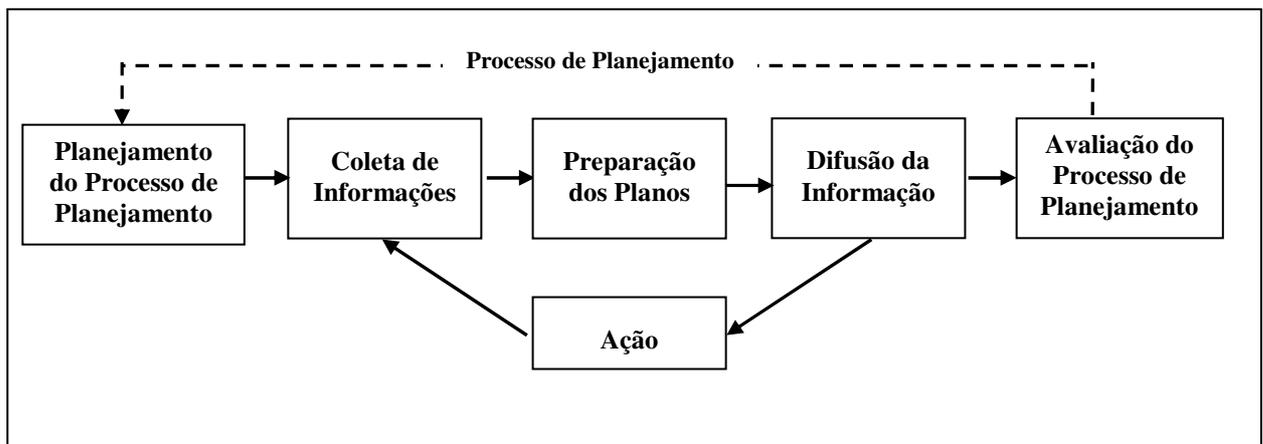


Figura 2.2 – Fases do ciclo de Planejamento

A primeira e a última etapa têm caráter intermitente, ou seja, acontecem em etapas de conclusão ou início de processo. Já as demais etapas acontecem de forma contínua durante todo o processo de produção (LAUFER e TUCKER, 1987).

Na primeira etapa, na preparação do processo de planejamento, são tomadas decisões relacionadas ao horizonte, ao nível de detalhe do planejamento, da frequência do replanejamento e do grau de controle que será adotado.

Na segunda etapa, coleta de informações, é efetuado um levantamento de todas informações necessárias para a realização do planejamento. Estas informações são projeto, plantas, orçamentos, leiaute de canteiro de obras, dados de equipamentos, etc.

Na terceira etapa, a preparação dos planos, são efetivados os planos onde invariavelmente são utilizadas ferramentas próprias para a técnica de planejamento, como o CPM, PERT ou Linha de Balanço (BERNARDES, 2003).

Na quarta etapa, difusão das informações, os planos e informações pertinentes são repassados para todas as pessoas participantes do processo produtivo. Cabendo salientar a importância das informações serem passadas de acordo com as necessidades de cada pessoa.

Na quinta e última etapa, avaliação do processo de planejamento, é feita uma avaliação do processo como um todo. Nesta fase, devem ser levantadas as correções a serem feitas para processos de planejamento futuros.

Na dimensão vertical, comumente, são estabelecidos três diferentes níveis de planejamento: o planejamento de longo prazo, planejamento de médio prazo e planejamento de curto prazo. A partir de cada um destes níveis, são estabelecidos diferentes graus de detalhamento dos planos e diferentes horizontes de tempo.

### **2.3.1 Plano de Longo Prazo**

No nível do planejamento de longo prazo, devido a incerteza inerente a fase preliminar do processo de planejamento, deve haver um baixo grau de detalhes. Neste nível o plano abrange todo o período de execução da obra.

### 2.3.1.1 Zoneamento

A execução do processo de planejamento exige a definição do zoneamento da obra. Segundo Bernardes (2003), zoneamento é um processo de divisão do espaço físico a ser construído em zonas de trabalho. O tamanho dessas zonas deve ser compatível com o ritmo de execução previsto no planejamento de longo prazo.

O zoneamento pode partir de uma unidade básica como, por exemplo, um pavimento tipo, no nível do planejamento de longo prazo ser desmembrado para unidades menores, ou como um apartamento no nível de médio prazo, ou ainda, o zoneamento para dependências e trechos de paredes no nível do planejamento de curto prazo.

### 2.3.2 Plano de Médio Prazo

No nível do planejamento de médio prazo se busca estabelecer os meios e as limitações para que sejam feitas a vinculação das metas estabelecidas no plano de longo prazo com as metas propostas no plano de curto prazo (CONDINHOTO, 2003).

As principais funções do plano de médio prazo são: a explicitação dos fluxos, a identificação da seqüência e divisão do trabalho, a compatibilização entre o fluxo de trabalho identificado e a capacidade de processamento, a programação da atividade reserva e a definição de um plano mais detalhado do desenvolvimento do processo produtivo (CONDINHOTO, 2003).

Segundo Ballard (1997), no plano de médio prazo, também denominado *lookahead planning*, é essencial adotar-se o uso de práticas como a análise das restrições, utilização do modelo de definição de atividades, estabelecimento de folgas de capacidade a fim de atender a incerteza dos processos, comparação com o projeto de processos inicialmente adotado, no sentido de avaliar a adoção de melhorias.

A análise de restrições tem o objetivo de remover os impedimentos atribuídos aos pacotes de trabalho que estão relacionados no plano de médio prazo. Assim, nenhum pacote de trabalho pode ter a sua realização programada no plano de curto prazo sem a certeza de que todas as restrições serão removidas em tempo adequado (CONDINHOTO, 2003).

O plano de médio prazo tem fundamental importância para a redução dos custos e das durações. As reduções dos custos provêm da preocupação que existe neste nível com a remoção das restrições que impedem a execução dos pacotes de trabalho. No caso dos materiais necessários para a execução de um determinado pacote de trabalho, por exemplo, se houver tempo adequado para a negociação na aquisição dos mesmos, com certeza conseguir-se-ão melhores preços de aquisição. Com relação a redução das durações o que se observa é que o planejamento de médio prazo estabelece uma melhor sincronia no desenvolvimento dos processos. Em função disto, os tempos ociosos se reduzem e, portanto, se reduzem os tempos de duração total dos processos. O plano de médio prazo tem por característica ser flexível em função da análise dos fluxos de trabalho e das restrições inerentes ao desenvolvimento dos processos (BALLARD, 1997).

Quanto ao horizonte de tempo do plano de médio prazo, obras com prazo menor de execução e alto nível de incerteza podem adotar um ciclo de controle semanal e um horizonte de planejamento de 4 (quatro) semanas; no entanto, obras com maior prazo de execução e menor grau de incerteza podem admitir ciclo de controle mensal e horizonte de planejamento de 4 meses ( COELHO, 2003).

A figura 2.3 apresenta um exemplo de planilha de planejamento de médio prazo, onde no topo da planilha são identificados os dados referentes à obra e o período do planejamento; a primeira coluna utiliza-se para a identificação da equipe de produção e do processo.

PLANO DE MÉDIO PRAZO																														
Obra : Edifício Fecticio		Período: 10/12 a 30/12/05												Eng. : Roberto						Folha 01										
Equipe :	Atividades	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	NECESSIDADES
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30								
ALVENARIA	Execução Alv. AP 202	X	X	X																										Material no canteiro até o dia 12/12
	Execução Alv. AP 203			X			X	X																						
	Execução Alv. do Térreo								X	X	X			X	X															
	Execução Alv. AP 204																X	X	X											
	Execução Alv. AP 205																	X										X	X	

Figura 2.3 – Exemplo de Planilha de PMP  
(Adaptado de Ballard,1997)

Na segunda coluna são apresentados os pacotes de trabalho previstos; nas colunas seguintes é especificado o dia em que será executado cada pacote de trabalho, e a última coluna serve

para registrar as necessidades que precisam ser atendidas para que o pacote de trabalho tenha condições de ser programado no plano de curto prazo.

### 2.3.2.1 Definição dos pacotes de trabalho

Segundo Limmer (1997), dentro do processo de planejamento existe a necessidade de serem definidas quatro variáveis em relação às tarefas a serem executadas. As tarefas devem ser definidas estabelecendo o que deve ser feito, onde deve ser feito, por quem deve ser feito e quando deve ser feito. O zoneamento da obra está focado na variável onde deve ser feito. A definição de onde deve ser feito está relacionada ao local da obra que sofrerá o processamento.

A partir da definição do zoneamento da obra existe a necessidade da definição dos pacotes de trabalho. Um pacote de trabalho é uma descrição que identifica o processo ou atividade que será executada em uma determinada zona da obra. A definição dos pacotes de trabalho é baseada em várias informações de projeto. Isto se torna necessário na medida em que o objetivo é disponibilizar os materiais, a mão-de-obra e os equipamentos necessários para uma execução dos pacotes de trabalho com qualidade e dentro dos prazos necessários (ALVES, 2000).

Ballard e Howell (1997a) sugerem alguns requisitos a serem cumpridos para um bom estabelecimento dos pacotes de trabalho. O requisito inicial refere-se à definição dos pacotes de trabalho. A definição deve contemplar claramente o processo, a quantidade a ser processada e o local onde deve ocorrer. A descrição do pacote deve manter a mesma unidade para o mesmo processo. Segundo Alves (2000), os pacotes de trabalho devem ser definidos de tal forma que seja possível coordenar as equipes, identificar a quantidade de recursos utilizados no final de um período e verificar se o pacote foi concluído dentro do prazo previsto.

Um segundo requisito é o da confiabilidade, que se refere a disponibilidade dos recursos necessários para a realização dos pacotes de trabalho. Estes recursos devem estar disponíveis em tempo hábil. No nível de planejamento de médio prazo é que se deve providenciar todos os recursos necessários para a execução dos pacotes de trabalho (ALVES, 2000).

Outro aspecto diz respeito ao seqüenciamento estabelecido para a execução dos pacotes de trabalho. O seqüenciamento deverá garantir a continuidade dos serviços a serem executados por outras equipes de produção. A ordem de realização dos pacotes de trabalho deve privilegiar os critérios técnicos estabelecidos em projeto e a interdependência dos processos (ALVES, 2000).

O dimensionamento dos pacotes, quanto ao seu tamanho, representa um requisito muito importante. Os pacotes devem ter um tamanho que corresponda à capacidade produtiva da equipe dentro do ciclo de controle. Ballard (1999) sugere que se dimensione o pacote com uma quantidade menor de trabalho do que a capacidade produtiva máxima da equipe, pois esta situação favorece a produção ao longo do tempo, na medida em que, segundo o autor, surge um aumento de produtividade por conta do aspecto psicológico proporcionado pela freqüência do cumprimento dos pacotes de trabalho (ALVES, 2000).

Relativo ao aspecto aprendizagem, os pacotes de trabalho que não tenham sido concluídos dentro do prazo planejado deverão ser objeto de análise. Esta análise deverá identificar as causas pelas quais não ocorreu a realização dos pacotes de trabalho. Estas causas devem ser analisadas no sentido de se estabelecerem ações corretivas, que possam minimizar o impacto nas metas estabelecidas no planejamento e sirvam de aprendizado para a execução de planejamentos futuros (BALLARD E HOWELL, 1997a).

### **2.3.3 Plano de Curto prazo**

No nível do planejamento de curto prazo se estabelecem as ações que, efetivamente, serão implementadas na obra a fim de que as metas estabelecidas no plano de longo prazo sejam cumpridas. A figura 2.4. apresenta um exemplo de planilha de curto prazo. Nesta planilha, inicialmente, são registrados os dados da obra e da semana de planejamento. Na primeira coluna se identifica a equipe, na segunda coluna se faz a identificação dos pacotes de trabalho, em seguida se registram os dias em que deverão ocorrer as execuções dos pacotes de trabalho e na última coluna existe um espaço para o registro do índice de PPC (Percentual de Pacotes Concluídos). O período de avaliação deste plano pode ser diário, semanal ou quinzenal.

É importante ressaltar o cuidado que deve haver com a vinculação entre os planos de longo, médio e curto prazo. Esta vinculação deve ocorrer no período de planejamento da obra. No entanto, é de fundamental importância manter esta vinculação durante o período de execução da obra, já que é neste período que ocorrem as adequações do plano inicialmente proposto, de maneira que se procedam as devidas atualizações em todos os níveis do planejamento. É sempre importante ressaltar que a hierarquização dos planos é um fator de proteção da produção.

			Semana de:	Semana:	<b>32</b>	Elaborado em:							
Engenheiro:			<b>14/10/04 à 20/10/04</b>	PPCm=	$\frac{\Sigma \text{itens\_exec. } 18}{\Sigma \text{itens\_totais } 29} = 62,07\%$	Elaborado por:							
Mestre:						Alterado em:							
Alterado por:													
<b>PLANEJAMENTO SEMANAL</b>			<b>Planejamento x Execução</b>										
<b>COD.</b>	<b>EQUIPE</b>	<b>VISTO</b>	<b>PACOTE DE TRABALHO / LOCAL</b>	<b>Q</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>Q</b>	<b>%</b>	<b>PROBLEMA</b>	
	EMPRESA		Descrição dos pacotes de trabalho										

Figura 2.4 – Exemplo de Planilha de PCP

Um dos desafios do planejamento e controle da produção na construção civil é lidar com a incerteza e com a variabilidade dos processos. Neste sentido, é importante que a definição de um plano excessivamente detalhado nos primeiros momentos do empreendimento pode ser um erro. O fato é que quanto maior o horizonte menor pode ser o grau de detalhamento aumentando desta forma a flexibilidade da tomada de decisão.

### 2.3.4 Controle

Uma vez preparado o planejamento em todos os seus níveis e diante do início da colocação destes planos em prática passa a ser exercida a atividade de controle. A atividade de controle é vista como um processo estruturado, pelo qual o progresso é avaliado comparativamente com o que foi planejado, identificando-se a necessidade de ações corretivas, a fim de que sejam atingidas as metas estabelecidas pelo planejamento. O controle somente será efetivo se houver retroalimentação rápida e confiável do sistema, neste sentido sugere-se a simplicidade dos métodos utilizados (COELHO, 2003).

Ballard e Howell (1997) sugerem a adoção do sistema de controle denominado *last planner*. Este sistema de controle propõe duas atividades básicas: controle da unidade de produção e controle do fluxo de trabalho. A primeira atividade busca gerar melhores planos a partir da aprendizagem contínua e das ações corretivas implementadas aos planos aplicados, sendo que esta atividade normalmente é desenvolvida no nível do planejamento de curto prazo (COELHO, 2003).

A segunda atividade está relacionada à busca da melhor seqüência dos processos com o objetivo de se obter reduções dos custos. Esta atividade está vinculada ao planejamento de médio prazo (COELHO, 2003).

Estas atividades contam com dois tipos de ferramentas que servem para avaliação e diagnóstico dos problemas. As primeiras são de uso periódico e avaliam a eficácia e a eficiência da produção. As segundas avaliam quantitativamente e qualitativamente questões de fluxo, segurança e instalações, descrevendo o contexto em que os processos são executados. A utilização destas ferramentas, que resultam na definição de indicadores, possibilitam uma maior confiabilidade de todo processo de planejamento (ISATTO, 2000).

Como exemplo de ferramentas de acompanhamento da produção pode-se citar o cartão de produção, que tem a função de medir a produção de um operário ou de uma equipe e possibilitar o cálculo da produtividade (ISATTO, 2000).

Para exemplificar as ferramentas de análise e diagnóstico da produção pode-se citar o uso de diagramas de processos ou a utilização de mapofluxogramas, que são ferramentas utilizadas para representar o andamento dos processos dentro do canteiro da obra (ISATTO, 2000).

#### 2.3.4.1 Indicadores

A partir das ferramentas de controle, estabelecem-se indicadores que servem para dimensionar quantitativamente o comportamento dos diferentes intervenientes do processo de planejamento. Oliveira (1999) sugere que o uso de indicadores estabelece uma relação de maior transparência e credibilidade ao processo de planejamento. O autor apresenta um conjunto de indicadores relacionados aos três níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo). A figura 2.5. apresenta os níveis de planejamento com os seus respectivos indicadores.

<b>Nível Hierárquico</b>	<b>Indicadores</b>
Planejamento de Longo Prazo (Diretor)	<b>PPO</b> Projeção de prazo da obra <b>PAR</b> Percentual de atividades atrasadas, no prazo e adiantadas <b>DR</b> Desvio de ritmo
Planejamento de Médio Prazo (Gerente da obra)	<b>PIN</b> Percentual de tarefas iniciadas no prazo <b>PDP</b> Percentual de tarefas completadas na duração prevista <b>SIM</b> Solicitações irregulares de recursos <b>MAT</b> Entregas irregulares de recursos <b>TF</b> Taxa de frequência de acidentes <b>IA</b> Índice de absenteísmo
Planejamento de Curto Prazo (Mestre-de-obras)	<b>PPC</b> Percentual da programação concluída <b>PPC/S</b> Percentual da programação concluída por subempreiteiro

Figura 2.5 – Indicadores de controle do PCP  
(OLIVEIRA, 1999)

Analisando a aplicabilidade dos indicadores, Oliveira (1999) considera que no nível de longo prazo, o indicador de desvio de ritmo (DR) pode demonstrar a existência de problemas no sistema de PCP, tais como: dimensionamento ineficiente dos pacotes de trabalho e os erros no seqüenciamento das atividades, a falta de recursos, a supervisão inadequada ou insuficiente e a falta de informações para o desenvolvimento das tarefas.

No nível do plano de médio prazo o indicador de PDP (Percentual de Tarefas Completadas na Duração Prevista) busca estabelecer uma quantificação da eficiência do processo de compatibilização dos objetivos do plano mestre e o ritmo de produção, considerando que em função da disponibilidade de recursos serão determinados os prazos para a execução de cada atividade (OLIVEIRA, 1999).

O indicador de percentual da programação concluída objetiva avaliar a eficiência dos planos de curto prazo, identificar problemas na execução dos pacotes e orientar a implementação de ações. Este indicador está vinculado ao nível de curto prazo e sua coleta é feita a partir da planilha adotada para o *last planner* sugerido por Ballard (1997). O indicador é obtido a partir

da relação entre os pacotes de trabalho planejados no plano de curto prazo e os efetivamente concluídos dentro do ciclo de controle.

Oliveira (1999) considera que a utilização de indicadores propicia um parâmetro prático de desempenho das equipes de produção e de fornecedores de serviços, mas também pode servir como fator de motivação e valorização dos recursos humanos.

## 2.4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A Teoria das Restrições é apresentada como um preceito gerencial. As suas aplicações mais conhecidas são nas áreas de produção e de projeto. O objetivo primário desta teoria é a administração dos sistemas para obtenção da minimização dos custos, com a garantia dos ganhos (GOLDRATT, 2002).

Segundo Goldratt (2002), ganho é um indicador de produção que representa o retorno financeiro que o sistema gera ao final do ciclo produtivo. Na Teoria das Restrições, alguns indicadores são utilizados para controle dos processos produtivos. Esses indicadores são o inventário e a despesa operacional. Por inventário entende-se todo recurso que, quando processado, é transformado em produto acabado e fica disponível para comercialização. Já a despesa operacional é o custo para transformar o inventário em ganho. A mão-de-obra utilizada no processo produtivo, bem como custos de manutenção e movimentação de estoques são exemplos de despesa operacional.

A preocupação de se maximizar os ganhos está focada no gerenciamento da capacidade produtiva do sistema e não no dos processos produtivos individualmente. Segundo Slack et al. (1997), a capacidade de uma operação é o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período de tempo que o processo pode realizar sob condições normais de operação. A capacidade de processamento caracteriza-se por incorporar a variável tempo. Exemplificando, se um estacionamento possui 500 vagas, isto é uma medida de escala; no entanto, se for dito que o estacionamento comporta 800 carros por hora, se estará estabelecendo uma medida de capacidade de processamento.

O estudo da gestão da capacidade produtiva tem levado a uma alternativa que sugere a estratégia do balanceamento da capacidade da produção com a demanda do mercado. Goldratt

(2002) observa que em função da precedência dos processos e das flutuações probabilísticas este balanceamento torna-se uma busca utópica. Assim, o que na realidade acontece é que são gerados aumentos significativos nos estoques de diferentes etapas de produção. O aumento e a manutenção destes estoques, por conseqüência, geram um aumento do custo operacional do sistema e oneram o custo final do produto acabado. Por tanto, o que deve ser balanceado não é a capacidade do sistema, mas o fluxo de produção.

Ainda segundo Goldratt (2002), a capacidade do sistema, como um todo, está limitada ao processo de menor capacidade. Este processo de menor capacidade recebe o nome de gargalo. O autor define gargalo como aquele recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele.

Segundo Umble e Srikanth (1995), gargalo é o processo do sistema de produção com a menor capacidade de produção, representando a restrição máxima na capacidade de produção do sistema de produção como um todo.

A existência de um gargalo pode advir de duas situações, basicamente: a primeira, por um aumento da demanda imposta a ele e a segunda, pela redução da capacidade de processamento do processo em análise.

Goldratt (2002) coloca que para se obter sucesso no gerenciamento de um sistema é necessário saber onde identificar a(s) restrição(ões) do sistema e, principalmente, como explorar as possibilidades da restrição a fim de serem obtidas melhoras de capacidade de processamento. Neste sentido, Goldratt (2002) apresenta a seguinte seqüência para se obter o melhor resultado no gerenciamento da capacidade produtiva:

- identificar as restrições do sistema;
- decidir como explorar as restrições do sistema;
- subordinar todo sistema à (s) restrição (ões);
- remover as restrições;
- voltar ao primeiro passo e refazer o procedimento caso mudar alguma restrição.

No sentido da identificação das restrições, podem existir dois tipos de restrições; as políticas e as físicas. As primeiras são regras que buscam estabelecer a maneira como as coisas devem

ser feitas seu maior problema é o da sua continuidade após as causas terem sido extintas. Já as físicas são pontos do processo com capacidade produtiva insuficiente. São chamados de gargalos de produção. No caso da construção civil, no que diz respeito aos equipamentos existe similaridade com o sistema manufaturado, pois é viável admitir-se que um equipamento não tenha capacidade suficiente para atender a demanda. No entanto, no que se refere à mão-de-obra a situação é diferente, pois na construção civil os processos são extremamente dependentes da mão-de-obra, a tal ponto de este fator ser determinante para um processo representar um gargalo de produção. Outra situação peculiar da construção civil, diz respeito aos recursos que podem apresentar restrições de capacidade e por conseqüência se tornarem gargalos do sistema produtivo. Esta situação identifica o que Goldratt (2002), chama de recursos com restrições de capacidade (RRC). Estes recursos, que em média têm capacidade ociosa, não possuem capacidade suficiente para atender os picos de demanda (BARBOSA,2001).

A decisão de como explorar as restrições do sistema passa, basicamente, por duas maneiras. A primeira pelo aumento da capacidade produtiva e, a segunda, pelo melhor gerenciamento dos fluxos de produção. Segundo Cox e Spencer (1998), existem formas de explorar as restrições, tais como: utilizar o JIT focado na restrição, adotar a manutenção preventiva e aplicar os procedimentos do controle da qualidade.

Decidido como explorar o gargalo, o próximo passo é subordinar todo sistema produtivo ao ritmo do fluxo de produção do gargalo, de forma a minimizar ou eliminar o inventário do próprio gargalo. No entanto, com a diminuição dos inventários o sistema produtivo pode ficar desprotegido, de tal maneira que a quebra de algum equipamento ou a falta de algum recurso pode causar a parada do sistema (GOLDRATT, 2002).

Barbosa (2001) coloca que observando-se somente o aspecto subordinação, a teoria das restrições não trouxe grandes novidades, pois na década de 60 já se falava em forçar o ritmo do sistema produtivo a se manter constante a partir do ritmo determinado pelas equipes mais lentas. Neste sentido, o autor sugere a ligação clara entre a Teoria das Restrições e a técnica de linha de balanço, já que o que foi proposto determina uma diminuição dos ritmos de produção ao ritmo do gargalo.

O próximo passo proposto é o da remoção da(s) restrição (ões) do sistema. Este passo pode ser confundido com o anterior, no entanto quando se faz a exploração e a subordinação dos

gargalos surge mais capacidade, pois o que estava sendo desperdiçado agora é aproveitado. Diante desta situação uma melhoria contínua de capacidade torna o gargalo um não gargalo e faz com que a condição de gargalo passe para outro processo do sistema (COX e SPENCER, 1998).

Por fim, na medida em que as ações anteriores tenham obtido o sucesso desejado, é necessário o retorno ao passo inicial a fim de evitar que a falta da recorrência da aplicação das diretrizes provoque a impossibilidade do surgimento de novos gargalos em outros processos do sistema (GOLDRATT, 2002).

Quanto a uma possível avaliação de desempenho, Goldratt (1998) propõe a avaliação de resultados em nível de todo o sistema produtivo e não somente em relação às partes ou setores do mesmo. Além disso, o resultado das medições deve levar para a identificação dos pontos do processo que necessitam de controle. Neste sentido, apesar das ações para o melhoramento dos resultados do sistema serem realizadas no nível de cada processo, o que, de fato, tem importância é o resultado final que o sistema como um todo proporciona.

Na área de gerenciamento de projetos a incerteza é a principal causa do insucesso. Utilizando-se do diagrama de precedência, Goldratt (1998) evidencia que o caminho crítico de um projeto é a sua principal restrição. A fim de se obter um gerenciamento eficaz da incerteza e da variabilidade, o autor propõe a utilização de pulmões (*buffers*). A figura 2.6 estabelece as relações dos dois tipos de pulmões propostos pela teoria das restrições.

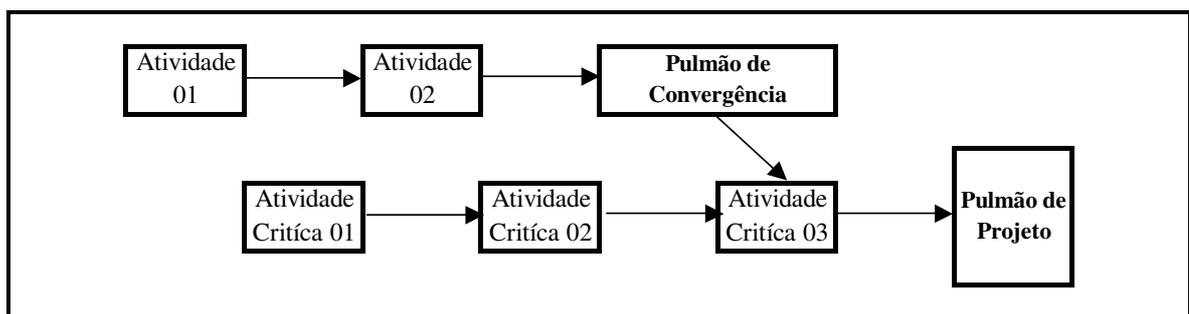


Figura 2.6 – Pulmões de convergência e de projeto

No caso de projetos, os pulmões são intervalos de tempo colocados nas junções entre o caminho crítico e o caminho não crítico. A Teoria das Restrições identifica dois tipos de pulmões, o primeiro é o chamado pulmão de projeto e é colocado no fim do caminho crítico para servir de proteção ao atraso do projeto como um todo. O segundo tipo é o pulmão de convergência, que deve ser colocado nas ligações entre caminhos não críticos com o caminho

crítico. Este tipo de pulmão busca evitar mudanças na posição do caminho crítico em função de atrasos em atividades do caminho não crítico e que, por consequência, tornam-se atividades críticas (GOLDRATT, 1998).

O fator que determina o tamanho do pulmão de projeto é a relação entre a probabilidade do projeto ser terminado dentro do prazo e o tempo estimado para conclusão do projeto sem a ação da incerteza. Já os pulmões de convergência podem ser dimensionados de acordo com a soma das folgas de cada atividade não crítica (HOEL & TAYLOR, 1999 apud SANTOS, 2001).

Outro aspecto a ser analisado é a questão de recursos utilizados simultaneamente em diferentes atividades. Quando isto acontece, o caminho crítico passa para esta seqüência de atividades e surge a corrente crítica. Neste sentido, mesmo que as atividades tenham sido propostas em paralelo, as suas execuções deverão ser em série. O que difere a corrente crítica do caminho crítico é que no primeiro leva-se em consideração a dependência no uso dos recursos e no segundo considera-se a estimativa de tempo necessária para a execução das atividades (GOLDRATT, 1998).

Diante disto, o gerenciamento de projetos passa pela gerência e acompanhamento do comportamento e da utilização dos pulmões. Neste sentido, três aspectos devem ser monitorados, a saber:

- a tarefa em execução;
- a parcela não consumida dos pulmões;
- a duração restante da cadeia de atividades que chega aos pulmões de convergência (NEWBOLD, 1998 apud SANTOS, 2001).

Uma vantagem apresentada na adoção desta teoria é a de que sempre haverá a busca pelo início da tarefa na sua data mais cedo. O que determina a busca de se atingir o menor prazo para a execução de um projeto (GOLDRATT, 1998).

A adoção da Teoria das Restrições no gerenciamento de projetos proporciona uma série de considerações, tais como (LEACH, 1999 apud BARBOSA, 2001):

- o estabelecimento da corrente crítica como restrição do projeto, ao invés do caminho crítico;
- concentração da proteção contra a incerteza nos pulmões;
- utilização dos pulmões como ferramenta direta e imediata no controle da programação dos projetos
- modificação do comportamento dos funcionários, buscando iniciar as atividades o mais breve possível e trabalhar em uma atividade por vez.

Quanto a uma possível avaliação de desempenho, Goldratt (1998) propõe a avaliação dos resultados ao nível do todo do sistema e não somente em relação à parte ou setores. O resultado das medições deve levar para a identificação dos pontos que necessitam de atenção. A Teoria das Restrições focaliza, no que diz respeito à produção, a maximização dos fluxos de materiais e a sincronização da produção (BARBOSA, 2001).

Na produção, os pulmões podem ser identificados como os estoques, protegendo as restrições da incerteza. De acordo com Goldratt (1998), a sincronia da produção é atingida através do método tambor-pulmão-corda, ou seja, o ritmo de produção é imposto pelas restrições (tambor), os intervalos de tempo ou estoques representam os pulmões e o mecanismo que leva todas as partes envolvidas a trabalharem no ritmo de produção é a corda. A Teoria das Restrições considera que o sistema de produção deve trabalhar no ritmo do processo gargalo, daí a necessidade da identificação do processo gargalo.

## **3 MÉTODO DE PESQUISA**

### **3.1 INTRODUÇÃO**

Neste capítulo será descrito o método de pesquisa deste trabalho. O capítulo começa com a descrição da estratégia de pesquisa. Em um segundo item, apresenta-se o delineamento da pesquisa, que abordará as etapas desenvolvidas durante o estudo, que contempla desde a fase do estudo bibliográfico até a descrição do ambiente técnico científico em que se desenvolve o trabalho. Em seguida, é apresentado um item relativo à forma de coleta e análise dos dados da pesquisa. Por fim, apresentam-se as considerações finais do método de pesquisa.

#### **3.1.1 O conhecimento e o método de pesquisa**

Segundo Cervo (1996), o homem não age diretamente sobre as coisas. Ele necessita de um instrumento para produzir os seus atos de forma eficaz. O ato de buscar o conhecimento estabelece uma relação entre o sujeito que conhece e o objeto conhecido. Os instrumentos necessários para a efetivação do ato de buscar o conhecimento passam pelo estabelecimento de um conjunto de termos, conceitos e métodos. Esta prática se torna mais necessária quando se busca obter resultados de cunho científico.

Neste contexto, algumas características do conhecimento a ser obtido determinam os instrumentos a serem utilizados. Dentre estas características, a forma de conhecimento, analisada a partir de diferentes aspectos, tem um papel importante. Um primeiro aspecto que se pode considerar na análise da forma de conhecimento a ser obtida, é quanto a percepção dos objetos de estudo. Existem duas formas básicas de conhecimento no que se refere à percepção. Primeiramente o conhecimento pode ser sensível, quando acarreta a percepção a partir da reação de um órgão corporal do sujeito. Tipo de conhecimento que é encontrado tanto nos homens como nos animais. Outro tipo de conhecimento é o intelectual, que representa realidades como conceitos, verdades, princípios e leis. Este tipo de conhecimento é um conhecimento mais elaborado e está restrito ao ser humano. (CERVO, 1996).

Outro aspecto que estabelece um critério de análise para a busca do conhecimento é o relativo a maneira como se percebe a realidade observada. Em relação a este critério pode-se ter quatro tipos de conhecimento, a saber: empírico, filosófico, teológico e científico.

O conhecimento empírico representa o conhecimento popular, obtido a partir do acaso, após inúmeras tentativas. É ametódico e assistemático. O conhecimento filosófico é constituído de realidades mediatas, imperceptíveis aos sentidos e que, por serem de ordem supra-sensível, ultrapassam a experiência ou a utilização de método racional. Constitui um tipo de conhecimento que procura compreender a realidade em seu contexto mais universal e não propõe soluções definitivas para um grande número de questões. No entanto, possibilita ao homem ver melhor o sentido da vida concreta. O conhecimento teológico é o conhecimento relativo a Deus e aceito pela fé teológica. É o conjunto de verdades a que os homens chegaram mediante a aceitação dos dados da revelação divina. E, por fim, o conhecimento científico, que representa um tipo de conhecimento que busca conhecer o fenômeno, suas causas e leis. Possui como características ser certo, geral, metódico, sistemático, objetivo e com espírito crítico (CERVO, 1996).

Os tipos de conhecimento, como já foi mencionado no parágrafo anterior, auxiliam na definição dos termos, dos conceitos, dos paradigmas e dos métodos que podem, ou devem ser adotados para a análise e o estudo de um fenômeno. Diante dos objetivos estabelecidos para este trabalho busca-se o conhecimento sensível, intelectual e científico que possa levar ao entendimento satisfatório do fenômeno em estudo. Desta maneira, justifica-se a utilização de um método de pesquisa que privilegie o estudo do fenômeno de forma metódica e sistemática, ou seja, o método científico. A utilização de um método científico leva a um processo de pesquisa com diferentes técnicas, determinadas em função do objeto de pesquisa.

Um processo de pesquisa, com estas características pode ser dividido em quatro etapas distintas (MATTAR, 1997):

- **reconhecimento e formulação de um problema de pesquisa** – identificação de um problema a ser resolvido, no qual o processo de pesquisa possa contribuir decisivamente para a solução, trata-se de uma exploração inicial do tema;

- **planejamento da pesquisa** – engloba a definição de objetivos e operacionalização da pesquisa passando pelas fontes de dados, métodos de pesquisa, instrumentos de coleta e análise de dados;
- **execução da pesquisa** – passa pela coleta de dados junto às fontes selecionadas, análise e interpretação dos dados;
- **comunicação dos resultados** – apresenta as principais conclusões referentes ao problema proposto.

Em relação a este trabalho, os itens de reconhecimento e formulação do problema de pesquisa foram apresentados no capítulo 1. Os itens referentes ao planejamento serão abordados nos itens seguintes deste capítulo. O desenvolvimento da pesquisa e a comunicação dos resultados serão apresentados nos capítulos 4 e 5 deste trabalho.

### 3.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Diante da proposição relativa ao problema de pesquisa apresentado no capítulo 1, parece ser mais adequada uma abordagem para o estabelecimento de um estudo baseado na interpretação das ocorrências vivenciadas em casos de obra de construção civil. Como o problema de pesquisa está vinculado ao processo de planejamento e controle de obras com etapas repetitivas, a opção somente pelo estudo teórico do tema seria insuficiente para proporcionar a contemplação com sucesso do objetivo do trabalho.

Segundo Mattar (1997), deve haver um enquadramento do tipo de pesquisa a partir de critérios relativos ao objetivo e grau do problema a ser estudado. Um outro critério diz respeito à natureza de relacionamento entre as variáveis estudadas. Sob análise destes critérios são propostos dois tipos básicos de pesquisa, a saber; pesquisa conclusiva e pesquisa exploratória. A primeira é caracterizada por possuir objetivos bem definidos e propor conclusões irrefutáveis sobre o fenômeno estudado. A segunda busca estabelecer hipóteses explicativas para os fenômenos estudados.

Um aspecto que caracteriza uma pesquisa exploratória é o de proporcionar um maior conhecimento sobre o tema objeto do problema de pesquisa estudado. Assim, esse tipo de

pesquisa é indicado para situações em que se tem noção vaga sobre o tema relacionado ao problema em estudo. Neste tipo de pesquisa é possível o estabelecimento de prioridades para estudos em futuras pesquisas, podendo levar à clarificação dos conceitos pré-estabelecidos, sejam estes conceitos provenientes de abstrações teóricas ou de experiências práticas.

Segundo Mattar (1997) e Gil (1996), este tipo de pesquisa torna o problema mais familiar, aumenta a compreensão do problema e permite o aprimoramento de idéias e descoberta de intuições. A pesquisa exploratória possibilita a utilização de métodos bastante amplos e versáteis. Dentre estes métodos aplicam-se os levantamentos em fontes secundárias, tais como levantamentos bibliográficos, documentais e estatísticos. Igualmente, pode-se utilizar os levantamentos de experiências, onde o processo de entrevista de pessoas detentoras de conhecimento sobre o fenômeno pode contribuir de forma significativa para o desenvolvimento do nível de conhecimento. A observação informal, de acordo com Mattar (1997), também é um método utilizado dentro da pesquisa exploratória para a ampliação do conhecimento.

Outro procedimento técnico para obtenção do conhecimento relativo ao fenômeno analisado, é o estudo de caso. O objetivo do estudo de caso, segundo Mattar (1997), é o de gerar hipóteses e não verificá-las, além de possibilitar a ampliação dos conhecimentos sobre o problema em estudo.

Yin (2005) coloca que existe uma interpretação equivocada por parte de alguns autores, de que diversas estratégias de pesquisa devem ser dispostas hierarquicamente. Segundo o autor, embora as estratégias de pesquisa tenham características distintas, existem áreas de sobreposição entre elas. Dessa forma, pode-se ter um estudo de caso em uma pesquisa exploratória ou em uma pesquisa descritiva.

Yin (2005) complementa a definição de estudo de caso, sustentando que constitui uma investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e seu contexto não são claramente evidentes. Para Yin, o estudo de caso é a estratégia escolhida quando acontecimentos contemporâneos são investigados em um contexto em que não se podem manipular comportamentos relevantes.

Gil (1997) estabelece como vantagens do uso da técnica do estudo de caso o estímulo a novas descobertas em virtude da flexibilidade do planejamento. Por fim, possui também a vantagem

de possibilitar a simplicidade dos procedimentos, principalmente no que se refere aos procedimentos de coleta e análise dos dados.

Diante destas ponderações teóricas, considerou-se que a pesquisa realizada neste trabalho caracteriza-se como uma pesquisa do tipo exploratória. Porém adotou-se como estratégia de pesquisa a utilização do estudo de caso.

Um dos aspectos que justifica a consideração deste trabalho como uma pesquisa exploratória é que o tema objeto do problema de pesquisa tem por atributo o fato de ser um tema recente na construção civil brasileira e que não possui um grande número de trabalhos realizados na área.

Outra justificativa que qualifica esta pesquisa como do tipo exploratória é o fato de que o seu objetivo principal é propor um conjunto de diretrizes, que possam ser aprofundadas em trabalhos futuros, uma vez que esta pesquisa objetiva proporcionar um aumento do conhecimento sobre o tema.

Diante destas considerações, a estratégia de pesquisa adotada previu a observação dos fenômenos ocorridos em um estudo de caso. Cabe ressaltar que as observações foram realizadas sem a interferência do pesquisador no fenômeno observado.

### 3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

No desenvolvimento de um estudo de caso existe a possibilidade de aplicação de várias técnicas no que diz respeito a coleta de dados. Yin (2005) sugere seis técnicas diferentes para a coleta de dados. São elas: a pesquisa documental, a pesquisa bibliográfica, as entrevistas, a observação direta, a observação participante e o uso de artefatos físicos. Quanto às técnicas para coletas de dados adotadas nesta pesquisa, optou-se por utilizar a revisão bibliográfica e documental, a observação direta e a entrevista.

Segundo Yin (2005), a pesquisa bibliográfica e documental são importantes para embasar as evidências obtidas de outras fontes de dados, principalmente no uso da técnica de estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica é uma técnica de coleta de dados que busca o resgate do material que já foi publicado sobre o tema da pesquisa, normalmente, constituem-se de livros e artigos científicos. Segundo Gil (1996), as fontes bibliográficas podem ser classificadas em livros de leitura corrente, livros de referência informativa ou remissiva, publicações periódicas e impressos diversos. A pesquisa bibliográfica apresenta como vantagem o fato de o pesquisador ter acesso a uma gama de referências sobre o fenômeno muito maior do que poderia pesquisar diretamente. Em contrapartida, existe a necessidade do cuidado com as fontes secundárias, pois os dados podem ter sido coletados e processados de forma equivocada, de tal maneira, que o pesquisador que se utilizar destas fontes secundárias poderá estar reproduzindo, ou até ampliando os erros cometidos anteriormente. Para uma segurança maior, sugere-se que o pesquisador assegure-se das condições em que os dados foram obtidos e analise com profundidade as informações (GIL,1996).

A pesquisa documental assemelha-se a pesquisa bibliográfica diferenciando-se apenas no que se refere à natureza das fontes. Na pesquisa documental são analisados materiais com caráter, meramente, informativo e sem um tratamento analítico. Uma desvantagem da pesquisa documental é falta de representatividade e o excesso de subjetividade dos documentos analisados. Por outro lado, é uma técnica de pesquisa que permite uma visão melhor do problema de pesquisa possibilitando a comprovação de hipóteses através de outras técnicas de pesquisa. Com o uso das técnicas de revisão bibliográfica e documental, buscou-se estabelecer um embasamento teórico para a execução da pesquisa.

A observação direta foi outra técnica utilizada nesta pesquisa através de um estudo de caso. Esta técnica possui três características: a primeira é que a obtenção dos dados explica aspectos singulares do estudo realizado, possibilitando identificar semelhanças e diferenças em comparação com outros estudos. A segunda característica é a possibilidade de o pesquisador buscar informações e gerar hipóteses. No entanto, não há possibilidade de se estabelecerem conclusões ou verificações. E a terceira característica está relacionada a possibilidade do pesquisador reunir a partir de uma interpretação unificada inúmeros aspectos do objeto pesquisado (MATTAR,1997).

A entrevista é uma técnica utilizada no sentido de obter um levantamento das experiências relevantes sobre o tema em estudo, de tal maneira que o pesquisador possa estar mais consciente da problemática do estudo. De acordo com Yin (2001), a técnica da entrevista

possibilita a vantagem de se poder verificar a percepção dos entrevistados sobre o fenômeno estudado e os dados registrados em campo. As entrevistas podem ser individuais ou em grupos. As entrevistas podem se caracterizar pela informalidade e pouca estruturação, sem prejuízo do seu cunho científico (MATTAR,1997).

### 3.4 DELINEAMENTO DE PESQUISA

O delineamento da pesquisa, apresentado na figura 3.1, buscou de forma objetiva e racional estabelecer os passos a serem seguidos para que fossem atingidos os objetivos deste trabalho.

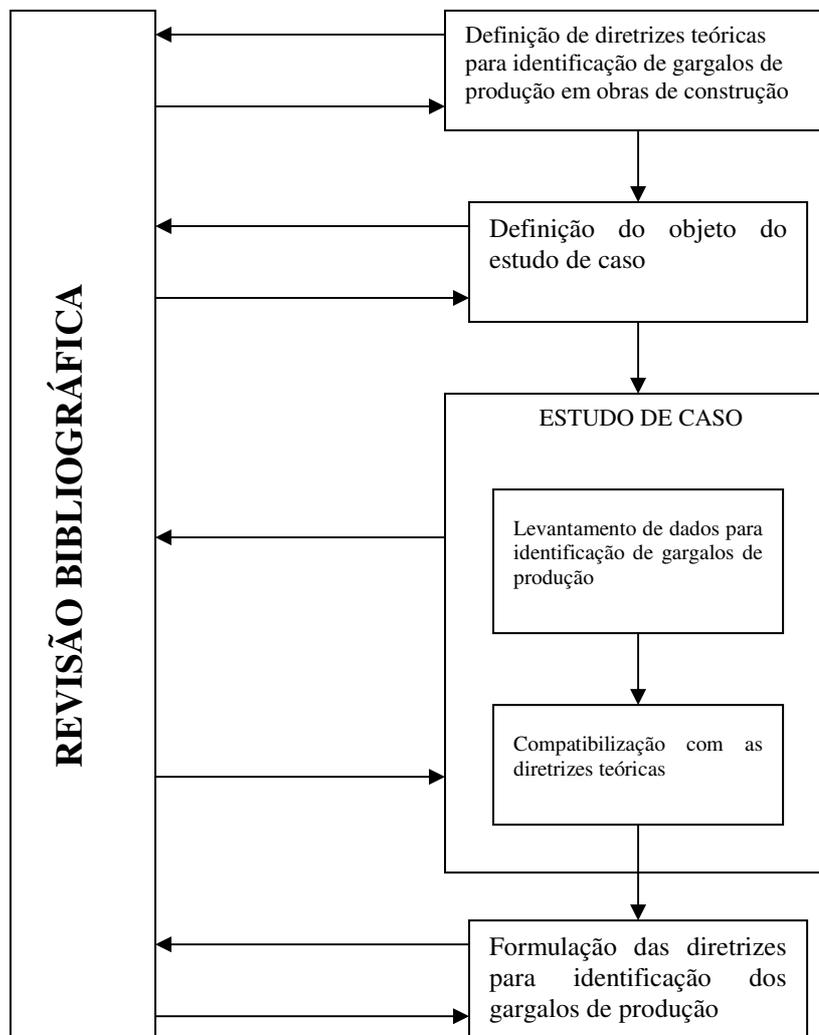


Figura 3.1 – Delineamento da Pesquisa

A seguir, será apresentado todo processo de delineamento da pesquisa, a fim de estabelecer o relacionamento entre as diversas etapas. Conforme se pode verificar, o trabalho foi dividido em uma etapa de revisão bibliográfica e documental que serviu de base teórica para os estudos. Houve, também, uma etapa exploratória onde se buscou estabelecer um estudo de caso que pudesse corroborar com as evidências obtidas na etapa teórica.

### **3.4.1 Pesquisa Bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica representou o embasamento teórico para o desenvolvimento do trabalho e foi realizada com mais intensidade no início do processo de pesquisa. No entanto, permaneceu como atividade constante em todo desenvolvimento do estudo.

Tendo em vista o objetivo da pesquisa, a revisão bibliográfica ficou fortemente focada na Teoria das Restrições, que buscou subsídios em autores como Goldratt (1998), Cox e Spencer (1998). De forma a complementar o espectro de conhecimento necessário para o desenvolvimento da pesquisa, estudou-se a área de produção fabril, onde foram consultados autores como Ohno (1997), Shingo (1996) e Slack (1997). Neste sentido, com o fim de identificar as peculiaridades inerentes ao setor da construção civil, fizeram-se estudos de trabalhos na área de planejamento e controle da produção na construção civil, onde a base teórica recaiu sobre autores como Laufer (1987), Tucker (1987), Howell (1999) e Ballard (1997).

### **3.4.2 Diretrizes Teóricas**

A partir da revisão bibliográfica buscou-se desenvolver reflexões sobre a base teórica estudada a fim de estabelecer um conjunto de diretrizes, que possibilitassem a identificação dos gargalos de produção em um sistema produtivo na área da construção civil.

Como já foi apresentado no capítulo 2, de acordo com Goldratt (1998), um gargalo de produção define-se basicamente por dois aspectos: ser um processo que apresenta um reiterado acúmulo de inventário e, em segundo lugar, esteja trabalhando no máximo de sua capacidade produtiva. Neste sentido, alguns conceitos adotados no setor fabril tiveram que ser

abstraídos para terem aplicabilidade nesta pesquisa e atenderem às necessidades inerentes à área da construção civil.

O primeiro aspecto que diferencia o sistema produtivo da construção civil em relação ao sistema produtivo fabril é que, no caso do sistema fabril, o produto a ser processado movimenta-se de forma dinâmica através do sistema produtivo, enquanto que na construção civil o produto está estático e o sistema é que se movimenta em torno deste. Este aspecto faz com que se tenha a identificação dos processos a partir da localização em que os mesmos estejam ocorrendo dentro da obra. O leiaute do sistema produtivo no sistema fabril está definido em um espaço físico fechado, normalmente, denominado fábrica. Enquanto na construção civil o leiaute do sistema produtivo se confunde com o próprio produto em processamento.

A fim de se poder estabelecer o planejamento do sistema produtivo na construção civil, o zoneamento da obra a ser executada passa a ser uma condição importantíssima. Considera-se que o zoneamento busca facilitar o estabelecimento de unidades de controle que podem ser utilizadas para o dimensionamento dos pacotes de trabalho. (BERNARDES,2003)

O zoneamento é uma determinação de áreas de trabalho dentro do leiaute da obra, que serão passíveis da ação de algum processo previsto no planejamento da obra. Já que na construção civil o leiaute do sistema produtivo se confunde com o próprio produto, o zoneamento tem dupla função, por um lado define o local onde vai ocorrer o processo e, por outro lado, é parte integrante da definição da peça que vai ser produzida, pois a definição do local de execução do processo é uma das características da definição dos pacotes de trabalho. A partir deste zoneamento há possibilidade de padronizar o processo produtivo em desenvolvimento, uma vez que se torna mais fácil associar tais zonas às tarefas produtivas.

Outro conceito que mereceu análise durante a definição das diretrizes teóricas foi o conceito de lote. Shingo (1997) apresenta o conceito de lote econômico ao estabelecer um tamanho de lote que representa a melhor relação de custo para produção e estocagem. Os lotes são os volumes de peças a serem processadas e que devem ser os menores possíveis, a fim de buscar-se uma redução dos custos de produção, a partir do estabelecimento de um menor tempo de preparação para a produção (tempo de *set-up*) e uma redução dos estoques de peças semi processadas. (OHNO, 1997)

No caso da construção civil, uma primeira idéia é tratar uma unidade autônoma, por exemplo um apartamento, como um lote de produção. Contudo, mais de um processo pode acontecer ao mesmo tempo nesta unidade, fato que não encontra paralelo no sistema fabril, uma vez que no sistema fabril um lote de produção sofre a ação individualizada de cada processo.

Assim, a busca foi no sentido de se estabelecerem zonas menores em área física, de tal maneira que se tivesse o beneficiamento de cada uma destas zonas por um único processo no mesmo lapso de tempo, evitando desta forma o conflito de zonas na definição dos pacotes de trabalho, fato que poderia gerar uma dúvida de quais pacotes deveriam ser cumpridos e em que prioridade de seqüenciamento. Assim, entendeu-se que os pacotes de trabalho, principalmente no nível do planejamento de curto prazo, deveriam ter as zonas identificadas a partir, por exemplo, de trechos de paredes deste mesmo apartamento.

Dentro do desenvolvimento das diretrizes teóricas se necessitou a identificação de uma unidade que possibilitasse a quantificação dos inventários. O estabelecimento desta unidade se justifica, na medida que a identificação dos gargalos de produção passa pela quantificação dos inventários. Esta unidade deveria ter as características equivalentes às que as peças em produção possuem no sistema fabril. A opção pela utilização dos pacotes de trabalho como esta unidade de quantificação dos inventários pareceu ser a opção mais adequada. Assim, por analogia, um conjunto de pacotes de trabalho seria o correspondente a um lote no sistema fabril.

A definição de pacotes de trabalho, segundo Limmer (1997), são as atividades que ocorrem em zonas que fazem parte de uma unidade organizacional maior, sendo caracterizados por identificarem, claramente, tipos e quantidades de serviços gerenciáveis para fins de planejamento.

Outro fator que foi analisado, para a determinação das diretrizes teóricas, refere-se a reincidência dos processos. Havia a necessidade de ser observada a reincidência de um processo sobre vários lotes em um mesmo sistema produtivo. Exemplificando, o processo alvenaria deveria acontecer em vários lotes para que pudesse ser estudado adequadamente. Esta situação aconteceria se a obra tivesse vários lotes para serem processados. Uma quantidade maior de lotes seria obtida em uma obra que tivesse a repetição das suas unidades básicas. No caso de um prédio de apartamentos, a unidade básica seria um pavimento ou talvez um apartamento. Identificou-se que a fim de atender ao estudo e a própria

aplicabilidade das diretrizes haveria necessidade desta condição de reincidência. Entendeu-se que somente empreendimentos que tivessem em seu projeto unidades repetidas poderiam atender aos objetivos da pesquisa. Portanto, a pesquisa e seus objetivos focaram edificações de múltiplos pavimentos verticais ou conjuntos de unidades idênticas horizontais. Exemplos clássicos seriam os prédios com pavimentos tipo e conjuntos residenciais germinados.

Diante do estabelecimento destas correlações entre o sistema produtivo fabril e o sistema produtivo da construção civil considerou-se possível estabelecer algumas diretrizes que fossem capazes de auxiliar na identificação dos gargalos de produção em sistemas produtivos da construção civil. Estas diretrizes foram estabelecidas como um parâmetro teórico para o desenvolvimento da pesquisa e serão apresentadas a seguir.

#### 3.4.2.1 Definir um processo de planejamento formal

A definição de um processo de planejamento formal é uma condição fundamental para a identificação dos gargalos de produção. Formoso (1991) define planejamento como o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle. Laufer e Tucker (1987) colocam que planejamento é considerado um processo de tomada de decisão realizado para antecipar uma ação futura desejada, sendo necessário utilizar-se os meios adequados para atingir-se os objetivos desejados. Este processo de planejamento deve atender os requisitos tais como: deve ser um processo de tomada de decisão para decidir o quê e quando executar ações em determinado ponto futuro; deve ser um processo de decisões interdependentes na busca dos objetivos do empreendimento; deve ser um processo hierárquico com a consideração dos meios e restrições, com o detalhamento adequado para atender o desenvolvimento das ações; deve ser um processo que possua uma cadeia de atividades desde a busca de informações, passando pela busca, análise e avaliação de alternativas que levem a definição da solução; deve possuir uma análise do emprego sistemático de recursos, em seus diferentes níveis de desenvolvimento; e, por fim deve ter uma apresentação documentada, em forma de planos.

O planejamento é importante porque auxilia na eliminação dos problemas relacionados à incidência de perdas e queda de produtividade, protege a produção contra a incerteza e a

variabilidade, aumenta a transparência dos processos e melhora a comunicação entre os níveis gerenciais e os intervenientes da obra.

#### 3.4.2.2 Definir um zoneamento para a obra

Esta diretriz propõe a definição de um zoneamento da área física da obra onde ocorrerá a intervenção de algum processo produtivo que esteja proposto no planejamento formal. A definição do zoneamento é condição para a definição dos pacotes de trabalho e, por consequência, para a identificação das atividades planejadas e executadas. O zoneamento busca identificar as unidades de controle para facilitar a designação dos pacotes de trabalho no planejamento operacional. (BERNARDES , 2003)

Silva et al. (2003) sugere que o projeto de zoneamento não pode ser estático, mas deve incorporar mudanças de acordo com o andamento dos trabalhos.

#### 3.4.2.3 Correlacionar os pacotes de trabalho planejados e executados

A partir da definição das diretrizes anteriores, se propõe estabelecer o acompanhamento comparativo entre pacotes de trabalho planejados e executados. Este acompanhamento possibilita avaliar, no decorrer do desenvolvimento da obra, o comportamento de cada processo com relação ao surgimento de estoques de pacotes não executados. A diretriz pode ser aplicada a partir do levantamento semanal dos dados nos diferentes níveis de planejamento. A identificação de uma variação crescente do número de pacotes planejados mas não executados sugere o surgimento de inventários

#### 3.4.2.4 Fazer a análise do surgimento dos inventários

Fazer a análise do comportamento relativo ao surgimento de inventários possibilita a identificação dos processos que podem, de acordo com Goldratt (1998), ser considerados gargalos de produção, uma vez que estejam no máximo da sua capacidade de processamento.

A diretriz busca a identificação do gargalo de produção a partir do processo que apresenta crescimento reiterado do inventário. A condição para o processo estar trabalhando na máxima capacidade produtiva fica atendida, na medida em que, se considerou que no processo de planejamento foram analisadas todas as alternativas possíveis para obtenção do máximo de produtividade no desenvolvimento do processo.

Com a identificação destas diretrizes partiu-se para o desenvolvimento de um estudo de caso a fim de se contextualizar estas diretrizes teóricas com a vivência de campo. Possibilitando o aprimoramento das diretrizes inicialmente apresentadas.

### **3.4.3 Estudo de Caso**

Realizou-se um estudo de caso em uma empresa de construção civil de médio porte, de Porto Alegre / RS. O propósito foi de apresentar uma demonstração prática da aplicação das diretrizes para a identificação e controle dos gargalos de produção dentro do sistema produtivo de uma obra de construção civil.

#### **3.4.3.1 A empresa**

A empresa escolhida atua nas áreas de incorporação e construção de imóveis residenciais e comerciais. No momento do estudo, a empresa estava em processo de certificação da ISO 9001/2000 e com três empreendimentos em andamento na região metropolitana de Porto Alegre. Os recursos financeiros da empresa provinham da venda das unidades construídas ou em construção.

A empresa estudada constrói seus prédios através de tecnologias convencionais, utilizando concreto armado e alvenaria de blocos cerâmicos. A gerência operacional de cada empreendimento é composta de um gerente de produção, um engenheiro de obra, um mestre-de-obras e um estagiário. Para a realização do trabalho foi encaminhada à direção da empresa uma proposição do estudo a ser realizado em uma das obras em execução. Após análise do projeto de pesquisa, a empresa demonstrou interesse em participar do trabalho. Assim, partiu-se para a escolha da obra que se prestaria ao desenvolvimento do presente estudo.

### 3.4.3.2 O Empreendimento

Inicialmente, buscou-se identificar uma obra que tivesse um sistema de planejamento formalizado. Além disso, a obra deveria possuir etapas ou processos repetitivos, a fim de facilitar o processo de aprendizagem dos pesquisadores envolvidos no trabalho. Desse modo, optou-se pela avaliação de um empreendimento de padrão médio de acabamento, localizado na cidade de Porto Alegre – RS, composto de 13 pavimentos.

Na obra escolhida para o estudo, o pavimento térreo era constituído de *hall* principal, elevadores, escadas, depósitos e boxes de estacionamento. O segundo pavimento era constituído pelas dependências reservadas ao zelador. Do terceiro ao décimo terceiro pavimento, as unidades eram constituídas por dois apartamentos, *hall* social, escadas, antecâmara, dutos e câmara para os elevadores. No volume superior ficaram localizados os reservatórios e sala de máquinas dos elevadores. Os apartamentos eram compostos de sala de estar, sala de jantar, varanda, cozinha com churrasqueira, área de serviço, banho e três dormitórios, sendo um suíte. A área total do pavimento tipo era de 223,13 m<sup>2</sup> e área total do empreendimento de 3.069,64 m<sup>2</sup>.

Quanto ao gerenciamento da obra estudada, o processo de aquisição de materiais era realizado pela própria empresa. No que diz respeito à mão-de-obra, a empresa utilizou-se de empresas terceirizadas para a execução de determinados serviços, como impermeabilizações, execução de alvenaria, instalações elétricas e hidrosanitárias, estrutura, dentre outras. A empresa também dispunha de uma equipe própria para a realização de serviços eventuais e de apoio.

Fazendo-se uma avaliação do grau de planejamento da obra, comprovou-se a existência do planejamento de longo prazo, bem como o planejamento de médio e curto prazo. Para facilitar o processo de planejamento e designação de metas, a empresa adotou um zoneamento do pavimento tipo para a identificação dos locais da execução dos pacotes de serviço.

A figura 3.2 apresenta o zoneamento da obra, onde se podem identificar as áreas de execução dos serviços pelas diferentes cores. O critério de delimitação destas áreas foi de acordo com as unidades que formavam pavimento tipo (apartamentos e diferentes tipos de acessos ou circulações). A divisão das fachadas teve por critério a limitação do tamanho dos jaús a serem montados. O plano de longo prazo foi preparado através da técnica de linha de balanço. A opção por esta técnica se deu em função das características repetitivas da obra. Além disso,

com a linha de balanço tinha-se de uma forma mais explícita a definição dos ritmos dos serviços necessários ao cumprimento dos prazos.

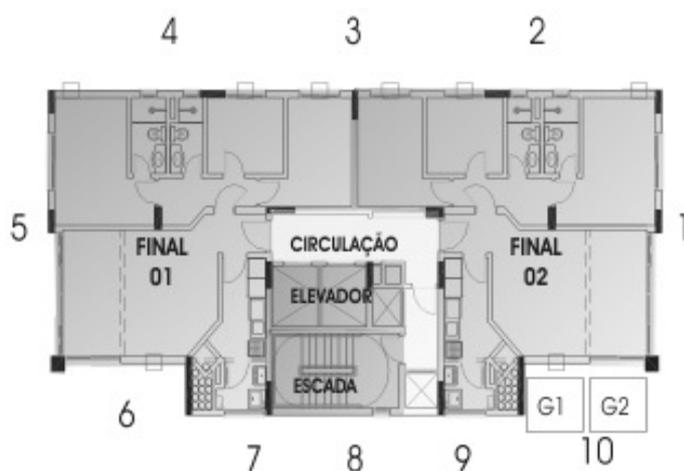


Figura 3.2 – Zoneamento do Pavimento Tipo

Este nível de planejamento foi estabelecido pela gerência operacional e serviu de base para a execução do planejamento de médio e curto prazo. Já os planos de médio prazo foram preparados para um horizonte de quatro semanas e, igualmente, eram preparados pela gerência operacional da obra (engenheiro da obra). Os planos de médio e curto prazo foram elaborados seguindo a lógica do sistema *Last Planner* (BALLARD, 2000).

O planejamento de curto prazo era feito com periodicidade semanal e era elaborado pelo engenheiro da obra. Semanalmente eram realizadas reuniões entre o engenheiro da obra, o mestre-de-obras e os representantes das empresas terceirizadas, para análise e designação das metas propostas para o curto prazo. Nestas reuniões eram repassadas as tarefas previstas para a semana posterior, bem como eram discutidas as dificuldades ocorridas na execução das tarefas da semana anterior, conforme preconizado no sistema *Last Planner*.

#### 3.4.3.3 Coleta de dados

Na revisão documental foram realizadas análises de documentos relativos a obra estudada. Estes documentos consistiram dos documentos de registro dos vários níveis de planejamento de que a obra dispunha, bem como de plantas referentes aos projetos arquitetônico e complementares. Este material foi fornecido pelo engenheiro responsável pelo

desenvolvimento da execução da obra. Antes da fase de coleta de dados em campo, houve uma reunião com o engenheiro da obra onde se pode averiguar como a obra estava se desenvolvendo. Esta reunião buscou identificar aspectos funcionais da obra como, por exemplo, o sistema de contratação de mão-de-obra, o sistema de aquisição de materiais e o sistema de delegação de tarefas. A preocupação do pesquisador foi no sentido de conhecer o empreendimento e identificar diferentes fatores que pudessem de alguma forma interferir nos dados a serem coletados ou, até mesmo, no desenvolvimento do estudo. A intenção foi de averiguar se aspectos como absenteísmo e dificuldades na obtenção dos recursos poderiam aumentar o grau de incerteza e variabilidade do sistema produtivo.

A primeira avaliação recaiu sobre o projeto arquitetônico a fim de verificar se a obra possuía os requisitos necessários para o desenvolvimento do estudo. Requisitos tais como, por exemplo, ser uma obra constituída de vários pavimentos tipo, já que esta era uma das condições para o desenvolvimento do estudo. O estudo dos projetos serviu, também, para o conhecimento dos sistemas construtivos que seriam usados, características técnicas do projeto e dos materiais a serem utilizados.

Após a busca de dados de projeto efetivou-se o estudo dos dados relativos ao processo de planejamento da obra. A opção foi por iniciar pelo planejamento de longo prazo, já que neste nível existe a possibilidade de se identificar os objetivos do plano mesmo havendo um baixo grau de detalhamento. Neste nível a obra foi planejada através da técnica da linha de balanço.

Esta técnica estabelece através da determinação dos ritmos e da seqüência de execução dos processos uma previsão de como a obra irá se desenvolver quanto às suas etapas. Estes dados são apresentados através de um gráfico de planejamento da obra expresso a partir dos processos a serem executados em função do prazo de obra representado em semanas. A partir do estudo do planejamento de longo prazo obtiveram-se os processos previstos para o período do estudo, as zonas onde estes iriam ocorrer e o seqüenciamento destes processos. Na figura 3.3 se tem a configuração de um gráfico obtido a partir da técnica da linha de balanço.

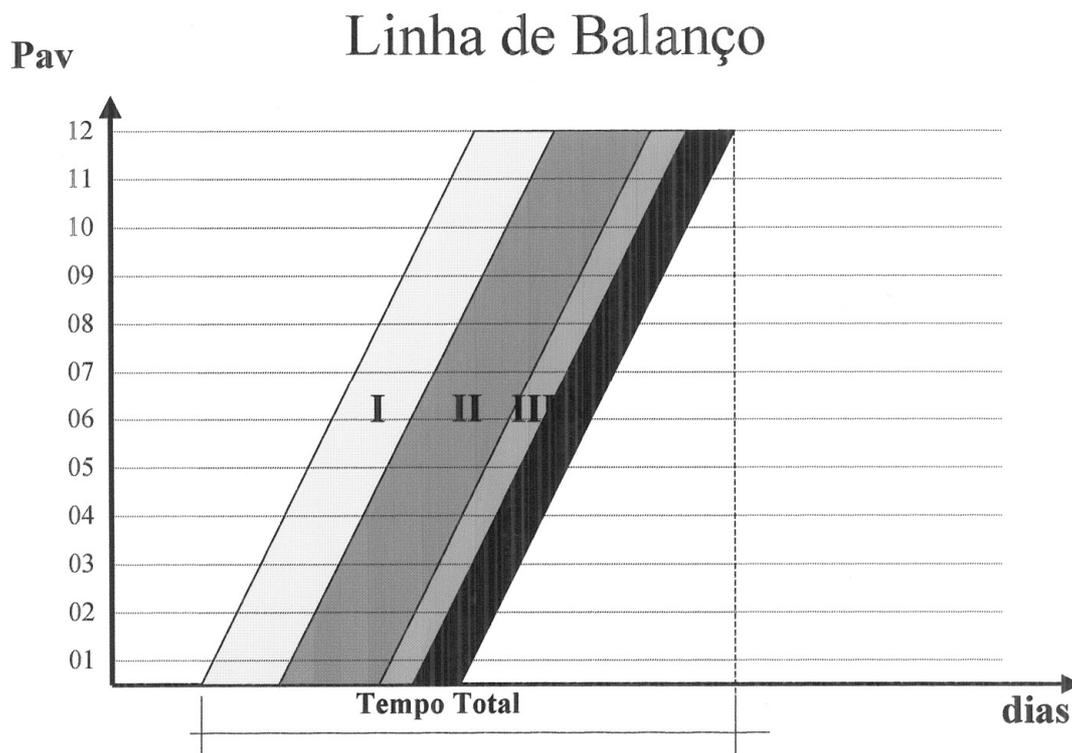


Figura 3.3 – Plano de longo prazo técnica LB

No nível de médio prazo estudou-se o zoneamento proposto para a execução dos processos. Este zoneamento estava representado sobre o leiaute da planta baixa do pavimento tipo. As zonas foram identificadas através de diferentes cores hachuradas sobre a planta. Desta forma tinha-se a informação onde estariam acontecendo os processos durante o desenvolvimento da obra. No nível de planeamento de médio prazo, a empresa optou por utilizar o *software MS project* como ferramenta de planeamento. As planilhas com o planeamento para um período de quatro semanas eram preparadas semanalmente, de tal maneira que a primeira semana apresentada nesta planilha era a semana em curso.

Estas planilhas forneciam os pacotes de trabalho que seriam executados nas próximas semanas. A partir disto se identificavam as restrições a serem removidas para as semanas vindouras e, uma vez que as restrições houvessem sido removidas, os pacotes de trabalho poderiam ser incluídos no planeamento de curto prazo das semanas seguintes. Na figura 3.4 está apresentado um modelo da planilha do planeamento de médio prazo. Concluída a análise do planeamento de médio prazo focou-se o estudo na identificação dos dados do planeamento de curto prazo.

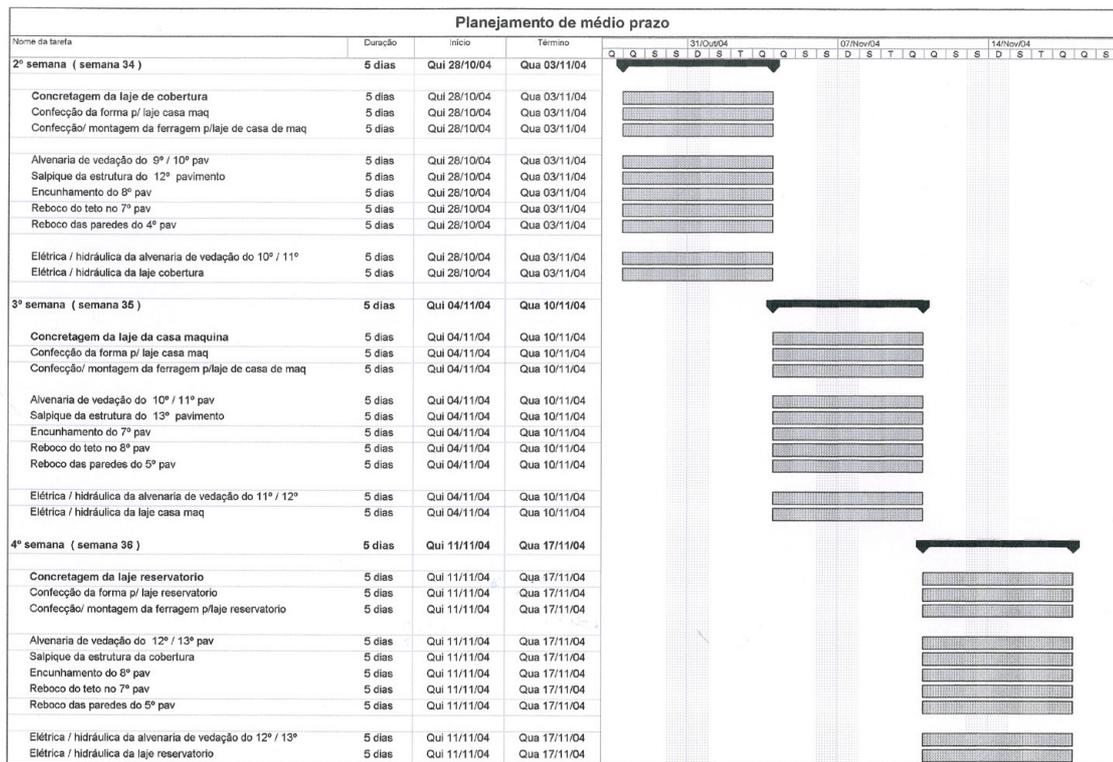


Figura 3.4 – Plano de médio prazo

Os dados do nível de planejamento de curto prazo foram obtidos a partir de planilhas semanais produzidas pelo engenheiro da obra e que tinham por base o planejamento de médio prazo. Na figura 3.5 se apresenta um modelo desta planilha. Nestas planilhas semanais eram fornecidos os pacotes de trabalho a serem executados de acordo com o tipo de mão-de-obra a ser utilizado.

Havia equipes para serviços de elétrica, alvenaria, revestimento, estrutura e outros processos. Em função destas equipes eram designados os pacotes de trabalho que deveriam ser realizados. Assim, cada equipe tinha claro para si quais pacotes de trabalho deveria realizar na semana em curso, a partir do índice de PPC (Percentual de Planejamento Concluído) a equipe tinha o seu desempenho avaliado.

De posse destes dados de ordem inicial pode-se estabelecer um nível de conhecimento sobre o estágio de desenvolvimento da obra, bem como de que grau de planejamento a obra dispunha. Os dados obtidos serviram de referencial inicial para o estudo.

A fase de desenvolvimento do estudo ocorreu no período de 14/10/2004 a 25/11/2004. Este período correspondeu as semanas 32 a 37 do planejamento da obra estudada.

PLANEJAMENTO SEMANAL		Semana de:		Semana: <b>32</b>							Elaborado em:		
Engenheiro:		<b>14/10/04 à 20/10/04</b>		PPCm= $\frac{\sum \text{Itens\_exec. } 100\%}{\sum \text{Itens\_Totais}}$ $\frac{18}{29}$ <b>62,07%</b>							Alterado em:		
Mestre:				PPCm=							Alterado por:		
PLANEJAMENTO SEMANAL		Planejamento x Execução		PPCm=									
COD.	EQUIPE	VISTO	PACOTE DE TRABALHO / LOCAL	Q	S	S	D	S	T	Q	%	PROBLEMA	
1	EMPRESA		Concretar a viga do muro do terraço do 2º pav ( h do muro = 1,00 m )								100		
2			Proteções no 12º e 13º pav ( Cordas e telas de proteção )								100		
			Preparação da base para Casa do Gás									100	
			Recolher restos de verga do 2º ao 6º e organizar o material depositado nos									100	
3			Chumbar a canaleta do gás no 10º pav								100		
4			Proteções p/ plataformas do guincho no 9º e 10º pav ( buraco entre a cancela e a								100		
1	EMPREITEIRO DE ESTRUTURA		<b>Concretagem da laje do 13º pav</b> ( dia 18 / 10 - segunda feira )								100		
2			Montagem da ferragem p/ laje de cobertura								100		
3			Colocar a ferragem na forma da viga do muro da divisa								100		
4			Montagem da forma p/ viga do muro da divisa								100		
5			Montagem da forma p/ pilares da laje de cobertura								100		
6			Grautear os vãos no patamar da escada, do 2º ao 5º pav								0	5	

Figura 3.5 – Plano de curto prazo

A escolha do período de avaliação aconteceu em função do estágio da obra apresentar os processos escolhidos para o estudo em pleno desenvolvimento. Observou-se o fato de que os processos escolhidos já viessem ocorrendo nas semanas anteriores. Com este cuidado buscou-se evitar qualquer interferência do efeito aprendizagem no desenvolvimento dos processos. Entendeu-se que este aspecto poderia influenciar na determinação dos dados que seriam obtidos no estudo.

Os processos escolhidos para serem objeto de análise do estudo foram os processos de estrutura, alvenaria e instalações elétricas e hidrosanitárias. No entanto, foi estudado o desenvolvimento dos demais processos que estavam ocorrendo na obra, apesar destes processos não terem sido objeto principal da análise. Esta análise secundária, que se fez ao nível do planejamento de longo prazo, buscava contemplar a possibilidade de que o processo gargalo do sistema produtivo não estivesse dentre os processos escolhidos para a execução da análise principal.

Os critérios de escolha dos processos a serem analisados ocorreu em função de uma maior facilidade na percepção visual com relação a evolução dos mesmos durante o desenvolvimento da obra. Entendeu-se que esta facilidade possibilitaria a identificação, e mesmo a observação, mais clara dos inventários. Outro aspecto que se considerou foi a relação de precedência entre os processos. Este aspecto propiciou a oportunidade de se

avaliarem as diferentes influências que poderiam surgir em função dos diferentes desenvolvimentos dos processos durante o período do estudo.

A obtenção dos dados de campo deu-se através da observação direta e sistemática. A partir do acompanhamento semanal dos fenômenos estudados foram feitos registros documentais dos dados levantados.

O levantamento de dados consistiu em identificar os pacotes de trabalho que estavam sendo planejados nos diferentes níveis de planejamento. Em um segundo momento acompanhou-se os pacotes de trabalho que estavam em processamento na semana em curso e, a partir destes dados, identificou-se o surgimento de pacotes de trabalho que estavam deixando de ser processados. A identificação destes pacotes de trabalho, que não estavam sendo processados, mas que haviam sido programados no planejamento de curto prazo, acusou a existência de inventários. De acordo com Goldratt (2002), o surgimento de inventários no desenvolvimento de um processo é uma das qualificações para que este processo possa ser identificado como um processo gargalo. Estes conceitos teóricos de inventário e de identificação de gargalos de produção estão apresentados no capítulo 2, referente a base teórica.

Durante o período de implementação da coleta de dados em campo, o pesquisador contou com o apoio de uma estagiária do curso de engenharia civil da UFRGS, que comparecia semanalmente na obra. O pesquisador e a estagiaria participavam como observadores da reunião de avaliação do planejamento de curto prazo. Esta reunião envolvia o engenheiro da obra, o mestre da obra e os contramestres de cada um dos processos em desenvolvimento.

Nesta reunião eram expostos os percentuais relativos aos pacotes de trabalho executados na semana anterior. Reavaliavam-se os motivos que levaram a eventuais atrasos na programação prevista. Também eram apresentados os pacotes de trabalho que seriam desenvolvidos na semana em curso.

Como já foi explanado nos parágrafos anteriores, a proposição da coleta de dados em campo foi de verificar o comportamento real do desenvolvimento da obra a partir da observação no local onde estavam acontecendo os pacotes de trabalho. Assim, semanalmente fazia-se o levantamento do estágio da obra quanto aos pacotes de serviço executados. Este levantamento era feito a partir de uma visita a cada um dos pavimentos da obra. Nestas visitas a estagiária dispunha de uma planilha onde estava inserido o leiaute do pavimento a ser visitado, a

planilha é apresentada na figura 3.6. Nesta planilha, eram assinalados os pacotes que haviam sido processados no decorrer da semana, bem como os que estavam em processamento. Os diferentes processos eram identificados pelo uso de diferentes cores.

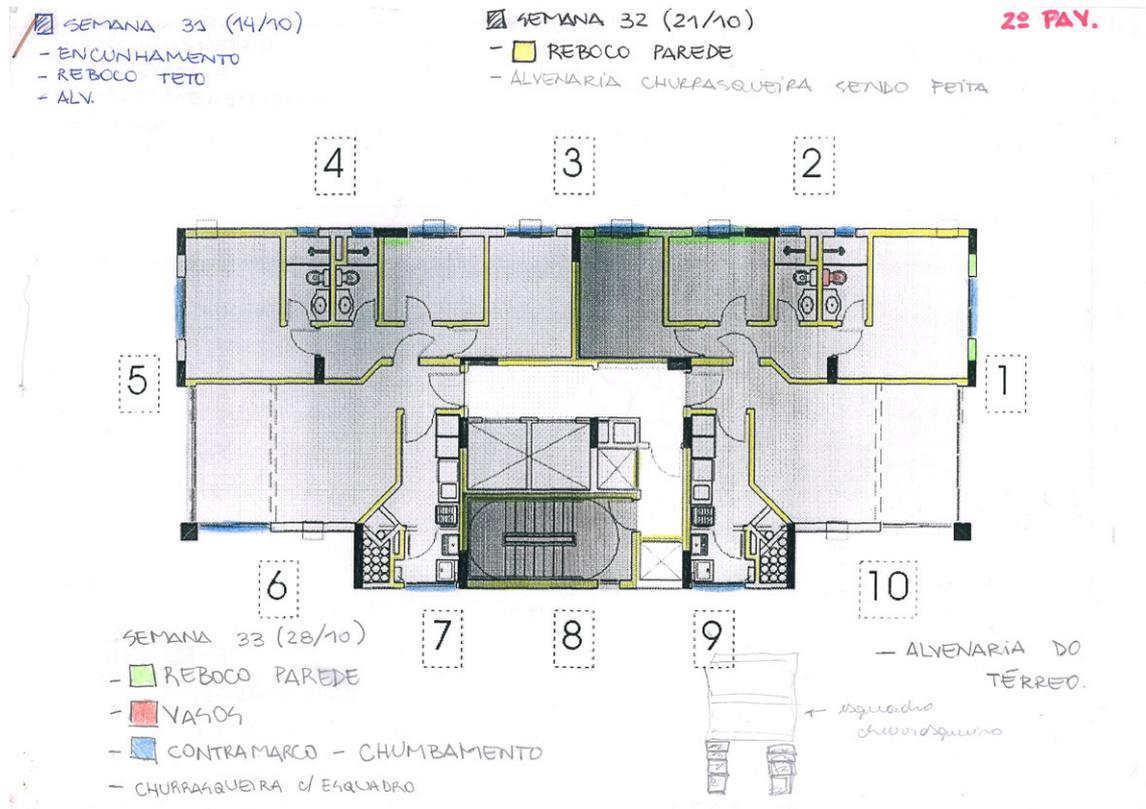


Figura 3.6 – Planilha de coleta de dados

Portanto, em uma visita semanal a estagiária dispunha de um número de planilhas compatível com o número de pavimentos existentes na obra. Por ocasião da visita, por exemplo, ao quarto pavimento, a estagiária registrava a execução dos diferentes pacotes de trabalho que estavam sendo processados neste pavimento. Naquele momento, havia o cuidado de indicar a zona onde estava ocorrendo o processo a partir da cor correspondente a este processo.

Nesta identificação dos pacotes de trabalho que estavam em andamento, também se buscava a compatibilização com os pacotes de trabalho que haviam sido programados no plano de curto prazo.

A cada nova semana de coleta dos dados eram fornecidas novas planilhas, para que se pudesse efetuar um novo levantamento. Estes dados serviram para a identificação clara do andamento da obra no que diz respeito ao desenvolvimento dos diversos processos.

Outra técnica de coleta de dados utilizada na pesquisa foi a entrevista das pessoas envolvidas ou conhecedoras do fenômeno objeto do estudo. Durante o período de coleta de dados e mesmo após este período, foram feitas consultas e reuniões com o engenheiro da obra. Estas reuniões auxiliaram o pesquisador no aprimoramento das informações obtidas a partir dos levantamentos de campo. Um exemplo característico desta situação aconteceu em relação aos aspectos relacionados à vinculação dos planos de curto e médio prazo. O pesquisador buscou junto ao engenheiro da obra informações mais detalhadas de como foram definidos os pacotes de trabalho e como estes pacotes passavam do plano de médio prazo para o plano de curto prazo. Estas informações foram de fundamental importância para o entendimento dos dados que estavam sendo obtidos no campo.

Na fase final do estudo, foi realizada uma entrevista com o engenheiro da obra, a fim de conhecer a percepção do entrevistado diante das observações e dos dados obtidos no acompanhamento de campo. A entrevista foi informal e não contou com nenhum conjunto de questões pré-definidas. A partir da explanação da totalidade do trabalho realizado em campo começou-se a discutir aspectos relacionados aos dados obtidos. Foi muito proveitosa a entrevista, pois observou-se a convergência dos dados obtidos pelo estudo com a percepção do engenheiro da obra.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos no desenvolvimento do estudo realizado na obra estudada. Buscou-se atingir os objetivos deste trabalho a partir da análise desses resultados.

O capítulo apresenta a análise do desenvolvimento da obra em três diferentes perspectivas. A primeira será em relação ao plano de longo prazo. Nesta etapa, buscou-se focalizar a análise em uma comparação entre as metas fixadas no plano previsto e as metas efetivamente atingidas por ocasião da execução da obra. Em seguida, serão apresentadas considerações com referência a análise dos planos de médio e curto prazo, avaliando-se o andamento de cada processo estudado no decorrer das semanas de realização do estudo. Na seqüência do desenvolvimento do capítulo são apresentados o cálculo dos inventários e a análise do comportamento dos mesmos.

### 4.2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Os comportamentos dos processos, relativos as suas evoluções no decorrer do período do estudo, foram representados em gráficos que são apresentados dentro deste capítulo. Nestes gráficos são apresentados os processos previstos no plano de longo prazo da obra. A identificação dos processos foi feita através de diferentes tipos de hachuras gráficas. Como o acompanhamento aconteceu semanalmente, cada gráfico apresentado refere-se a uma semana do período da coleta de dados de campo. Os gráficos mostram a evolução dos processos em estudo em função do pavimento em que estes estavam ocorrendo. Um modelo é apresentado na figura 4.1.

A representação a partir dos pavimentos busca, de forma simplificada, identificar as zonas de trabalho que estavam sendo processadas. Esta simplificação foi somente adotada na análise feita sob a ótica do plano de longo prazo. Esta simplificação é justificada, na medida que o

planejamento de longo prazo da obra também considerou as zonas de trabalho previstas para processamento a partir dos pavimentos da obra. Esta consideração buscou preservar e identificar de forma clara os fluxos de trabalho e aumentar a transparência dos dados apresentados nos estudos.

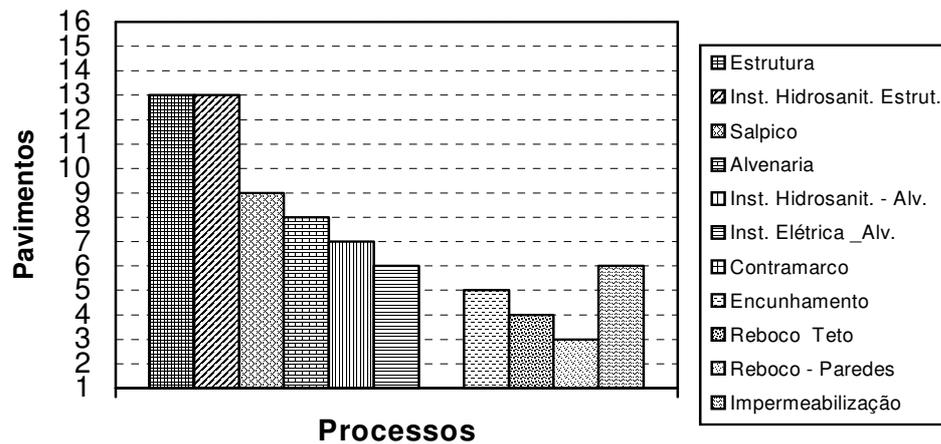


Figura 4.1 – Exemplo de representação dos gráficos

Portanto, nos gráficos, a escala relativa aos pavimentos conta com a existência de 16 níveis de laje, sendo que o empreendimento tinha 13 pavimentos tipo e adotou-se que a laje de cobertura seria o décimo quarto nível. O nível do piso do reservatório corresponderia ao décimo quinto nível e o nível da cobertura do reservatório equivaleria ao décimo sexto nível.

#### 4.2.1 Plano de Longo Prazo

Conforme foi apresentado no capítulo anterior, Goldratt (2002) coloca que um dos sintomas da existência de um processo gargalo é o surgimento de inventários. Neste sentido, o estudo inicial procurou fazer a identificação dos inventários no decorrer do período de acompanhamento da obra. Como já foi dito por ocasião da definição da estratégia de pesquisa, buscou-se estabelecer um comparativo entre as metas previstas pelo processo de planejamento da obra e as metas efetivamente realizadas. A intenção foi que, a partir desta análise comparativa, fosse possível visualizar o surgimento de inventários. A partir da evidência do surgimento de inventários se poderia concentrar a análise nestes processos buscando a identificação das demais características inerentes aos processos gargalos.

A primeira semana de coleta de dados em obra e, por conseqüência, a primeira semana objeto de análise foi a semana de 14/10/2004 a 20/10/2005, que correspondeu a semana 32 do processo de planejamento da obra. O gráfico 4.2 mostra a previsão dos serviços que deveriam estar em execução e seus respectivos pavimentos na semana 32. Já no gráfico 4.3 tem-se a indicação dos serviços que estavam em andamento no final da semana 32. Como pode ser constatado pela análise dos dois gráficos, na semana 32 já havia desconformidades entre o planejado e o executado. O fato de se identificarem, na semana 32, pacotes de serviço planejados que não foram executados, denota este descompasso entre o inventário planejado e o executado.

Para efeitos desta pesquisa considerou-se inventário planejado o conjunto de pacotes de trabalho previstos no planejamento de médio e curto prazo, programados a partir do plano de longo prazo, para a semana objeto de análise. Já o inventário executado representa os pacotes de trabalho que foram efetivamente executados na semana analisada.

Tendo em vista que de acordo com Goldratt (2002), a existência de inventários é o primeiro indício da existência de um possível gargalo. Buscou-se se estabelecer um comportamento dos inventários no sentido de confirmar ou não, a percepção inicial relativa ao crescimento dos inventários. Da mesma forma, como na semana 32, executou-se na semana 33 o levantamento de campo onde foram obtidos os dados relativos aos processos produtivos que estavam em desenvolvimento.

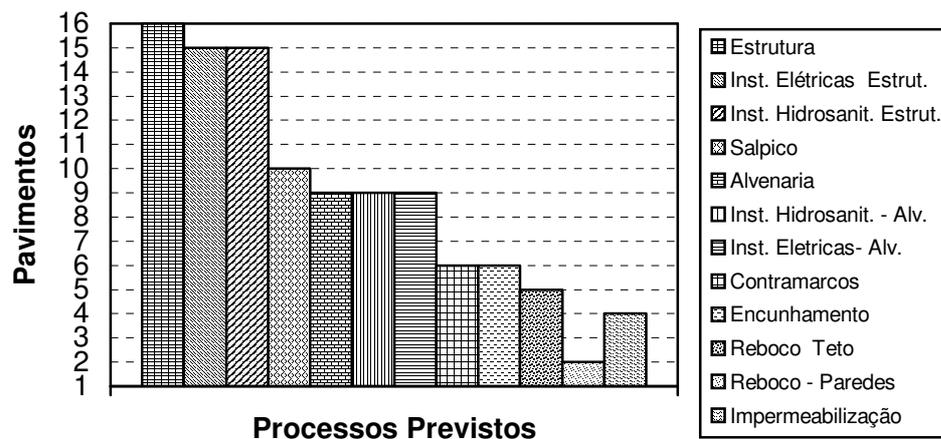


Figura 4.2 - Previsão para Semana 32

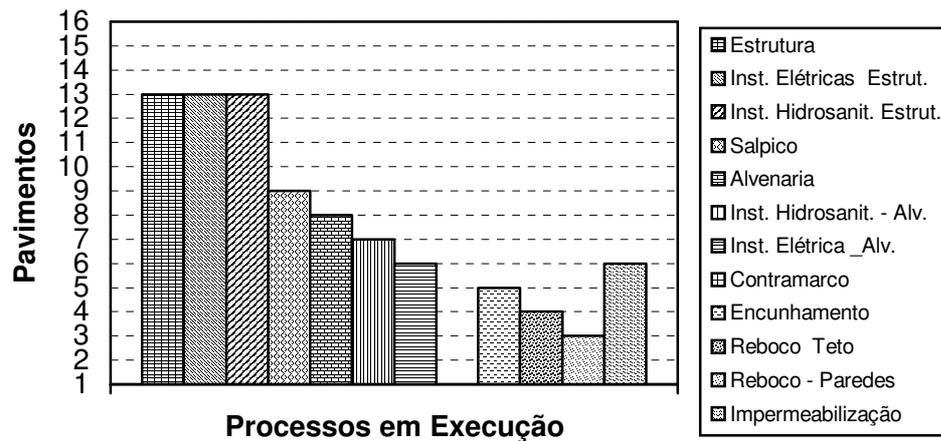


Figura 4.3 - Serviços em execução na semana 32

Como se pode verificar pela comparação dos gráficos 4.4 e 4.5, na semana 33, constatou-se a continuidade da defasagem entre o planejado e o executado, cabendo ressaltar o fato de vários processos estarem acontecendo em diferentes zonas. Foi o caso do processo alvenaria que estava ocorrendo no 7º, 8º e 9º pavimentos. Esta situação do processo alvenaria influenciou definitivamente no desenvolvimento dos processos de instalações elétricas e hidrosanitárias. Houve esta percepção a partir da observação visual do desenvolvimento da obra. A expectativa foi comprovar isto através do cálculo dos inventários.

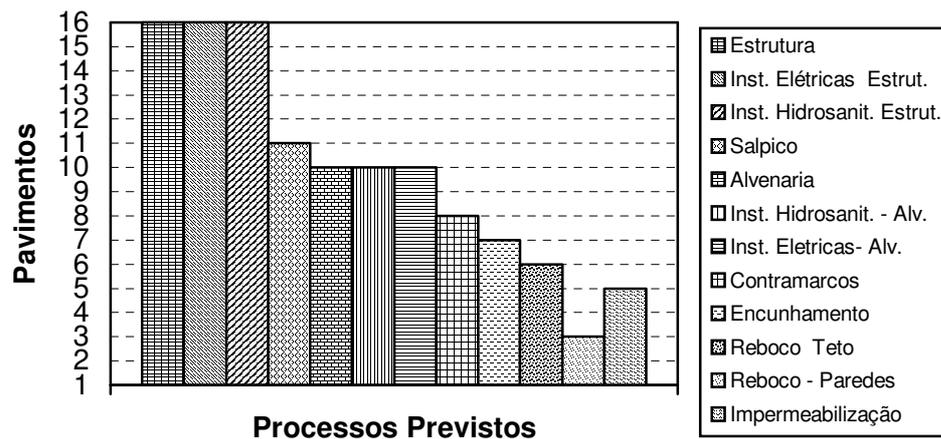


Figura 4.4 - Previsão para a semana 33

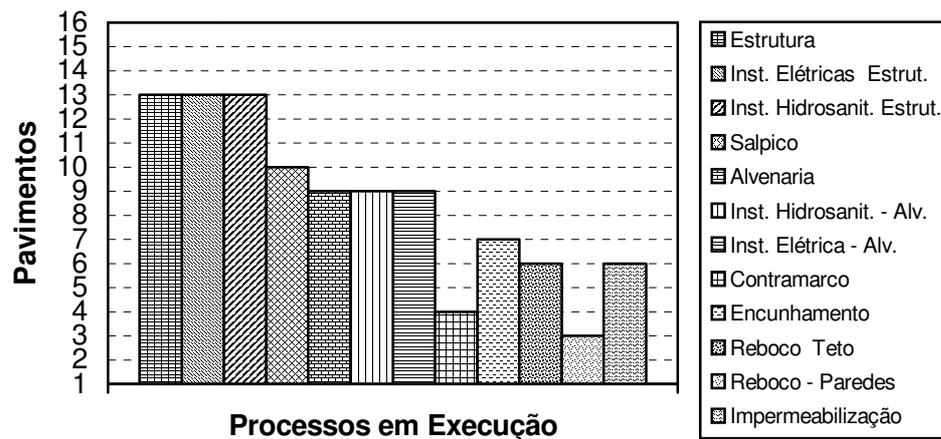


Figura 4.5 - Serviços em execução na semana 33

Na semana 34 a avaliação dos serviços planejados e executados apresentou os dados expressos nos gráficos 4.6 e 4.7. Novamente, nesta semana observou-se uma crescente diferença entre o planejado e o executado. Nesta semana, no que se refere aos serviços planejados, o processo de estrutura estaria concluído, enquanto que o processo alvenaria, instalações elétrica e hidrosanitária estavam previstos acontecer no 11º pavimento. Não obstante esta situação se for observado o planejamento de longo prazo apresentado no anexo 3, se poderá verificar que estava previsto para esta semana a execução da platibanda da cobertura, bem como, as instalações elétricas e hidrosanitarias deste nível de pavimento

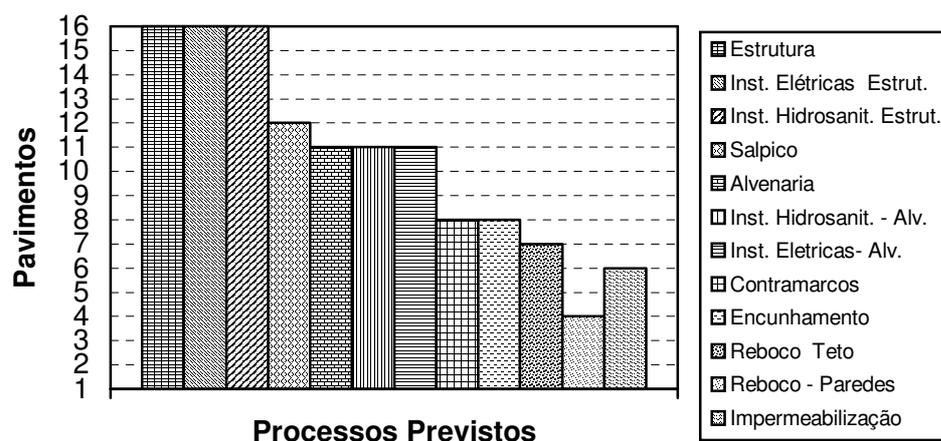


Figura 4.6 - Previsão para semana 34

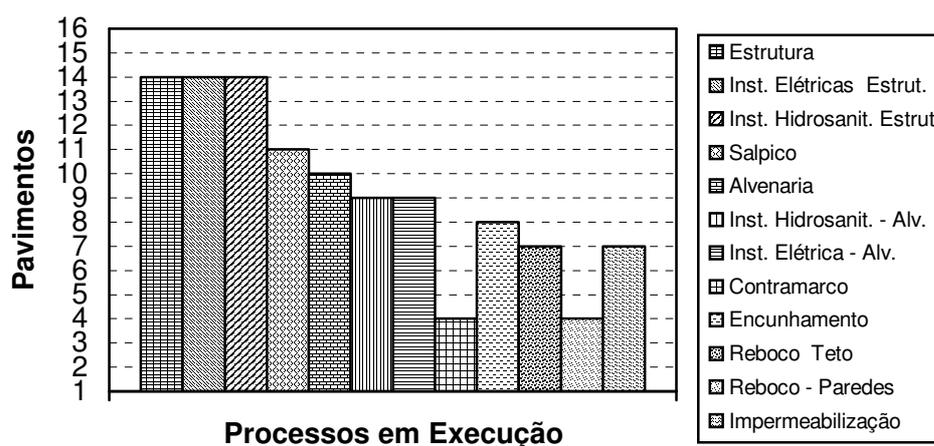


Figura 4.7 - Serviços em execução na semana 34

Na apresentação do gráfico 4.6 o critério para referenciar a indicação do processo alvenaria foi a alvenaria de fechamento do pavimento, portanto, a alvenaria deveria estar em execução no 11º pavimento. O processo de colocação de contramarcos não tinha previsão de ser executado naquela semana.

Quanto aos serviços em execução, observou-se o fato de estarem ampliando-se o número de pacotes de trabalho sendo executados em diferentes zonas em trabalho vinculadas ao mesmo processo. Também verificou-se o aumento da diferença em relação aos serviços planejados

Na semana 35 os processos apresentaram os comportamentos expressos nos gráficos 4.8 e 4.9. Com relação aos processos planejados, cabe ressaltar que o processo de colocação dos contramarcos novamente não foi programado para ser executado nesta semana. Por outro lado o processo impermeabilização estava programado para o nível 14 (laje de cobertura), além do 7º pavimento. Esta foi a segunda semana além da data que estava planejada a conclusão do processo estrutura.

Como foi observado, nas semanas anteriores o processamento de algumas atividades continuava acontecendo em diferentes zonas de trabalho, ao invés de ser concentrado nas zonas previstas no planejamento de longo prazo.

De acordo com o engenheiro da obra, esta situação justificou-se em função de um melhor desenvolvimento dos fluxos de trabalho. A concentração das equipes de mão-de-obra responsáveis pelos processos programados na zona de trabalho prevista pelo planejamento de

longo prazo seria inviável. Esta argumentação, apesar de justificável, encontra contraponto no fato de que o dimensionamento da produção feita no plano de longo prazo, através dos gráficos de ritmo ou linha de balanço, considera um determinado tamanho de equipe adequado ao espaço físico onde deve se desenvolver o processo programado.

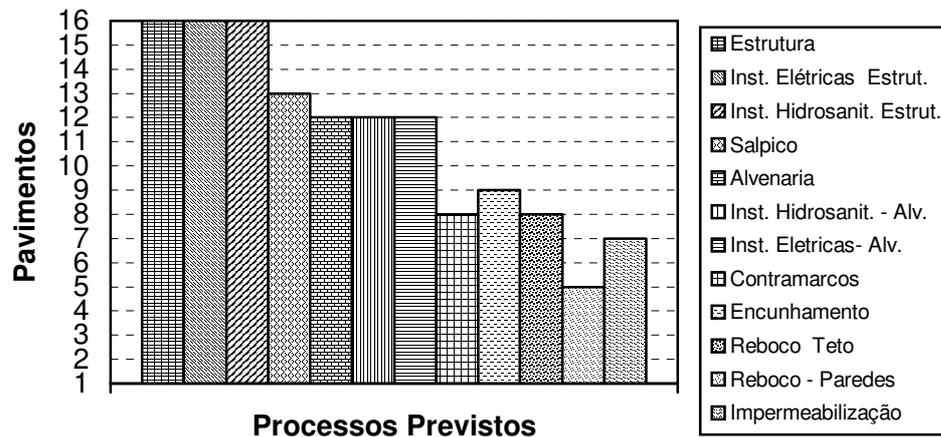


Figura 4.8 - Previsão para semana 35

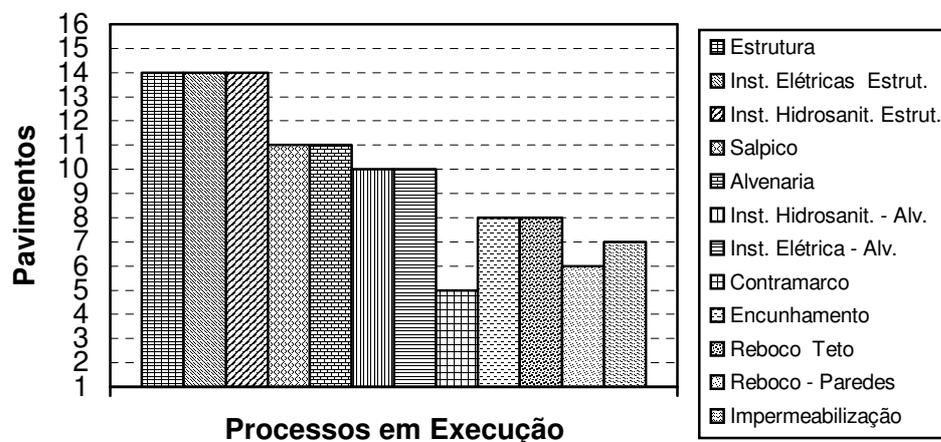


Figura 4.9 - Serviços em execução na semana 35

O que na realidade se pode constatar no local através da observação direta da execução do processo, foi que, as equipes foram divididas pelos pavimentos, no sentido de recuperarem os pacotes de trabalho que não estavam sendo cumpridos e ao mesmo tempo foram destacadas equipes para executarem os pacotes de trabalho que estavam programados no plano de longo prazo. Na realidade, pelo fato de as equipes serem de tamanho insuficiente para atenderem à estes dois propósitos, o número de pacotes em atraso mantinha-se o mesmo, quando não aumentava, ao invés de diminuir.

Portanto, independente desta mudança na estratégia de ataque prevista pelo planejamento de longo prazo, o que se observou foi o crescimento do número de pacotes de trabalho planejados, mas que não foram processados.

Os processos previstos pelo plano de longo prazo para a semana 36 estão apresentados no gráfico 4.10. O processo de estrutura estava previsto estar concluído desde a semana 33. Já os processos alvenaria e instalações estavam previstos serem concluídos até o 13 ° pavimento.

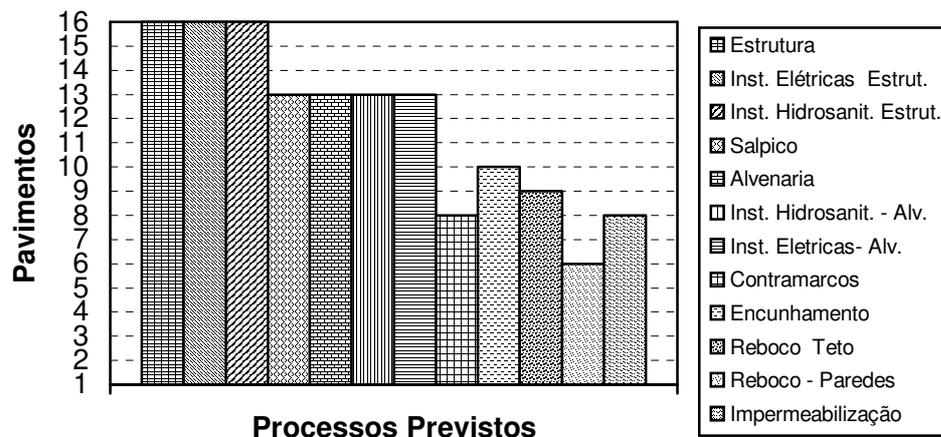


Figura 4.10 - Previsão para semana 36

Os processos em execução, apresentados no gráfico 4.11, mostram a evolução dos serviços na semana 36.

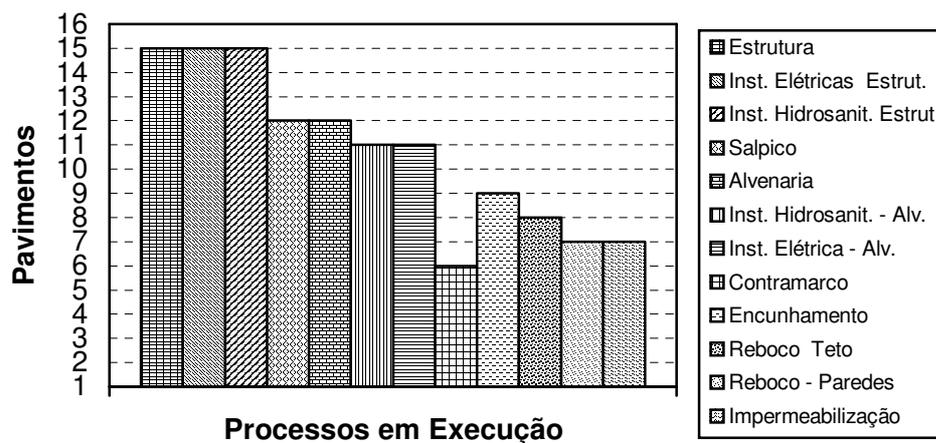


Figura 4.11 - Serviços em execução na semana 36

Observou-se que o processo estrutura evoluiu, mas de forma insuficiente para buscar as projeções do planejamento de longo prazo. O processo alvenaria e instalações elétricas e

hidrosanitárias mantiveram a defasagem percebida nas semanas anteriores, ressaltando-se a continuidade da situação de, principalmente estes processos estarem sendo executados em três diferentes pavimentos, no 10º pavimento, 11º pavimento e 12º pavimento.

Os gráficos 4.12 e 4.13 apresentam os dados quanto aos serviços planejados e os serviços executados para a semana 37.

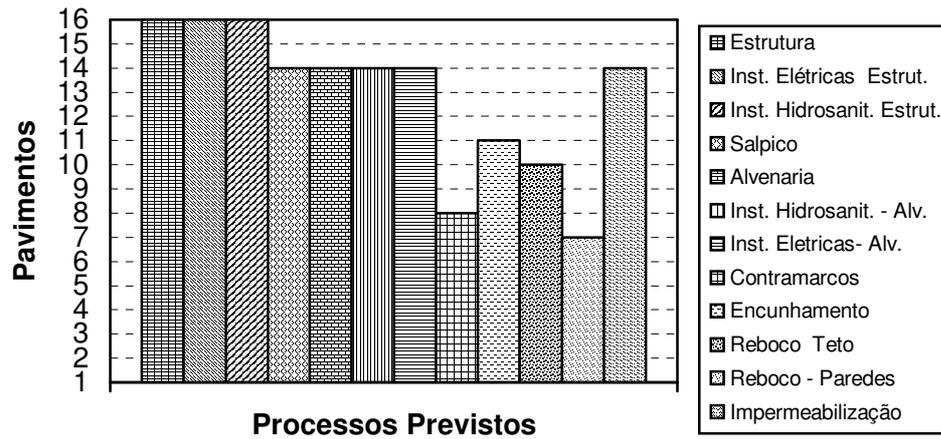


Figura 4.12 - Previsão para semana 37

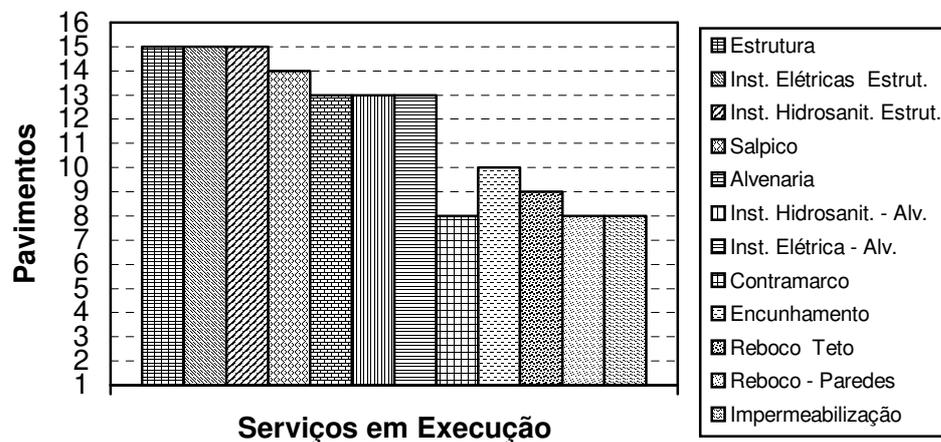


Figura 4.13 - Serviços em execução na semana 37

Como nas semanas anteriores, a defasagem entre planejado e executado estava aumentando. O processo estrutura apesar de estar acontecendo no nível 16, laje de cobertura do reservatório, ao final desta semana não estava concluído.

O processo alvenaria possuía a previsão de conclusão do 13º pavimento na semana 36. No entanto, foi na semana 37 que se iniciaram os serviços neste pavimento. Outro aspecto a se considerar é que estavam sendo executados pacotes de trabalho dos pavimentos inferiores no 10º, 11º e no 12º pavimento.

No processo instalações elétricas a programação de curto prazo adotada na obra previa a execução das instalações elétricas do 11º e 12º pavimentos. De acordo com o planejamento de longo prazo este processo estaria concluído na semana 37 até o 14º nível, assim como o processo alvenaria. Processos como reboco, impermeabilização e encunhamento não estavam em conformidade com o planejamento de longo prazo, mas esta situação se justifica em função dos processos antecedentes estarem em atraso.

O que se pode observar é que o comparativo entre o planejado de longo prazo e o executado pode alertar quanto ao surgimento de inventários. Isto pode ser observado a partir do aumento da diferença entre o nível de laje previsto para execução do processo no plano de longo prazo e o nível de laje em que se encontra em execução o processo analisado. No entanto, esta observação não é conclusiva. Existe a necessidade de se buscar uma análise mais pormenorizada, ao nível dos planos de médio e curto prazo, para se ter uma confirmação mais convincente das percepções obtidas no nível do planejamento de longo prazo.

#### **4.2.2 Plano de Médio e Curto Prazo**

Baseados nas planilhas de médio e curto prazo apresentadas pela empresa, foi iniciada uma análise pormenorizada do comportamento relativo aos pacotes de trabalho no decorrer das semanas do estudo. Estas planilhas são apresentadas nos anexos de B e C deste trabalho.

Pela análise do planejamento de longo prazo constataram-se indícios do surgimento de inventários nos processos estrutura, alvenaria e instalações. Em função disto optou-se por continuar focando nestes processos uma análise mais detalhada do comportamento dos inventários no nível do planejamento de médio e curto prazo.

Analisando a semana 32 relativamente aos processos em desenvolvimento, quanto ao processo estrutura pode-se verificar que no planejamento de médio prazo gerado a partir do planejamento de longo prazo, estavam previstas para a semana 32 a concretagem de laje e

paredes do reservatório, bem como a preparação de fôrmas e armaduras da laje de cobertura do reservatório. Já no planejamento de curto prazo adotado na obra, foi proposta a execução da concretagem do 13º pavimento e a preparação das fôrmas e ferragens dos pilares, vigas e laje de cobertura. Diante destes dados verifica-se a divergência entre o inventário planejado e o inventário executado.

O processo de lavagem da estrutura e salpico foi previsto no planejamento de curto prazo da semana 32 para ser executado no 9º e 10º pavimentos. Já o planejamento de médio prazo baseado no plano de longo prazo previa a execução do salpico no 10º pavimento. Comprovou-se na avaliação realizada no final da semana 32 que se efetivou a conclusão deste processo no 9º pavimento.

Ainda na semana 32 o primeiro pacote previsto para o empreiteiro de alvenaria e revestimento, de acordo com o planejamento de curto prazo adotado na obra, era a execução das alvenarias dos 6º, 7º e 8º pavimentos. Pelo planejamento de médio prazo estava programada a execução da alvenaria do 9º pavimento.

Observando-se a situação dos pacotes de trabalho planejados para o empreiteiro de instalações elétricas e hidráulicas vê-se que estava programada na semana 32 a execução das instalações em parede dos 7º, 8º e 9º pavimentos. De acordo com o planejamento de médio prazo, formulado a partir do planejamento de longo, o pacote de serviço seria a execução das instalações elétricas do 9º pavimento.

De acordo com a avaliação do planejamento de médio prazo da semana 33 o processo estrutura teria como pacotes de trabalho a execução das fôrmas para a laje da casa de máquinas e a confecção e montagem da ferragem para laje de cobertura. Já no planejamento de curto prazo adotado na obra os pacotes seriam concretagem dos pilares entre o 12º pavimento e o 13º pavimento, montagem da ferragem para a laje do 13º pavimento, montagem das fôrmas para laje do 13º pavimento, montagem de fôrmas e ferragens para viga do muro de divisa e concretagem da escada do subsolo ao térreo.

Como se pode observar, os pacotes previstos no planejamento de médio prazo não foram programados para o planejamento de curto prazo. Isto ocorreu porque havia pacotes de semanas anteriores para serem concluídos e, portanto, estes se tornavam uma restrição a ser

removida para que os pacotes previstos no planejamento de médio prazo fossem agregados ao planejamento de curto prazo.

No que se referia ao processo alvenaria, o planejamento de médio prazo apresentava a execução da alvenaria de vedação do 9º e 10º pavimentos. Enquanto que no planejamento de curto prazo este processo tinha como pacotes de trabalho a execução do 6º, 7º e 8º pavimentos. Neste processo, pode-se observar que existe uma defasagem entre o planejamento de médio e curto prazo e, além disto, observa-se uma divisão da equipe em três frentes de trabalho. Como já foi colocado no item anterior deste capítulo, o engenheiro da obra colocou que isto ocorreu devido a uma mudança na estratégia de ataque da obra no que diz respeito à este processo.

No que diz respeito aos processos como reboco de paredes, reboco de teto, salpique e encunhamento também houve defasagens entre as zonas programadas para a execução dos pacotes de trabalho, entre o planejamento de médio e curto prazo.

Para o processo de instalações elétricas e hidrosanitárias, o planejamento de médio prazo apresentava a execução dos pacotes de trabalho referentes aos 8º e 9º pavimentos, enquanto que no planejamento de curto prazo a programação estabelecia a execução do 5º, 6º e 7º pavimentos. Nos demais processos existiu também a defasagem entre o plano de médio e curto prazo.

Após a apreciação das duas primeiras semanas do estudo, como já foi destacado, existia uma defasagem entre o plano de médio e curto prazo. No entanto, este fato não pareceu ser relevante ao ponto de causar algum prejuízo ao objetivo do estudo. Avaliou-se que, na realidade, os pacotes referentes ao plano de médio prazo seriam considerados parte do inventário das semanas que estavam sendo estudadas. Assim o inventário de um processo seria composto dos pacotes de trabalho programados no plano de curto prazo e mais os pacotes que houvessem sido programados no médio prazo. Cabendo a avaliação do crescimento ou da diminuição do número de pacotes de trabalho no decorrer das semanas. Este acompanhamento estabeleceria um comportamento dos inventários de cada processo.

A análise do planejamento de médio prazo para a semana 34 possibilitou identificar que para o processo estrutura estava programada a concretagem da laje de cobertura, confecção da fôrma e montagem da ferragem para laje da casa de máquinas. O planejamento de curto prazo

propôs a concretagem da laje de cobertura, montagem da ferragem e fôrmas para os pilares da cobertura até o nível da casa de máquinas, assoalhar a laje da casa de máquinas, colocação de ferragem na fôrma para viga do muro da divisa, grauteamento de falhas de concretagem nas escadarias do 2º ao 6º pavimento e grauteamento dos vãos no patamar da escada do 2º ao 6º pavimentos.

No processo alvenaria, o plano de médio prazo previa a execução da alvenaria de vedação do 9º e 10º pavimentos. Enquanto que o plano de curto prazo a previsão era da execução das alvenarias de vedação do 8º e 9º pavimentos, alvenaria da parede do hall de entrada no térreo e a alvenaria do muro de divisa.

Nesta mesma semana 34, o planejamento de médio prazo propunha para o processo de instalações elétricas e hidrosanitárias a execução das instalações do 10º e 11º e instalações na laje de cobertura. No planejamento de curto prazo os pacotes de trabalho a serem executados estavam no nível do 7, 8º e 9º pavimentos e instalações referentes a laje da casa de máquinas.

De acordo com o planejamento de médio prazo da semana 35, o processo estrutura teria a execução da concretagem da laje da casa de máquinas, confecção da fôrma e montagem da ferragem para laje da casa de máquinas. O planejamento de curto prazo registrava a concretagem da primeira parte dos pilares da laje de cobertura à laje da casa de máquinas, montagem da fôrma para laje da casa de máquinas, concretagem da viga do muro da divisa, grauteamento de falhas de concretagem nas escadarias do 2º ao 6º pavimento, reparo das vigas do 3º e 4º pavimentos e grauteamento dos vãos no patamar da escada do 2º ao 6º pavimentos. Observou-se a repetição de pacotes das semanas anteriores. Este fato acena com o surgimento de inventários, mesmo que não se tenha a quantificação deste inventário.

O processo alvenaria no nível do planejamento de médio prazo propunha a execução dos pacotes referentes aos 10º e 11º pavimentos. Enquanto o planejamento de curto prazo previa a execução das alvenarias de vedação do 9º, 10º e 11º pavimentos, alvenaria da parede do reservado para a canalização do banheiro do térreo e alvenaria do muro da divisa.

Transcorridas quatro semanas de estudo observou-se a repetição de pacotes de trabalho no planejamento de médio e curto prazo. Levando-se a acreditar na evidência do surgimento de inventários.

A semana 36, no nível do planejamento de médio prazo, registra a confecção da fôrma, montagem da ferragem e concretagem da laje do reservatório o planejamento de curto prazo prevê a concretagem da laje de cobertura da casa de máquinas, concretagem dos pilares da casa de máquinas à cobertura do reservatório, concretagem da viga do muro da divisa, grauteamento de falhas de concretagem nas escadarias do 2º ao 6º pavimento, reparo das vigas do 3º e 4º pavimentos e grauteamento dos vãos no patamar da escada do 2º ao 6º pavimentos.

O planejamento de médio prazo para o processo de alvenaria previa a execução da alvenaria de fechamento do 12º e do 13º pavimentos. No planejamento de curto prazo os pacotes de trabalho seriam a execução da alvenaria de vedação do 10º, 11º e 12º pavimentos, alvenaria de vedação da platibanda do telhado, alvenaria do muro da divisa.

Com relação ao processo de instalações elétricas e hidrosanitárias o planejamento de médio prazo previa a execução das instalações do 12º e 13º pavimentos e a execução da instalação hidráulica no nível da laje do reservatório.

A semana 37 foi a última semana do estudo. Nesta semana, o planejamento de médio prazo registrava para o processo estrutura a concretagem da laje de cobertura, confecção da fôrma e montagem da ferragem da laje da casa de máquinas. No planejamento de curto prazo estava prevista a concretagem da laje de cobertura do reservatório, remoção das fôrmas da laje da casa de máquinas, montagem da fôrma e concretagem da viga do pórtico de entrada do térreo.

Quanto ao processo alvenaria estava na programação do plano de médio prazo a execução das alvenarias do 12º e 13º pavimentos. Já no plano de curto prazo a previsão era para serem executados a alvenaria de vedação do 11º, 12º e 13º pavimentos, alvenaria de vedação da platibanda e alvenaria do muro de divisa.

No que diz respeito ao processo instalações elétricas e hidrosanitárias, no plano de médio prazo havia sido programada a execução das instalações do 12º e 13º pavimentos e a instalação hidráulica da laje de cobertura. Quanto ao plano de curto prazo, estava prevista a execução da instalação elétrica do 11º e 12º pavimentos, instalações hidráulicas do 11º e 12º pavimentos, instalação elétrica, hidráulica da laje do reservatório, montagem da coluna montante do térreo, 2º e 3º pavimentos e chumbamento das instalações hidráulicas e elétricas em paredes do 10º e 11º pavimentos.

Como já foi ressaltado no item 3.4.3.3, do capítulo anterior, foram analisados de forma mais detalhada os processos estrutura, alvenaria e instalações porque foram estes processos que apresentaram maiores indícios do registro de inventários no nível do planejamento de longo prazo.

A partir dos dados das semanas componentes do estudo pode-se observar que houve uma reformulação do plano de médio prazo dentro do período estudado, pois pacotes que haviam aparecido nas semanas anteriores e que não haviam sido executados foram recolocados nas semanas seguintes. Este procedimento, de acordo com o engenheiro da obra foi no sentido de manter a vinculação entre os planos de longo e médio prazo.

Outro aspecto que se observou foi a falta de vinculação entre o plano de médio e curto prazo. Este fato fica caracterizado diante da definição dos pacotes do planejamento de curto prazo não serem os mesmos relacionados no planejamento de médio prazo. Confirma-se este aspecto pela comparação dos pacotes que foram programados no plano de médio prazo com os que foram planejados para o plano de curto prazo.

### **4.2.3 Inventários**

A partir do acompanhamento dos níveis de planejamento de longo, médio e curto prazo buscou-se fazer a identificação dos inventários, já que esta seria a primeira condição para a identificação de um gargalo de produção. Isto é preconizado por Goldratt (2002), e já foi apresentado neste trabalho, mais especificamente, no capítulo 2, referente a base teórica.

No desenvolvimento do estudo, observou-se que a descrição dos pacotes no nível do planejamento de médio e curto prazo estava incorporando o inventário que estava surgindo no decorrer das semanas anteriores. No planejamento de longo prazo, as zonas para definição dos pacotes foram estabelecidas em pavimentos ou em unidades residenciais. No entanto, a descrição dos pacotes do plano de curto prazo adotado na obra propunha o processamento de diferentes zonas no mesmo pacote de trabalho. Por exemplo, o processo alvenaria possuía, no plano de curto prazo, a definição de um único pacote de trabalho a ser executado no 6º, 7º e 8º pavimentos. Quando pelo planejamento de longo prazo, a execução da alvenaria em cada pavimento representaria um pacote, portanto na realidade seriam três pacotes a serem

previstos e não um pacote como fora proposto no planejamento de curto prazo da semana 32. Em função desta situação, poderia ficar prejudicada a análise do comportamento dos inventários, uma vez que não se teria o número de pacotes corretos na identificação dos inventários, e já que haveria a mescla de várias zonas de trabalho na definição de diferentes pacotes.

Como parâmetro para o desenvolvimento do estudo, entendeu-se que os pacotes de trabalho seriam o equivalente às peças no sistema produtivo fabril tradicional, de tal maneira que o surgimento de pacotes que não tivessem sido processados de acordo, com a proposição do planejamento de curto e médio prazo, seriam identificados como inventários.

O fato de estar havendo a aglutinação de pacotes que não foram executados nas semanas anteriores aos pacotes que estavam sendo liberados pelo planejamento de médio prazo, impossibilitaria a análise dos inventários. Já que um pacote que seria inventário remanescente da semana anterior deixaria de sê-lo na medida que fosse aglutinado à programação de um novo pacote de trabalho da semana em curso. Esta situação possivelmente estava acontecendo pelo fato de não ter sido mantida a vinculação entre os planos de longo, médio e curto prazo no que diz respeito a definição dos pacotes de trabalho. Os pacotes definidos no plano de longo prazo tinham a sua descrição redefinida quando levados para o plano de médio e curto prazo.

Diante deste fato, optou-se pela redefinição da descrição dos pacotes de trabalho para efeito do estudo. Para se adotar um critério de análise único se fez a redefinição dos pacotes de trabalho apresentados no plano de curto prazo de acordo com o zoneamento estabelecido no plano de longo prazo, ou seja, por pavimento e por unidade residencial, adotando-se os requisitos referentes à definição de pacotes de trabalho apresentados por Ballard e Howell (1997). Estes requisitos são quanto a definição, o tamanho, a seqüência, a disponibilidade, o aprendizado e a confiabilidade. Com esta consideração buscou-se tornar mais clara a percepção quanto ao processamento dos pacotes de trabalho no decorrer das semanas em estudo.

A partir desta redefinição dos pacotes de trabalho, buscou-se restabelecer a vinculação entre os planos de longo, médio e curto prazo. Desta forma, entendeu-se que seria possível identificar o surgimento de inventários de forma mais clara. Com esta redefinição dos pacotes, entendeu-se ser possível o cálculo do inventário a partir da aplicação da equação 1. Esta

fórmula propõe o cálculo do inventário como sendo o número de pacotes de trabalho da semana, somados com o número de pacotes da semana anterior que não tenham sido concluídos e mais o número de pacotes do plano de médio prazo que tenham tido as restrições de mão-de-obra removidas.

**Inventário de uma equipe de produção** = nº de pacotes da semana da equipe + nº de pacotes da semana anterior que não foram executados plenamente + nº de pacotes das semanas do plano de médio prazo cujas restrições tenham sido removidas, excetuando as de mão-de-obra. (equação 1)

Diante desta nova ótica de análise e utilizando a equação 1 foi feita uma reavaliação dos pacotes propostos para a semana 32 e posteriormente efetuou-se o cálculo do inventário. No processo estrutura a descrição dos pacotes ficou como está apresentado na figura 4.14.

Empreiteiro de Estrutura	SEMANA 32	
Pacotes da Semana Anterior	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar a ferragem na forma da viga do muro de divisa.</li> <li>2. Montagem da forma p/ viga do muro da divisa</li> </ol>
Pacotes da Semana	8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concretagem da laje do 13º Pav.</li> <li>2. Montagem da ferragem pilares da laje de cobertura</li> <li>3. Montagem da forma p/ pilares da laje de cobertura</li> <li>4. Grautear os vãos no patamar da escada.</li> <li>5. Grautear os vãos no patamar da 2º Pav.</li> <li>6. Grautear os vãos no patamar do 3º Pav.</li> <li>7. Grautear os vãos no patamar do 4º Pav.</li> <li>8. Grautear os vãos no patamar do 5º Pav.</li> </ol>
Pacotes do Planejamento de Médio Prazo	2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Confeção da forma p/ laje de cobertura</li> <li>2. Confeção montagem da ferragem p/ laje da cobertura</li> </ol>
Inventário da Equipe	12	

Figura 4.14 – Pacotes de trabalho previstos na Semana 32 – processo estrutura

Em função disto houve a possibilidade de uma definição do número dos pacotes planejados, e por conseqüência, uma possibilidade mais clara para a definição dos inventários. Neste sentido, o processo estrutura tinha previsto para a semana 32, 02 pacotes remanescentes das semanas anteriores e 08 pacotes da semana planejada. No entanto, há que se considerar os pacotes provenientes no planejamento de médio prazo e que não foram contemplados no planejamento de curto prazo.

Esta consideração se faz pertinente mesmo que o motivo para que estes pacotes não tenham sido incluídos possa ter sido a falta da remoção das restrições para execução dos mesmos. Assim há que se considerar mais 02 pacotes do planejamento de médio prazo e, portanto, o inventário, para a semana 32, totaliza 12 pacotes de trabalho para este processo.

O processo alvenaria, por sua vez, tinha previsto um total de 30 pacotes, dos quais 14 eram remanescentes das semanas anteriores, 10 eram da semana em plano e 06 do plano de médio prazo. As planilhas com a identificação dos pacotes de trabalho referentes ao processo alvenaria e os processos de instalações estão apresentados nos anexo D.

Já o processo de instalações elétricas e hidrosanitárias possuía previsto um total de 18 pacotes de trabalho sendo 04 da semana anterior, 13 da semana em plano e 01 do plano de médio prazo.

Como pode se averiguar na figura 4.15, o inventário referente à semana 33 do processo estrutura ficou constituído dos pacotes da semana anterior, e cabe observar que o número de

<b>Empreiteiro de Estrutura</b>	<b>SEMANA 33</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar a ferragem na forma da viga do muro de divisa.</li> <li>2. Montagem da forma p/ viga do muro da divisa</li> <li>3. Grautear os vãos no patamar da escada</li> <li>4. Grautear os vãos no patamar da 2º Pav.</li> <li>5. Grautear os vãos no patamar do 3º Pav.</li> <li>6. Grautear os vãos no patamar do 4º Pav.</li> <li>7. Grautear os vãos no patamar do 5º Pav.</li> <li>8. Grautear os vãos no patamar da 6º Pav.</li> </ol>
<b>Pacotes da Semana Anterior</b>	<b>8</b>	
<b>Pacotes da Semana</b>	<b>4</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concretagem dos pilares do 13º Pav.a cobertura</li> <li>2. Montagem da ferragem p/ viga e laje de cobertura</li> <li>3. Montagem da forma p/ vigas e laje da cobertura</li> <li>4. Concretagem da laje de cobertura</li> </ol>
<b>Pacotes do Planejamento de Médio Prazo</b>	<b>2</b>	
<b>Inventário da Equipe</b>	<b>14</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Confecção da forma p/ laje da casa de máquinas</li> <li>2. Confecção montagem da ferragem p/ laje da cobertura da casa de máquinas</li> </ol>

Figura 4.15 – Pacotes de trabalho previstos na Semana 33 – processo estrutura

pacotes é significativo, além dos pacotes da semana em curso, em número de 4 e os pacotes do plano de médio prazo em número de 2 pacotes de trabalho. Efetuando a soma de todos os pacotes de trabalho concluímos que o inventário na semana 33, do processo estrutura, foi de 14.

Na semana 34, conforme esta apresentado na figura 4.16, o processo estrutura apresentou 8 (oito) pacotes remanescentes dos 12 (doze) identificados no inventário da semana anterior e foram programados mais 10 (dez) pacotes de trabalho no nível do curto prazo. Já o plano de médio prazo previa para execução mais 3 (três) pacotes de trabalho. Diante destes dados o inventário para o processo estrutura foi de 21 (vinte e um) pacotes.

O processo alvenaria recebeu 18 (dezoito) pacotes de trabalho da semana 33 e aglutinou mais 2 (dois) pacotes de trabalho referentes a semana 34. No plano de médio prazo estavam previstos 6 (seis) pacotes de trabalho. De tal maneira que o inventário do processo alvenaria que na semana 34 ficou em 26 (vinte e seis) pacotes.

Empreiteiro de Estrutura	SEMANA 34	
Pacotes da Semana Anterior	8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar a ferragem na forma da viga do muro de divisa.</li> <li>2. Concretagem da laje de cobertura</li> <li>3. Grautear os vãos no patamar da escada</li> <li>4. Grautear os vãos no patamar da 2º Pav.</li> <li>5. Grautear os vãos no patamar do 3º Pav.</li> <li>6. Grautear os vãos no patamar do 4º Pav.</li> <li>7. Grautear os vãos no patamar do 5º Pav.</li> <li>8. Grautear os vãos no patamar da 6º Pav.</li> </ol>
Pacotes da Semana	10	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concretagem dos pilares do 13º Pav. a cobertura</li> <li>2. Montagem da ferragem p/ pilares da cobertura a casa de máquinas</li> <li>3. Montagem da forma p/ pilares da cobertura a casa de máquinas</li> <li>4. Assoalhar a laje da casa de máquinas</li> <li>5. Grautear as falhas de concretagem na escada do 2º Pav.</li> <li>6. Grautear as falhas de concretagem na escada do 3º Pav.</li> <li>7. Grautear as falhas de concretagem na escada do 4º Pav.</li> <li>8. Grautear as falhas de concretagem na escada do 5º Pav.</li> <li>9. Grautear as falhas de concretagem na escada do 6º Pav.</li> <li>10. Grautear as falhas de concretagem nos pilares do 12º Pav.</li> </ol>
Pacotes do Planejamento de Médio Prazo	3	
Inventário da Equipe	21	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Confecção da forma p/ laje da casa de máquinas</li> <li>2. Confecção montagem da ferragem p/ laje da cobertura da casa de máquinas</li> <li>3. Concretagem da laje de cobertura</li> </ol>

Figura 4.16 - Pacotes de trabalho previstos na Semana 34 – processo estrutura

Os processos instalações elétricas e hidrosanitárias apresentaram 10 (dez) pacotes remanescentes da semana 33, que somados aos 2 (dois) novos pacotes de trabalho previstos no plano de curto prazo da semana em curso e aos 6 (seis) pacotes inicialmente previstos no plano de médio prazo perfizeram um inventário de 18 (dezoito) pacotes.

Os dados destas três semanas estudadas sinalizam uma tendência de crescimento dos inventários. O processo estrutura teve um crescimento de 50 % em relação a semana 33. O processo alvenaria, por sua vez, manteve inalterado o seu nível de inventário apesar de ter apresentado um número bastante significativo de pacotes remanescentes da semana 33. O

processo de instalações elétricas e hidrosanitárias teve uma diminuição no seu nível de inventário em relação a semana 33, mas manteve o número de pacotes apresentados na semana 32.

Na semana 35 o estudo do processo estrutura está mostrado na figura 4.17. Da semana 34 ficaram remanescentes 13 pacotes. E para o processo estrutura, nesta semana, estavam programados mais 4 pacotes no nível do curto prazo e mais 3 pacotes do plano de médio prazo, totalizando um inventário de 20 pacotes de trabalho.

Empreiteiro de Estrutura	SEMANA 35	
Pacotes da Semana Anterior	13	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Montar a forma para a laje da casa de máquinas</li> <li>2. Grautear os vãos no patamar da escada</li> <li>3. Grautear os vãos no patamar da 2º Pav.</li> <li>4. Grautear os vãos no patamar do 3º Pav.</li> <li>5. Grautear os vãos no patamar do 4º Pav.</li> <li>6. Grautear os vãos no patamar do 5º Pav.</li> <li>7. Grautear os vãos no patamar da 6º Pav.</li> <li>8. Grautear as falhas de concretagem na escada do 2º Pav.</li> <li>9. Grautear as falhas de concretagem na escada do 3º Pav.</li> <li>10. Grautear as falhas de concretagem na escada do 4º Pav.</li> <li>11. Grautear as falhas de concretagem na escada do 5º Pav.</li> <li>12. Grautear as falhas de concretagem na escada do 6º Pav.</li> <li>13. Grautear as falhas de concretagem nos pilares do 12º Pav.</li> </ol>
Pacotes da Semana	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concretar a 1ª Parte dos pilares da cobertura a casa de máquinas</li> <li>2. Quebrar o concreto estufado nas vigas do 3º Pav.</li> <li>3. Quebrar o concreto estufado nas vigas do 4º Pav.</li> <li>4. Concretar a viga do muro da divisa ( c/ sobra de concreto)</li> </ol>
Pacotes do Planejamento de Médio Prazo	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Confeção da forma p/ laje da casa de máquinas</li> <li>2. Confeção montagem da ferragem p/ laje da cobertura da casa de máquinas</li> <li>3. Concretagem da laje de cobertura</li> </ol>
Inventário da Equipe	20	

Figura 4.17 - Pacotes de trabalho previstos na Semana 35 – processo estrutura

Relativo ao processo estrutura, observou-se que na semana 35 o número total de pacotes de trabalho passou para 20 (vinte) pacotes, já na semana 34 este número foi de 21 (vinte e um) pacotes de trabalho. Este fato denota uma diminuição no inventário total, no entanto, chama a atenção o aumento do número de pacotes oriundos da semana anterior. Na semana 34 este número foi de 8 (oito) pacotes, enquanto que na semana 35 este número foi de 13 (treze) pacotes.

O processo alvenaria apresentou apenas 5 (cinco) pacotes remanescentes da semana 34. a programação da semana 35 estabeleceu 15 (quinze) pacotes no nível do curto prazo e 6 (seis) pacotes no nível do médio prazo. Isso totalizou um inventário de 26 (vinte e seis) pacotes para a semana 35. Observou-se que houve uma redução significativa no número de pacotes

remanescentes. No entanto, tendo em vista a programação dos pacotes de trabalho ter sido feita de forma diferente do que previa o planejamento de longo prazo, houve a necessidade de serem programados um maior número de pacotes para o planejamento de curto prazo da semana em curso. Logo, apesar da equipe ter tido uma produtividade excepcional na semana 34 e ter reduzido o inventário remanescente para semana 35, a mudança da estratégia prevista no plano de longo prazo não provocou alteração no inventário final da semana 35.

O processo de instalações elétricas e hidrosanitárias apresentou 7 (sete) pacotes remanescentes. Contou com 4 (quatro) pacotes programados no curto prazo e 6 (seis) pacotes previstos no plano de médio prazo. Este processo totalizou 17 (dezessete) pacotes de trabalho como inventário na semana 35. Neste contexto, observou-se a interdependência do processo instalações com o processo de alvenaria, pois o comportamento da variação do inventário semanal foi semelhante ao do processo alvenaria. A variação no processo alvenaria foi nula e no processo de instalações elétricas e hidrosanitária foi de 1(um) pacote de trabalho.

O processo estrutura na semana 36, conforme pode ser verificado na figura 4.18, apresentou um total de 15 (quinze) pacotes remanescentes da semana 35. Estes pacotes de trabalho somados aos 2 (dois) pacotes do planejamento de curto prazo e aos 4 (quatro) pacotes do planejamento de médio prazo perfazem um inventário de 21 (vinte e um) pacotes de trabalho.

Empreiteiro de Estrutura	SEMANA 36	
Pacotes da Semana Anterior	15	1. Concretar a viga do muro da divisa ( c/ sobra de concreto) 2. Grautear os vãos no patamar da escada 3. Grautear os vãos no patamar da 2º Pav. 4. Grautear os vãos no patamar do 3º Pav. 5. Grautear os vãos no patamar do 4º Pav. 6. Grautear os vãos no patamar do 5º Pav. 7. Grautear os vãos no patamar da 6º Pav. 8. Grautear as falhas de concretagem na escada do 2º Pav. 9. Grautear as falhas de concretagem na escada do 3º Pav. 10. Grautear as falhas de concretagem na escada do 4º Pav. 11. Grautear as falhas de concretagem na escada do 5º Pav. 12. Grautear as falhas de concretagem na escada do 6º Pav. 13. Grautear as falhas de concretagem nos pilares do 12º Pav. 14. Quebrar o concreto estufado nas vigas do 3º Pav. 15. Quebrar o concreto estufado nas vigas do 4º Pav.
Pacotes da Semana	2	
Pacotes do Planejamento de Médio Prazo	4	1. Concretar a laje de cobertura da casa de máquinas 2. Concretar os pilares da casa de máquinas a cobertura do reservatório
Inventário da Equipe	21	1. Confeção da forma p/ pilares/ laje reservatório 2. Confeção / montagem da ferragem p/ laje do reservatório 3. Concretagem da laje da casa de máquinas 4. Limpar formas e painéis da supraestrutura

Figura 4.18 - Pacotes de trabalho previstos na Semana 36 – processo estrutura

A percepção obtida a partir da avaliação comparativa dos gráficos de serviços previstos e executados parecia estar confirmada diante destes dados. Observou-se que dos 20 (vinte) pacotes de trabalho apresentados no inventário da semana 35, apenas 5 (cinco) pacotes haviam sido executados integralmente.

Outra constatação foi no sentido de que apesar do número de pacotes identificado no inventário semanal ter se mantido praticamente inalterado, a repetição dos pacotes no decorrer das semanas identifica a baixa eficiência da equipe.

O processo alvenaria apresentou comportamento semelhante ao processo estrutura, pois dos 26 (vinte e seis) pacotes que faziam parte do inventário da semana 35 ficaram 15 (quinze) pacotes remanescentes.

Na semana 36 o planejamento de curto prazo previa 5 (cinco) pacotes, enquanto o planejamento de médio prazo apresentava 8 (oito) pacotes de trabalho para estarem sendo executados. Por tanto, o inventário desta semana para este processo foi de 28 (vinte e oito) pacotes.

O processo de instalações elétricas e hidrosanitárias na semana 36 apresentou 05 (cinco) pacotes remanescentes dos 17 (dezessete) pacotes da semana 35. Para o planejamento de curto prazo desta semana estavam previstos 9 (nove) pacotes e pelo planejamento de médio prazo havia previsto 6 (seis) pacotes de trabalho, totalizando um inventário de 20 (vinte) pacotes para esta semana. Diferentemente do processo estrutura observou-se que houve um baixo número de pacotes remanescentes; no entanto, no planejamento de curto e médio prazo foi agregado um maior número de pacotes. Isto possivelmente aconteceu em função da eficiência apresentada pela equipe na semana anterior.

A análise dos inventários da semana 37, apresentada na figura 4.19, mostra que o processo estrutura apresentou para esta semana 15 (quinze) pacotes remanescentes da semana 36.

Além destes, foram programados mais 5 (cinco) pacotes ao nível do planejamento de curto prazo e mais 3 (três) pacotes no nível do planejamento de médio prazo. Logo, o inventário para a semana 37 foi de 23 (vinte e três) pacotes de trabalho, como se pode verificar na figura 4.6. Observou-se, novamente, que a maior parcela de pacotes do inventário são de pacotes remanescentes das semanas anteriores.

O processo alvenaria manteve 16 (dezesseis) pacotes da semana 36 para a semana 37, e agregou mais 5 (cinco) pacotes do plano de curto prazo e mais 6 (seis) pacotes do plano de médio prazo. Assim o total do inventário deste processo para a semana 37 foi de 27 (vinte e sete) pacotes de trabalho.

Empreiteiro de Estrutura	SEMANA 37
Pacotes da Semana Anterior	15
Pacotes da Semana	5
Pacotes do Planejamento de Médio Prazo	4
Inventário da Equipe	24

1. Concretar os pilares da casa de máq. a cobertura do reserv
2. Grautear os vãos no patamar da escada
3. Grautear os vãos no patamar da 2º Pav.
4. Grautear os vãos no patamar do 3º Pav.
5. Grautear os vãos no patamar do 4º Pav.
6. Grautear os vãos no patamar do 5º Pav.
7. Grautear os vãos no patamar da 6º Pav.
8. Grautear as falhas de concretagem na escada do 2º Pav.
9. Grautear as falhas de concretagem na escada do 3º Pav.
10. Grautear as falhas de concretagem na escada do 4º Pav.
11. Grautear as falhas de concretagem na escada do 5º Pav.
12. Grautear as falhas de concretagem na escada do 6º Pav.
13. Grautear as falhas de concretagem nos pilares do 12º Pav.
14. Quebrar o concreto estufado nas vigas do 3º Pav.
15. Quebrar o concreto estufado nas vigas do 4º Pav.

1. Concretar a laje de cobertura do reservatório
2. Desformar a laje da casa de máquinas
3. Concretar a viga do pórtico de entrada no térreo
4. Montar a forma p/ viga de concreto do portico de entrada do térreo
5. Limpar, separar e baixar o material, escoras e formas de madeira.

1. Confecção da forma p/ pilares/ laje reservatório
2. Confecção / montagem da ferragem p/ laje do reservatório
3. Concretagem da laje da casa de máquinas
4. Limpar formas e painéis da supraestrutura

Figura 4.19 - Pacotes de trabalho previstos na Semana 37 – processo estrutura

O processo instalações elétricas e hidrosanitárias teve 9 (nove) pacotes remanescentes da semana 36, que somados aos 3 (três) pacotes do plano de curto prazo e aos 6 (seis) pacotes do plano de médio prazo, perfazem um inventário de 18 (dezoito) pacotes de trabalho.

Uma vez analisados os fatores que provocaram o descompasso entre planejado e executado, buscou-se identificar a caracterização e o comportamento dos inventários, já que um dos fatores que determina a existência de um gargalo de produção é a formação de inventários durante o processamento.

## 4.3 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

### 4.3.1 Planejamento de longo prazo

A partir da análise dos dados obtidos no decorrer das 7 (sete) semanas do estudo pode-se verificar alguns aspectos quanto à definição dos inventários e, por conseqüência, a identificação dos gargalos.

Primeiramente, analisou-se o comportamento entre o planejado e o executado, adotando o processo estrutura como foco da análise. Pode-se observar na figura 4.20 de que maneira esta defasagem ocorreu durante o período do estudo.

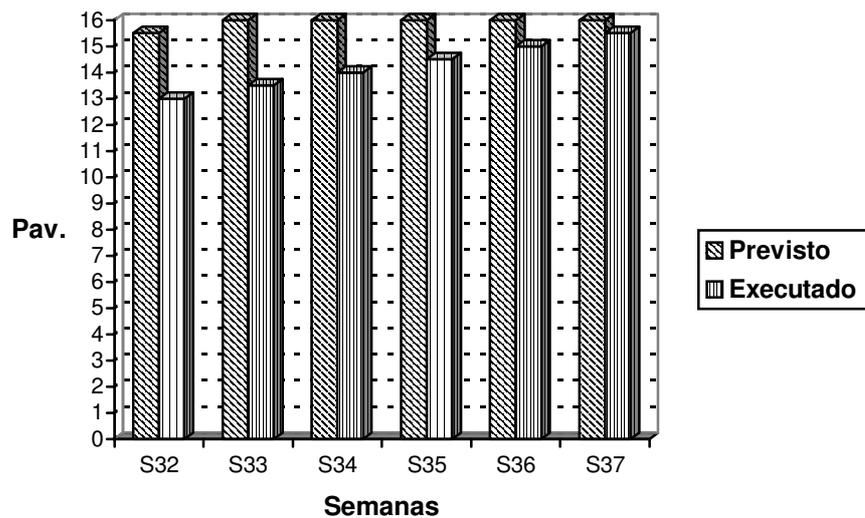


Figura 4.20 - Planejado x Executado - processo estrutura

Os dados apresentados acima identificam uma distorção entre o planejamento de longo prazo e o planejamento de curto prazo. Em avaliação realizada após a conclusão do estudo de campo se identificou que alguns aspectos foram determinantes para que ocorressem estas distorções. Primeiramente, verificou-se uma falta de vinculação entre os níveis de planejamento, de longo, médio e curto prazo. Este fato ficou claro na medida que, fazendo a análise do planejamento de médio prazo das semanas 34 até a semana 36, verificou-se a forte vinculação entre o planejamento de curto e médio prazo, independente da divergência com o

planejamento de longo prazo. Este fato deve-se a uma tentativa de adequação prática no sentido de restabelecer os prazos propostos no plano de longo prazo. No entanto, esta abstração deixa de considerar fatores já analisados no planejamento de longo prazo e, portanto, tende a aumentar a incerteza no desenvolvimento dos processos.

Outro aspecto que chamou a atenção foi a visualização clara do efeito de interdependência dos processos. Durante o decorrer das semanas de estudo observou-se que as equipes de elétrica e hidráulica adaptavam-se ao ritmo imposto pelo processo alvenaria. Desse modo, não seria possível para o processo de instalações elétricas e hidráulicas reduzir o seu inventário, mesmo que este processo estivesse apresentando capacidade ociosa. Uma observação adicional refere-se ao fato de que no decorrer da evolução do gerenciamento e da execução da obra, sentiu-se a necessidade de uma definição mais pormenorizada das zonas de execução dos pacotes, ou seja, houve necessidade de uma fragmentação das zonas inicialmente estabelecidas.

Outra questão analisada, e que está ilustrada na figura 4.21, é a relação entre as variações de evolução dos três principais processos analisados.

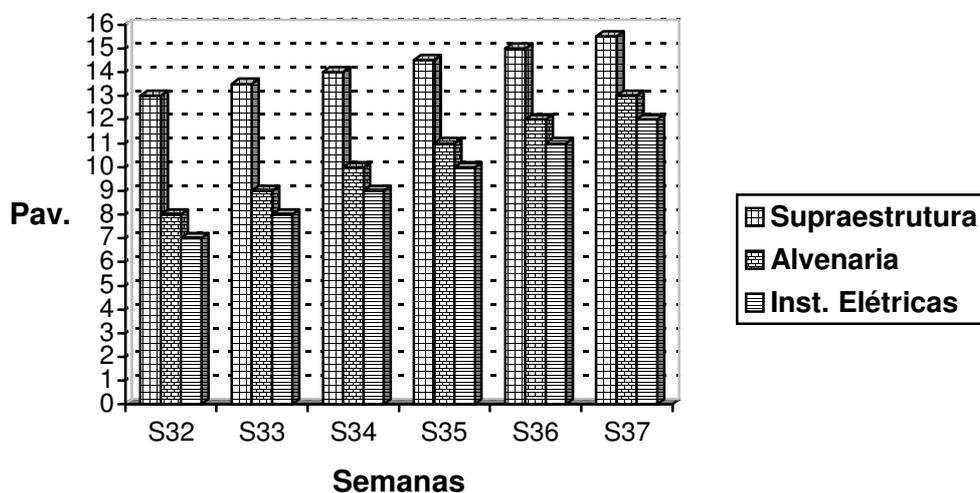


Figura 4.21- Comparativo de desenvolvimento dos processos

Enquanto o processo estrutura evoluiu do 13º nível até os pilares intermediários dos 15º e 16º nível, o processo alvenaria evoluiu do 8º ao 13º nível. Já o processo de instalações por ser um processo interdependente da alvenaria teve um comportamento semelhante ao processo

precedente. Neste contexto, é importante considerar que estes processos não estavam ocorrendo somente nestes pavimentos registrados no gráfico da figura 4.21, e sim aconteciam também nos pavimentos inferiores.

Igualmente, pode-se verificar na análise das especificações dos pacotes que os inventários surgidos das semanas anteriores estavam sendo incorporados aos pacotes da semana. Neste sentido, é sugerido que se mantenham os pacotes com a descrição original da semana em que foram programados, pois se um pacote remanescente for incorporado a um pacote de trabalho da semana em curso a avaliação do planejamento proposto fica prejudicada e pode haver inclusive a distorção nos indicadores de percentual de pacotes concluídos (PPC).

#### **4.3.2 Relação entre Inventários e Percentual de Pacotes Concluídos ( PPC )**

No que diz respeito a relação entre o percentual de pacotes concluído (PPC) e o comportamento dos inventários, se fez uma análise da variação do PPC durante o estudo, a fim de se verificar alguma correlação entre este índice e o surgimento de inventários. Analisando o gráfico de PPC, apresentado na figura 4.22, podemos observar que o indicador médio no período do estudo ficou em 50% e o coeficiente de variação em 22,23%. Este percentual fica abaixo da média preconizada por Bernardes (2001) como um valor médio aceitável, que seria de em torno de 85%. Comparativamente com os gráficos de serviços planejados e serviços executados pode-se verificar que há uma correlação entre a queda do índice de PPC com o surgimento de inventários. Por conseqüência, o índice médio de PPC baixo pode acarretar um indicativo de atraso no prazo de obra.

Para explicar melhor o porquê de um PPC médio insatisfatório, procurou-se analisar outras evidências obtidas nos planos de curto prazo elaborados. Verificou-se que a empresa pareceu ter certa dificuldade na identificação e remoção de restrições que poderiam causar interrupções nas metas dos planos de curto prazo. Isso pode ser explicado pelo fato de se observar que, nas reuniões semanais para avaliação do PPC, alguns pacotes não foram cumpridos em função de apresentarem restrições por serem removidas. Analisando os dados de controle do período estudado, verificaram-se os principais problemas causadores da queda do índice de PPC e por conseqüência possíveis motivos da impossibilidade da execução dos pacotes de trabalho programados.

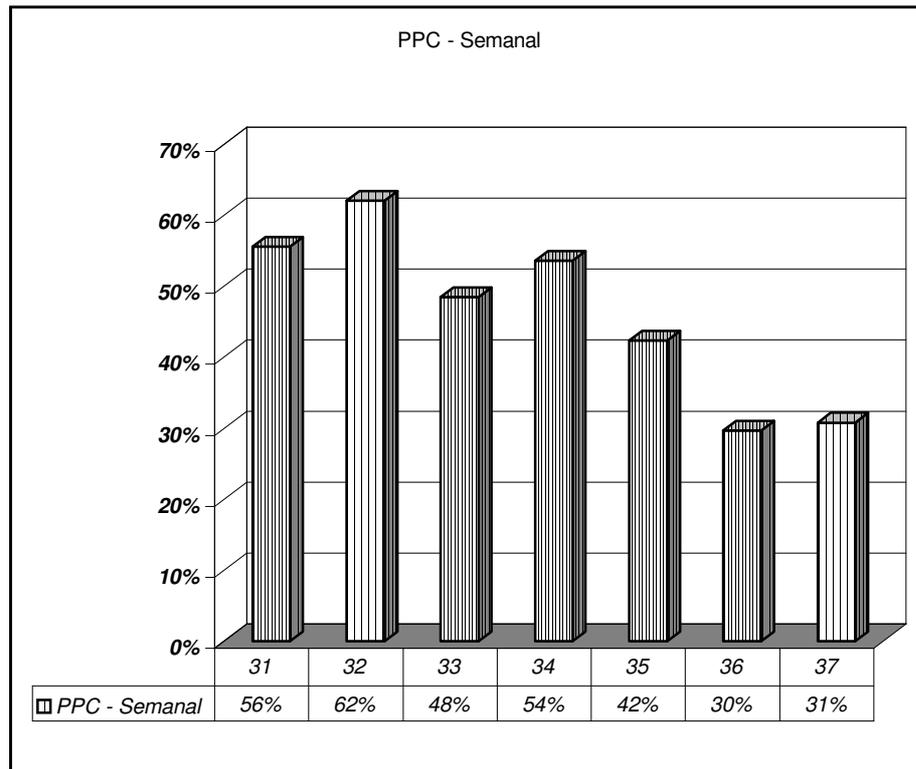


Figura 4.22 - Evolução do PPC durante o período do estudo

Na análise dos dados fornecidos pela empresa, observaram-se quais os problemas que tiveram maior número de ocorrências durante todo período de execução da obra: em primeiro lugar, com 33 (trinta e três) ocorrências, surgiu o problema da superestimação da produtividade. Em segundo lugar, a falta de programação da mão-de-obra com 26 (vinte e seis) ocorrências e, em terceiro lugar, as condições adversas do tempo com 15 (quinze) ocorrências.

Em função da análise das evidências apresentadas, admitiu-se que, caso as restrições para a liberação de execução dos pacotes de trabalho tivessem sido removidas no processo de planejamento de médio prazo, o PPC médio poderia ter aumentado. Além disso, com essa ação, é possível que o descompasso existente entre o inventário planejado e o executado poderia ter diminuído com o passar do tempo

Uma vez analisados os fatores que provocaram o descompasso entre planejado e executado, buscou-se identificar a caracterização e o comportamento dos inventários, já que um dos fatores que determina a existência de um gargalo de produção é a formação de inventários durante o processamento.

### 4.3.3 Análise do Comportamento dos Inventários

Baseado nos dados apresentados no item 4.2.3 deste capítulo pode-se definir um comportamento com relação a variação dos inventários para cada um dos processos analisados. O comportamento pode ser expresso pelo figura 4.23.

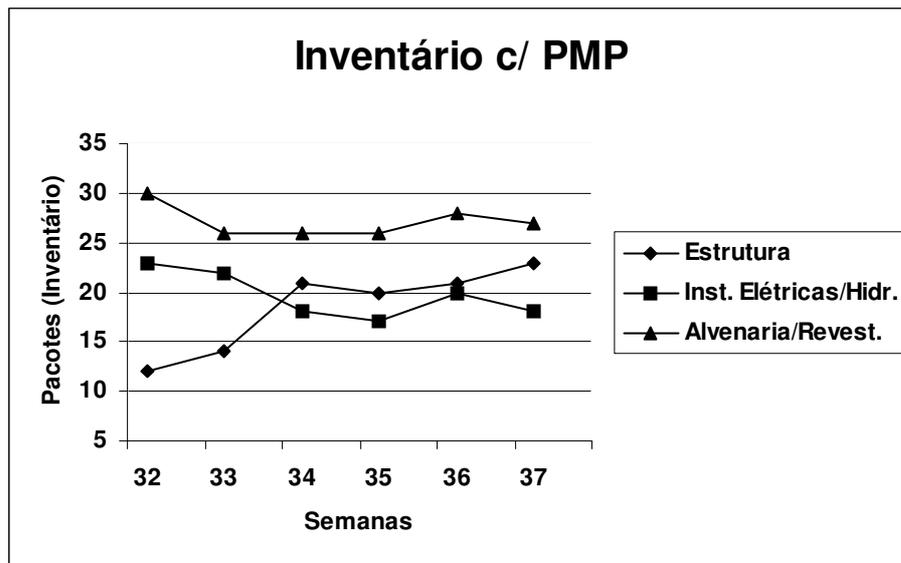


Figura 4.23 - Comportamento dos inventários por processo

Já na figura 4.24, pode-se observar o comportamento do PPC por processo estudado. Primeiramente o que se observou foi o comportamento semelhante das linhas do processo alvenaria e do processo instalações. Isto era esperado em função da grande interdependência destes processos.

Fazendo uma análise entre o comportamento do inventário e o índice de PPC, parece não haver nenhuma relação entre o comportamento relativo aos inventários e o índice de PPC. Uma associação que parece pertinente seria o fato de que um processo que possua um índice de PPC médio baixo gere mais inventário.

No entanto, isto não qualifica de forma conclusiva este processo como um gargalo de produção. Pois há necessidade de se analisar as causas do índice, bem como a relação de precedência deste processo em relação aos demais processos.

Outro aspecto que chamou atenção foi o crescimento do inventário do processo estrutura. Passando de 12 (doze) pacotes de trabalho na semana inicial do estudo para 23 (vinte e três)

pacotes na semana final. Este crescimento acentuado do inventário durante o período do estudo sugere, em um primeiro momento, ser este processo o gargalo de produção de todo sistema produtivo.

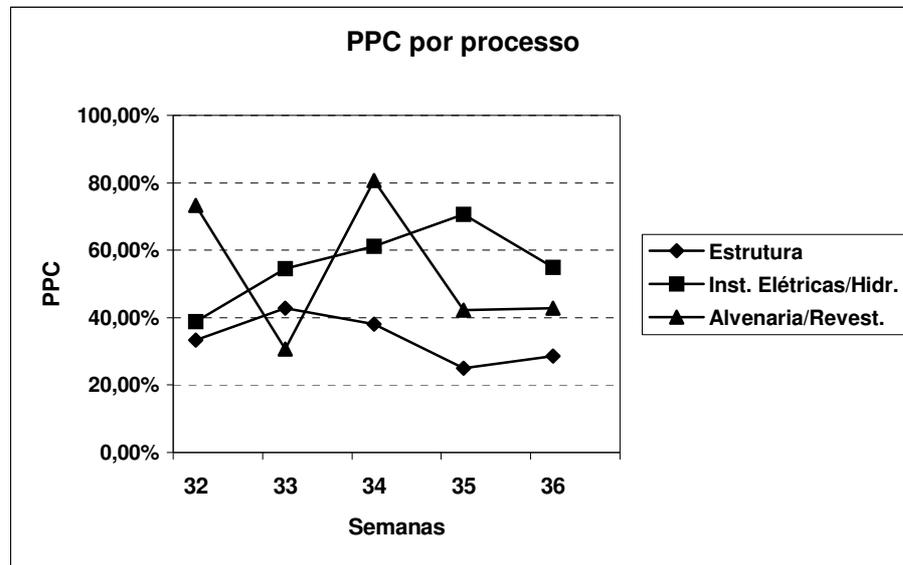


Figura 4.24 - Variação do PPC - processos

Diante desta constatação buscou-se estabelecer maiores evidências a fim de comprovar a veracidade do mesmo. O processo estrutura possuía uma defasagem de 4 (quatro) pavimentos em relação ao processo precedente que seria o salpico. Já em relação ao processo alvenaria a defasagem era de 5 (cinco) pavimentos. Em um primeiro momento, poderia parecer que estas defasagens seriam folgas planejadas, a fim de administrar a incerteza do sistema produtivo. No entanto, o que se observou foi que na realidade os processos precedentes não poderiam evoluir mais rapidamente, se assim se desejasse programar, porque estas defasagens eram na realidade para remover restrições pertinentes ao tempo de cura do concreto, necessário para a boa qualidade da estrutura.

Os efeitos com relação aos ritmos dos processos precedentes, como alvenaria e instalações, não foram sentidos por dois motivos. O primeiro foi que na medida que as semanas transcorriam, novas zonas estavam sendo liberadas por conta da retirada do escoramento. E, portanto, mesmo havendo aumento no inventário do processo estrutura, este não estava se refletindo nos processos precedentes. Em segundo lugar, a alteração da estratégia de ataque do processo alvenaria, pois tendo em vista que esse processo foi desenvolvido em diferentes

pavimentos, o ritmo foi menor do que se tivesse sido seguido o plano e o ritmo proposto no plano de longo prazo.

Em reunião de avaliação com o engenheiro da obra ficou clara a preocupação da gerência da obra no sentido da evolução do processo estrutura em detrimento dos demais processos. Aspectos como remoção de restrições e super estimação de produtividade da mão-de-obra foram fatores observados como preocupantes pela gerência de obra. Inclusive, tendo sido confirmado que houve necessidade de reprogramação das datas de concretagem anteriormente previstas, em função de atrasos na execução de formas e ferragens.

Baseando-se nestas considerações e reafirmando o pressuposto de que a capacidade máxima do processo estava sendo implementada, entende-se que o processo estrutura realmente possa ser identificado como o gargalo de produção do sistema.

## **5 DIRETRIZES PARA IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS**

Diante do aprendizado obtido com a realização do estudo exploratório, definiu-se um conjunto de diretrizes para identificação e controle dos gargalos de produção. As definições destas diretrizes tiveram por base as diretrizes teóricas, apresentadas no capítulo referente ao método de pesquisa, e o estudo de caso, cujos resultados foram apresentados no capítulo anterior.

### **5.1 DEFINIR UM PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**

Esta diretriz determina que, antes da identificação dos gargalos, seja definido um processo de planejamento para a realização da obra. Este processo de planejamento deve contemplar os níveis de longo, médio e curto prazo. A existência deste processo de planejamento formal é importante para a identificação de gargalos de produção. O desenvolvimento de um sistema de planejamento e controle deve atender a um conjunto de preceitos, tais como, a constituição de uma equipe para o desenvolvimento e implementação do processo de planejamento, a proposição de um plano para a implementação do processo de PCP, o estabelecimento de um programa de treinamento do pessoal envolvido, o auxílio aos funcionários no gerenciamento do tempo necessário à implementação do PCP, a identificação de alternativas de participação e de desenvolvimento, a utilização da tecnologia da informação para minimizar o tempo de preparação dos planos, a utilização do sistema de indicadores do PCP para avaliação do processo de implementação, a consideração dos problemas externos na proteção da produção e, finalmente, a análise os dados preliminares (BERNARDES, 2003).

Diante da vivência obtida através da realização do estudo de caso, considerou-se que a falta do processo de planejamento inviabilizaria uma possível identificação dos gargalos de produção, porque sem a determinação clara das tarefas que compõem os diferentes planos hierárquicos (longo, médio e curto prazo), não existem condições para a definição dos pacotes de trabalho. Os pacotes de trabalho são as unidades quantitativas que permitem o cálculo dos inventários e a variação dos inventários possibilita a identificação dos gargalos de produção.

A partir da realização desta pesquisa pode-se considerar que a existência de um planejamento de nível de médio e curto prazos sejam as condições mínimas para o desenvolvimento do processo de identificação dos gargalos de produção em obras de construção civil residenciais.

## 5.2 DEFINIR UM ZONEAMENTO PARA OBRA

Dentro do processo de estabelecimento das condições mínimas de planejamento propostas na diretriz anterior, o estabelecimento de um zoneamento da obra é outro fator de fundamental importância. O que se pôde perceber diante do estudo realizado é que, em geral, de acordo com o transcorrer da obra e a variabilidade da execução dos serviços, as zonas de trabalho são modificadas para que o plano seja ajustado a capacidade das equipes de produção. Desse modo, o zoneamento pode partir de uma unidade básica, como por exemplo, um pavimento tipo, no nível do planejamento de longo prazo ser desmembrado para unidades menores, como um apartamento no nível de médio prazo, ou ainda, o zoneamento para dependências e trechos de paredes no nível do planejamento de curto prazo. É importante que diante da definição dos pacotes de trabalho se tenha uma definição clara em que zona estes pacotes de trabalho deverão acontecer. Um bom zoneamento da obra facilita a definição dos pacotes de trabalho, facilitando a programação dos mesmos por parte do engenheiro de obra. Além disso, melhora a compreensão dos pacotes a serem executados por parte das equipes de trabalho.

## 5.3 DEFINIR OS PROCESSOS A SEREM ACOMPANHADOS

A experiência vivida na realização deste estudo sugere que se faça o acompanhamento de todos os processos produtivos em andamento de tal maneira que serão levantados todos os pacotes de trabalho programados no planejamento da obra. No entanto, não sendo possível esta condição, pode-se fazer a escolha de um ou mais processos e se definir os pacotes de trabalho para os processos escolhidos. A escolha dos processos pode ser estabelecida a partir de alguns critérios.

Um destes critérios seria a escolha dos processos que tivessem a maior quantidade de recursos envolvidos, pois se este processo fosse identificado como um gargalo, é possível que houvesse grande impacto nos custos e nos prazos. Processos produtivos como estrutura,

alvenaria ou revestimento são processos produtivos que, invariavelmente em obras de pavimentos repetitivos, envolvem grandes quantidades de insumos, sejam materiais, mão-de-obra ou equipamentos. Portanto, atrasos no desenvolvimento destes processos geram adicionais de custo como, por exemplo, maior tempo de alocação de estoques ou maior tempo de mobilização de equipamentos.

Outro critério que pode ser utilizado para escolher o processo objeto de estudo está relacionado à interdependência dos processos. A partir das relações de precedência e antecedência se estabelece o caminho crítico do sistema produtivo e os processos que estejam no caminho crítico são importantes de serem acompanhados quanto ao desenvolvimento do seu inventário. Pois uma vez que estes processos sejam identificados como gargalos de produção ganharão dupla importância, já que além da prioridade de processamento, estes processos produtivos deverão ter capacidade produtiva para atenderem os requisitos de prazo do sistema produtivo.

Alguns processos podem possuir restrições quanto ao seu desenvolvimento, mesmo que não sejam críticos. Contudo, se possuírem algum tipo de restrição pode se tornar um gargalo do sistema produtivo. O acompanhamento do inventário deste processo pode ser interessante na identificação dos gargalos de produção.

#### 5.4 DEFINIR OS PACOTES DE TRABALHO

A partir da definição do zoneamento da obra e dos processos a serem estudados, a terceira diretriz sugere a definição dos pacotes de trabalho. Como já se referenciou na primeira diretriz, a definição dos pacotes de trabalho possibilita a quantificação dos inventários. Neste sentido, é importante se atentar para os critérios de definição dos pacotes de trabalho sugeridos por Ballard e Howell (1997 a). Estes critérios são relativos à descrição dos pacotes, à disponibilidade dos recursos, ao seqüenciamento dos processos, ao tamanho dos pacotes e quanto à consideração do fator aprendizagem. Tais critérios encontram-se comentados de forma mais detalhada no item 2.3,2.1 deste trabalho.

## 5.5 CONTROLAR OS PACOTES DE TRABALHO

Como já foi apresentado no capítulo 2, referente a base teórica, Goldratt (2002) coloca que existem duas condições básicas para um processo ser um gargalo. A primeira é que o processo apresente o surgimento de inventários e a segunda é que o processo esteja trabalhando com a sua máxima capacidade de processamento. Por concepção desta pesquisa, no que se refere à análise feita no estudo de caso, considerou-se que todos os processos estavam trabalhando no máximo de sua capacidade produtiva. As razões foram expostas no capítulo de introdução, item 1.1.3. Baseado nesta premissa, o próximo passo é a identificação de inventários.

A identificação de inventários no sistema fabril está relacionada ao número de peças ou lotes de peças, que deixam de ser processados dentro do prazo proposto pelo processo de planejamento. Para que se pudesse estabelecer uma analogia com o setor fabril adotou-se o critério de que os pacotes de trabalho equivaleriam as peças do setor fabril. Portanto, a identificação de inventários no processo de planejamento da construção civil passaria pela identificação do número de pacotes de trabalho que deixam de ser processados dentro do prazo determinado pelo processo de planejamento.

Diante disto, esta diretriz propõe o controle dos pacotes de trabalho, a fim de se identificarem os processos que podem ser classificados como gargalos do sistema produtivo. O controle está em identificar o número de pacotes de trabalho que são propostos para realização pelo processo de planejamento e o número de pacotes que são, efetivamente, executados.

Esta identificação passa pela análise dos planos de médio e curto prazo. A análise deve ser feita semanalmente e deve ser relacionada à semana anterior. Inicialmente, são computados os pacotes de trabalho que estavam programados nos planos de médio e curto prazo.

Em um segundo momento, são considerados os pacotes de trabalho que foram programados no nível do plano de médio prazo, mas não tiveram as restrições removidas e, portanto, não foram repassados para o plano de curto prazo. Em seguida, se contabilizam os pacotes que apesar de constarem no plano de curto prazo não foram executados. A fim de facilitar a tabulação destes dados sugere-se a organização de uma planilha com o leiaute exposto na figura 5.1. Nesta planilha, inicialmente, se faz a identificação da obra e da semana objeto do levantamento. Logo em seguida, na primeira coluna, é registrado o processo que está sendo levantado.

Planilha de Levantamento de Pacotes de Trabalho						
Obra : Edifício Fectício			Data : 22/10/2004			
Endereço :			Semana : 37 - 15/11/2004 a 21/11/2004			
Processo ou Serviço (1)	Planejado (2)			Executado (3)		
	Plano de Médio Prazo	Plano de Curto Prazo	TOTAL	Plano de Médio Prazo	Plano de Curto Prazo	TOTAL
Alvenaria	01	02	03	01	01	02
Estrutura	04	01	05	01	02	03

Número de pacotes de trabalho do plano de médio prazo - Planejado	Número de pacotes de trabalho do plano de médio prazo - Planejado	Total dos pacotes de trabalho - Planejado	Número de pacotes de trabalho do plano de médio prazo - Executado	Número de pacotes de trabalho do plano de médio prazo - Executado	Total dos pacotes de trabalho - Executado
---	---	---	---	---	---

Figura 5.1 – Planilha de levantamento de pacotes de trabalho

Na segunda coluna é registrado o número de pacotes de trabalho previstos nos níveis de planejamento de médio e curto prazo. Na terceira coluna é registrado o número de pacotes de trabalho remanescentes dos planos de médio e curto prazo. Por pacotes de trabalho remanescentes entendem-se os pacotes que não foram realizados durante a semana planejada.

## 5.6 CALCULAR O INVENTÁRIO

Uma vez contabilizados os pacotes de trabalho relativos a cada processo e referentes a semana planejada, cria-se a condição para o cálculo do inventário das equipes de produção. Este cálculo busca identificar o comportamento relativo dos inventários de cada processo. A caracterização da existência dos inventários ocorrerá pelo descompasso existente entre o que foi planejado e o que de fato foi executado. Esta condição provoca um acúmulo de inventário de uma semana para a seguinte. A continuidade deste comportamento de crescimento do inventário identifica um possível processo gargalo.

O cálculo do inventário foi proposto no item 4.2.3 é mais uma vez apresentado na equação 1. Esta equação propõe o cálculo do inventário ( I ) através da soma do número de pacotes de trabalho da equipe na semana planejada (P), com o número de pacotes de trabalho da equipe remanescentes da semana anterior (E) e o número de pacotes de trabalho das semanas do plano de médio prazo cujas restrições tenham sido removidas (M) , excetuando as de mão-de-obra.

$$I = P + E + M$$

(equação 1)

A equação 1 foi proposta ao longo da realização do estudo de caso e teve a sua eficiência comprovada a partir da realização da pesquisa. A partir do cálculo do inventário de cada processo pode-se fazer uma análise da variabilidade destes inventários. Este acompanhamento pode identificar o processo gargalo do sistema produtivo.

A aplicação da equação 1 no decorrer dos períodos semanais do plano de curto prazo pode propiciar a preparação de um gráfico com a configuração apresentada na figura 5.2.

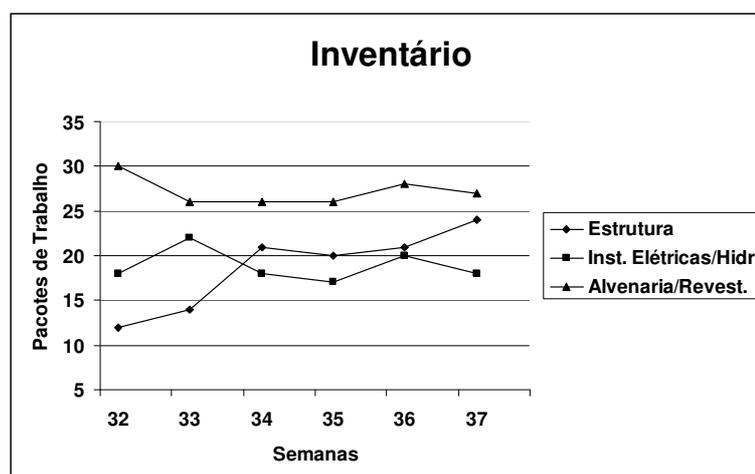


Figura 5.2 – Gráfico de variação dos inventários

## 5.7 IDENTIFICAR OS GARGALOS DE PRODUÇÃO

A identificação dos gargalos de produção é feita a partir da análise dos dados obtidos através da equação 1 e que determinam o gráfico apresentado na figura 5.2. A identificação do processo gargalo está relacionada à uma variação crescente do inventário do decorrer do período de desenvolvimento do processo. Analisando o gráfico, pode-se verificar que o inventário do processo alvenaria manteve-se estável, apenas tendo uma variação de 04 (quatro) pacotes de trabalho entre o máximo e o mínimo dos inventários semanais com pequenas variações no decorrer do período estudado. Este comportamento de relativa

constância na variação do inventário descaracteriza o processo alvenaria como um possível processo gargalo do sistema produtivo.

Concentrando a análise no processo instalações elétricas e hidrosanitárias se pode observar que a variação do inventário obedeceu a um comportamento semelhante ao do processo alvenaria. Esta situação era de certa forma esperada diante da forte relação de precedência dos processos. A variação entre o máximo e o mínimo do inventário deste processo foi de 04 (quatro) pacotes de trabalho. Observe-se que a variação de inventário é, quantitativamente, igual à observada no processo alvenaria. Pela mesma razão apresentada para o processo alvenaria, pode-se concluir que o processo de instalações elétricas e hidrosanitárias não se caracteriza como um processo gargalo dentre os processos estudados.

O processo estrutura apresentou uma variação no seu inventário da ordem de 100%, ou seja, teve o inventário variando de um mínimo de 12 pacotes de trabalho na semana 32, até um máximo de 24 pacotes na semana 37. Observe-se na figura 5.2, que este crescimento aconteceu de maneira constante no decorrer das semanas. Esta variação crescente do inventário identifica o processo estrutura como um processo gargalo do sistema produtivo.

Esta diretriz de identificação do gargalo de produção fica facilitada, se for seguida de forma criteriosa a aplicação das diretrizes anteriores. Acredita-se que quanto mais criteriosa for a aplicação das diretrizes mais caracterizada ficará a identificação do processo gargalo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve sua motivação na busca incessante que o setor da construção civil tem pela melhoria do gerenciamento dos seus sistemas de produção. A busca de formas mais eficientes de atender as exigências do mercado quanto a qualidade, custos e prazos leva a que se busquem novas soluções gerenciais. O estudo das soluções gerenciais preconizadas pela teoria das restrições é um caminho percorrido por alguns pesquisadores. Neste sentido, foi um fator adicional de motivação para o desenvolvimento desta pesquisa a inexistência de trabalhos que relacionem aplicações práticas da teoria das restrições feitas no setor da construção civil.

Dentre uma das principais proposições da teoria das restrições, no sentido de melhorar a eficiência dos sistemas produtivos, está a identificação dos gargalos de produção. Foi com base nesta proposição que se estabeleceu o objetivo principal desta pesquisa, ou seja, estabelecer um conjunto de diretrizes que pudessem identificar os gargalos de produção de obras de construção civil residenciais.

Partiu-se do desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica e documental dos assuntos pertinentes a realização da pesquisa. A partir do método de pesquisa proposto realizou-se a definição do conjunto de diretrizes teóricas, que foram o balizamento para a realização de um estudo de caso que envolveu uma obra em pleno desenvolvimento. A realização do estudo de caso propiciou o aprimoramento das diretrizes inicialmente desenvolvidas.

Na conclusão dos trabalhos de coleta e análise dos dados de campo buscou-se identificar a percepção do engenheiro da obra quanto aos resultados obtidos, onde percebeu-se que houve uma compatibilidade entre as percepções do engenheiro responsável pela obra e as conclusões obtidas no trabalho.

Os resultados obtidos remetem para a conclusão da importância e da viabilidade da identificação dos gargalos de produção a partir da aplicação das diretrizes propostas. Como toda pesquisa do tipo exploratória, esta pesquisa está sujeita a novas comprovações, através da realização de estudos similares.

Como este trabalho teve um caráter exploratório, não esgotou todos os aspectos que podiam ser avaliados. Portanto ficam algumas sugestões para trabalhos futuros:

- testar novas aplicações das diretrizes em obras com perfil similar ou diferente daquele que foi objeto de estudo;
- verificar a aplicação das diretrizes estabelecendo uma forma de mensurar ou controlar a capacidade produtiva dos processos estudados;
- desenvolver proposições que possam levar ao gerenciamento dos gargalos de produção a partir da sua identificação;
- desenvolver sistema computacional que possibilite a rápida identificação e controle de gargalos;
- realizar pesquisa com o intuito de mensurar o custo do gargalo.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T. **Diretrizes para a Gestão dos Fluxos Físicos em Canteiros de Obras: proposta baseada em estudo de Caso.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: improving downstream performance, In: ALARCÓN, L. (Ed.). *Lean Construction*. Rotterdam: Balkema, 1977b. p. 111-125.

BALLARD, G. Improving Work Flow Reliability. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley, CA. **Proceedings....** *Lean Construction*. Berkeley, 1999. p. 275-286.

BALLARD, G. Lookhead Planning: The Missing Link in Production Control. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 5, 1997, Australia, (Ed.). *Lean Construction*. Rotterdam: Balkema, 1977b. p. 111-125.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control.** 2000. Tese de Doutorado – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham.

BALLARD, G; HOWELL, G. Shielding Production: An Essential Step in Production Control. Technical Report No.97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 1997a.

BERNARDES, Mauricio M.e S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção.** 2001. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BERNARDES, Mauricio M.e S. **Método de análise do Processo de Planejamento da Produção de Empresas Construtoras através do Estudo de seu Fluxo de Informação: proposta baseada em Estudo de Caso.** 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BERNARDES, Mauricio M.e S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil.** Rio de Janeiro: LTC, 2003.

BERNARDES, M.M.S. Estado da arte do processo de identificação de Restrições em um Grupo de Empresas de Construção Civil de Porto Alegre. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004. **Anais...** : ENTAC, 2004.

BERNARDES, M.M.S. Proposição de Diretrizes para o Desenvolvimento de Sistemas de Planejamento e Controle da Produção: Pesquisa baseada em Estudo Empírico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004. **Anais... : ENTAC**, 2004.

BERNARDES, M.M.S.; FORMOSO, C.T. Proteção da Produção em Obras de Curto Prazo. White Paper, 1997.

BIRREL, G.S. Construction Planning – Beyond the Critical Path. Journal of the Construction Division. v 106, n. CO3. [S.I.]: ASCE, 1980.

CODINHOTO, R. **Diretrizes para o Planejamento e Controle Integrado dos Processos de Projeto e Produção na Construção Civil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COELHO, H.O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de médio Prazo na Construção Civil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CORRÊA, Henrique L. et alli. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. São Paulo: Atlas, 2000

COX, James F.; SPENCER, Michel S. **The constraints management handbook**. [ S.I.]: St. Lucie/APICS, 1998.

FORMOSO, C. T. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects**. 1991. Tese de Doutorado – Department of Quality and Building Surveying, University of Salford, Salford.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996

GLAUCHE, R.W.; BERNARDES, M.M.S. Diretrizes para Identificação e Controle de Gargalos em Processos de Construção Civil, In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4., Porto Alegre, 2005. **Anais....** Porto Alegre: SIBRAGEC/ENTAC, 2005.

GOLDRATT, Eliyahu M. **Corrente Crítica**. São Paulo: Nobel, 1998.

GOLDRATT, Eliyahu M., COX, Jeff. **A Meta: processo de aprimoramento contínuo**. São Paulo: Educator, 2002.

ISATTO, Eduardo Luis et. Alii. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

KOSKELA,L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Finland: Technical Report-CIFE, 1992.

KOSKELA,L. Lean Construction. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7.,1998.Florianópolis.**Anais...** Florianópolis: ANTAC,1998.

LAUFER,A;TUCKER,R.L. Is Construction Planning Really Doing Its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. Construction Management and Economics, London, United States, n.5, pp. 243-266,1987.

LIMMER,Carl Vincent. **Planejamento, orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1997.

MATTAR,F.N. **Pesquisa em marketing**.. São Paulo: Atlas, 1997.v.1.

MEREDITH, J. R.; SHAFER, S.M. **Administração da Produção para MBAs** .Porto Alegre: Bookman, 2002.

MOURA,Reinaldo A.. **Kanban – A simplicidade do controle da produção**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenamento de Materiais, 1989.

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

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 Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, Aguinaldo et alli. **Métodos de Intervenção para a Redução de Perdas na Construção Civil: Manual de Utilização**. Porto Alegre: SEBRAE/RS,1996.

SANTOS, Roberto Barbosa dos. **Avaliação da aplicação da teoria das restrições no processo de planejamento e controle da produção de obras de edificação**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHRAMM, Fabio Kellermann. **O Projeto do Sistema de produção na gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. 2004.Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SHINGO,Shigeo. **Sistemas de Produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, Kleber da; OLIVEIRA, M.V.S.; OLIVEIRA, R.R. Estudo Sobre Zoneamento e Tipologias de Obras em Práticas de Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 3., 2003. São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: SIBRAGEC, 2003.

SLACK, Nigel et alli. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

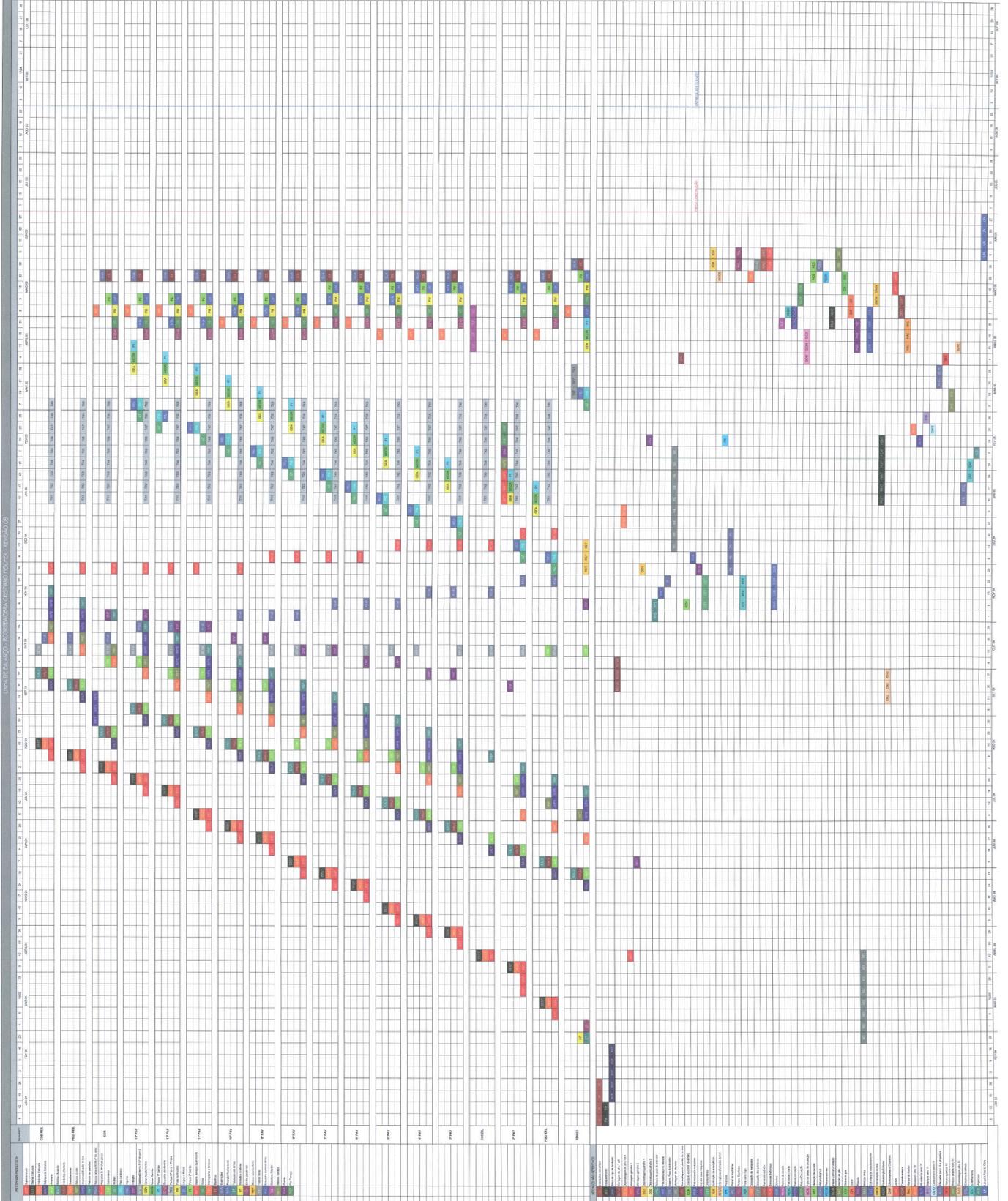
SOARES, A.C. **Diretrizes para a Manutenção e o Aperfeiçoamento do Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. 2003. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

UMBLE, M.M.; SRIKANTH, M.L. **Synchronous Manufacturing: principles for world-class excellence**. Wallingford: The Spectrum Publishing Company, 1995.

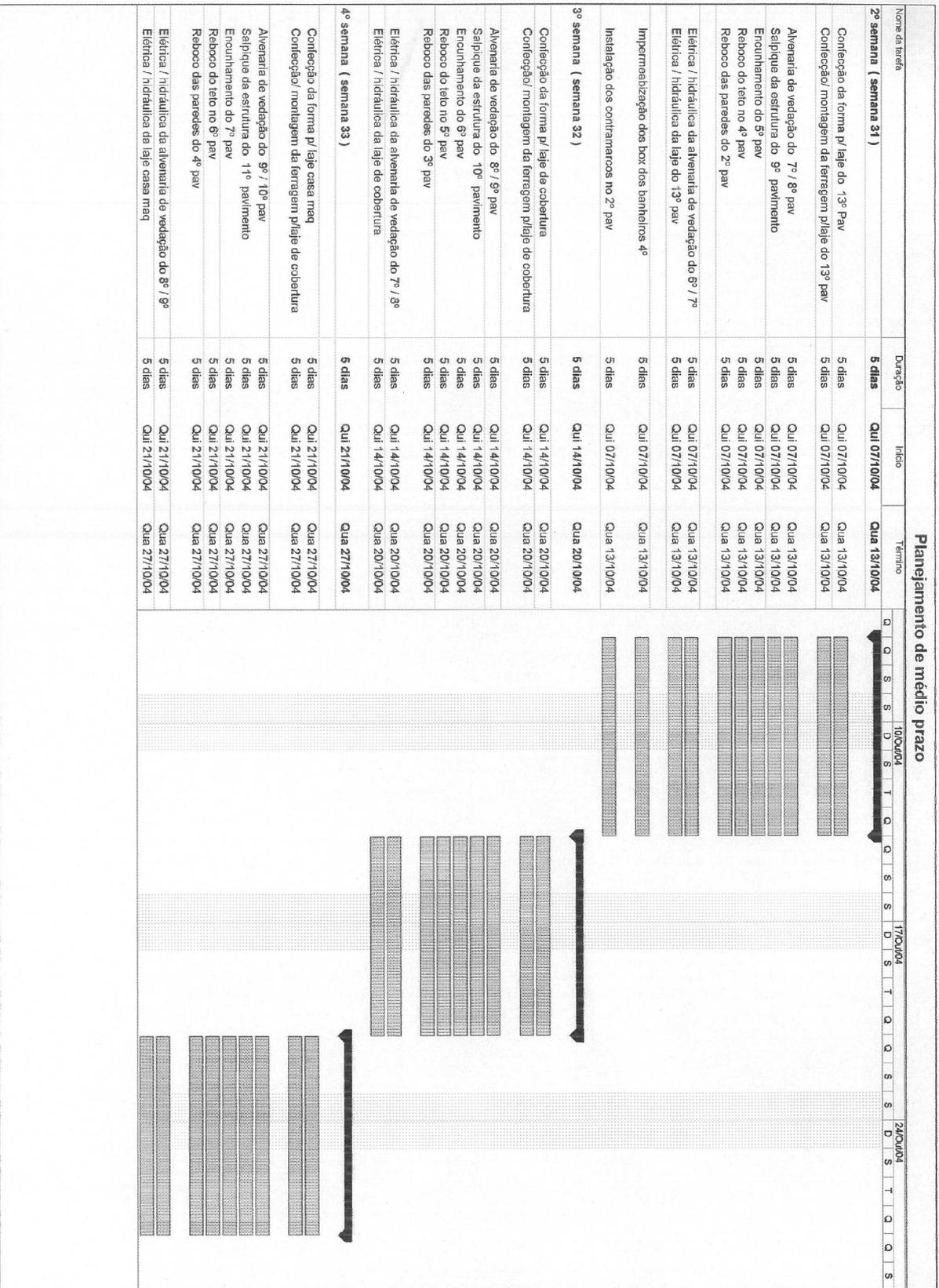
WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: planejamento e método**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## **ANEXO A – EXEMPLO DE PLANO DE LONGO PRAZO**



## **ANEXO B – EXEMPLO DE PLANO DE MÉDIO PRAZO**



Planejamento de médio prazo

Nome da tarefa	Duração	Início	Término	31/Oct/04							07/Nov/04							14/Nov/04												
				Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S		
<b>2ª semana ( semana 34 )</b>																														
Concretagem da laje de cobertura	5 dias	Qui 28/10/04	Qui 03/11/04																											
Confeção da forma p/ laje casa maq	5 dias	Qui 28/10/04	Qui 03/11/04																											
Confeção/ montagem da ferragem p/laje de casa de maq	5 dias	Qui 28/10/04	Qui 03/11/04																											
<b>3ª semana ( semana 35 )</b>																														
Concretagem da laje da casa maquina	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
Confeção da forma p/ laje casa maq	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
Confeção/ montagem da ferragem p/laje de casa de maq	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
<b>4ª semana ( semana 36 )</b>																														
Alvenaria de vedação do 10º / 11º pav	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
Saipique da estrutura do 13º pavimento	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
Encunhamento do 7º pav	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
Reboco do teto no 8º pav	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
Reboco das paredes do 5º pav	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
<b>5ª semana ( semana 37 )</b>																														
Elétrica / hidráulica da alvenaria de vedação do 11º / 12º	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
Elétrica / hidráulica da laje casa maq	5 dias	Qui 04/11/04	Qui 10/11/04																											
<b>6ª semana ( semana 38 )</b>																														
Concretagem da laje reservatório	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
Confeção da forma p/ laje reservatório	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
Confeção/ montagem da ferragem p/laje reservatório	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
<b>7ª semana ( semana 39 )</b>																														
Alvenaria de vedação do 12º / 13º pav	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
Saipique da estrutura da cobertura	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
Encunhamento do 8º pav	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
Reboco do teto no 7º pav	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
Reboco das paredes do 5º pav	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
<b>8ª semana ( semana 40 )</b>																														
Elétrica / hidráulica da alvenaria de vedação do 12º / 13º	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											
Elétrica / hidráulica da laje reservatório	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																											

Nome da tarefa				Planejamento de médio prazo																	
2ª semana ( semana 35 )	Duração	Início	Término	14/Nov/04			21/Nov/04			28/Nov/04											
				Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
<b>Concretagem da laje casa de máquinas</b>	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Confeção da forma p/ pilares / laje reservatório	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Confeção/ montagem da ferragem plaje reservatório	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Limpar formas e paineis da supresestrutura	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
<b>Alvenaria de vedação do 11º / 12º pav</b>	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Salique da estrutura do 13º	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Enchunhamento do 10º pav	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Reboco do teto no 9º pav	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Reboco das paredes do 6º pav	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Chumbamento dos contramarco de aluminio no 4º e 5º pav	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
<b>Elétrica / hidráulica da alvenaria de vedação do 1ºº / 12º</b>	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
Elétrica / hidráulica da casa de máquinas	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
<b>Instalação dos contramarco de aluminio</b>	5 dias	Qui 11/11/04	Qui 17/11/04																		
<b>3ª semana ( semana 37 )</b>	<b>5 dias</b>	<b>Qui 18/11/04</b>	<b>Qui 24/11/04</b>																		
<b>Concretagem da laje de cobertura</b>	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
Confeção da forma p/ laje casa maq	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
Confeção/ montagem da ferragem plaje de casa de maq	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
<b>Alvenaria de vedação do 12º / 13º</b>	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
Salique da estrutura da casa maquina	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
Enchunhamento do 1ºº pav	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
Reboco do teto no 10º pav	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
Reboco das paredes do 7º pav	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
<b>Elétrica / hidráulica da alvenaria de vedação do 12º / 13º</b>	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
Elétrica / hidráulica da laje cobertura	5 dias	Qui 18/11/04	Qui 24/11/04																		
<b>4ª semana ( semana 38 )</b>	<b>5 dias</b>	<b>Qui 25/11/04</b>	<b>Qui 01/12/04</b>																		
<b>Concretagem da laje da cobertura / chaminé ventilação</b>	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
Confeção da forma p/ laje cobertura	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
Confeção/ montagem da ferragem plaje de cobertura	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
<b>Alvenaria de vedação do 13º / casa maq</b>	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
Salique da estrutura do reservatório	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
Enchunhamento do 12º pav	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
Reboco do teto no 11º pav	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
Reboco das paredes do 8º pav	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
<b>Elétrica / hidráulica da alvenaria de vedação do 13º / cob</b>	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
Elétrica / hidráulica da alvenaria de vedação do 13º / cov	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
<b>Enfição no 2º pav</b>	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		
<b>Montagem do Jahu de 1 a 9</b>	5 dias	Qui 25/11/04	Qui 01/12/04																		

## **ANEXO C – EXEMPLOS PLANOS DE CURTO PRAZO**

PLANEJAMENTO SEMANAL		Engenheiro:	Semana de:	Semana:		Elaborado em:	
Mestre:		07/10/04 à 13/10/04		PPCh=	15	Elaborado por:	
PACOTE DE TRABALHO/LOCAL		Planejamento x Execução		∑ Hora, exec. 100%	27	Atividade em:	
VISTO		Q S S D S T Q		PPCh=	27	Atividade por:	
COD	EQUIPE	VISTO				%	PROBLEMA
1	EMPRESA					100	
2						100	
3						100	
4						100	
1						100	
2	EMPREITEIRO DE ESTRUTURA					100	
3						100	
4						0	31
5						100	
6						100	
1						80	2
2						80	2
3	EMPREITEIRO DE INSTALAÇÕES					90	2
4						100	
5						100	
6						100	
7						100	
1						70	6
2						0	6
3						60	6
4	EMPREITEIRO DE ALVENARIA					100	
5						80	6
6						50	6
7						0	6
8						0	6
1	IMPERMEABILIZAÇÃO					100	
1	ESQUADRIAS					20	10

Assinatura Engenheiro:

Assinatura do Mestre

Pag.: 1

PLANEJAMENTO SEMANAL		Engenheiro:	Semana de:	Semana:		Elaborado em:					
		Mestre:	14/10/04 à 20/10/04	PPCrim	32	Elaborado por:					
Planejamento x Execução		PACOTE DE TRABALHO / LOCAL		Z. Itens. exec. 100%	18	52,07%					
PAOITE DE TRABALHO / LOCAL				Z. Itens. Totais	29	Alterado por:					
COD.	EQUIPE	VISTO	Q	S	S	D	S	T	Q	%	PROBLEMA
1	EMPRESA	Concretar a viga do muro do lerraço do 2º pav / h do muro = 1,00 m )								100	
2		Proteções no 12º e 13º pav ( Cordas e telas de proteção )								100	
3		Preparação da base para Casa do Gás								100	
4		Recolher restos de viga do 2º ao 6º e organiza o material depositado nos terraços								100	
1	EMPREENHEIRO DE ESTRUTURA	Chumbar a cantaleia do gás no 10º pav								100	
2		Proteções p/ plataformas do guilcho no 9º e 10º pav ( buraco entre a cancela e a proteção )								100	
3		Concretagem da laje do 13º pav ( dia 18 / 10 - segunda feira )								100	
4		Montagem da ferragem p/ laje de cobertura								100	
5		Colocar a ferragem na forma da viga do muro da divisa								100	
6		Montagem da forma p/ viga do muro da divisa								100	
1	EMPREENHEIRO DE INSTALAÇÕES	Montagem da forma p/ pilares da laje de cobertura								0	5
2		Gravitar os vãos no palamar da escada, do 2º ao 5º pav								0	5
3		Instalação elétrica do 7º, 8º e 9º pav p/ caixas embudidas nas paredes								60	22
4		Instalação hidráulica do 7º, 8º e 9º pav ramais e colunas								60	22
5		Chumbamento das instalações hidráulicas / elétricas em paredes, 5º, 6º e 7º pav								90	22
6		Chumbar dreano do ar cond. no quarto do ap. 401 e 502								0	5
7		Gravitar a tubulação embuida na laje do 7º pav								100	
1	EMPREENHEIRO DE ALVENARIA	Marcação dos pontos hidráulicos p/ 8º e 9º pav								100	
2		Montar a coluna PPR, dos aquecedores a gás, p/ 5º, 6º e 7º pav								100	
3		Alvenaria de vedação do 6º, 7º e 8º pav (total)								80	5
4		Alvenaria de vedação do 9º pav (50%)								10	5
5		Rebocar o teto 3º, 4º e 5º pav								90	5
6		Preparação das muretas dos box no 6º e 7º pav								100	
7		Salpicar a estrutura do 9º pav e 10º pav (total)								80	5
8		Alvenaria p/ medidores do gás e caixa de incêndio do térreo ao 3º pav								100	
1	Alvenaria p/ apoiar a laje base da churrasqueira das cozinhas 2º, 3º e 4º									100	
1	Rebocar as paredes internas do 2º pav									100	
1	Colocação dos contra marco de alumínio no 2º e 3º pav									0	

PLANEJAMENTO SEMANAL		Semana de:		Semana:		Elaborado em:													
Engenheiro:		21/10/04 a 27/10/04		33		Flavorado por:													
Mestre:		PACOTE DE TRABALHO LOCAL		16		Alterado em:													
		Planejamento x Execução		33		Alterado por:													
				48,48%															
COD.		VISTO		Q		S		D		S		T		Q		%		PROBLEMA	
EQUIPE				PCMP															
1	EMPRESA		Concretar a viga do muro do terraço do 2º pav (c/ sobra de concreto)														0		
2			Proteções no 13º e cob ( Cortas e telas de proteção )														100		
3	EMPRESA		Concretagem da base para Casa do Gás														0		
4			Alinhar a ferragem dos pilares do muro da divisa p/ cotas 13,00cm														100		
5			Limpar a cancela do gás no 11º pav														100		
6			Proteções p/ Plataformas do gincho no 10º, 11º e 12º pav (buraco entre a cancela e a proteção)														100		
1			Concretagem dos pilares do 13º a cobertura ( dia 22 / 10 - sexta feira )														100		
2			Montagem da ferragem p/ vigas e laje de cobertura														100		
3	EMPREITEIRO DE ESTRUTURA		Montar o restante da forma da viga do muro da divisa														100		
4			Colocação da ferragem na forma p/ viga do muro da divisa														0		
5			Concretagem da laje de cobertura ( dia 27 / 10 quinta feira )														0		
6			Limpar e graular os vãos no patamar da escada, do 2º ao 6º pav														0		
1			Instalação elétrica do 7º, 8º e 9º pav p/ caixas embutidas nas paredes														60		
2			Instalação hidráulica do 7º, 8º e 9º pav ramais e colunas														60		
3			Chumbamento das instalações hidráulicas / elétricas em paredes, 6º, 7º e 8º pav														50		
4	EMPREITEIRO DE INSTALAÇÕES		Chumbar dreno do ar cond. no quarto do ap. 401 e 502														50		
5			Marcação dos pontos p/ laje de cobertura ( concreto dia 27 / 10 quinta feira )														100		
6			Marcação dos pontos hidráulicos p/ 6º e 10º pav														100		
7			Montar a coluna PPR, dos aquecedores a gás, p/ 8º e 9º pav														100		
1			Alvenaria de vedação do 8º e 9º pav														50		
2			Alvenaria de vedação do 10º pav ( 50% )														0		
3			Reboar o teto 5º e 6º pav														50		
4			Preparação das muratas dos box no 8º pav														0		
5			Selipar a estrutura do 10º e 11º pav														100		
6	EMPREITEIRO DE ALVENARIA		Alvenaria p/ medidores do gás e caixa de incêndio do 7º e 8º pav														80		
7			Encunhamento da alvenaria do 4º, 5º, 6º e 7º pav														50		
8			Reboar os tetos do 6º pav														0		
9			Alvenaria do painel de medidores e do muro da divisa ( 50% ) no térreo														100		
10			Alvenaria p/ apoiar a laje base da churrasqueira das cozinhas 5º e 6º pav														100		
11			Reboar as paredes internas do 3º pav														100		
1	ESQUADRIAS		Colocação dos contra marco de alumínio no 2º e 3º pav														100		
1	IMPERMEABILIZAÇÃO		Manta nos box do banheiro do 5º e 6º pav														100		
1	GÁS		Tubulação p/ gás no 11º pav														0		

Assinatura Engenheiro:

Assinatura do Mestre:

Engenheiro:		Semana de		Semana:		Elaborado em:	
Mestre:		28/10/04 à 03/11/04		34		Alvenaria em:	
Planejamento x Execução		PACOTE DE TRABALHO LOCAL		PPCM=		Alvenaria por:	
COD. EQUIPE		V/S/O		Q S S D S T Q		%	
1		Concretar a viga do muro do terreno do 2º pav ( c/ sobra de concreto )				0	
2		Tela p/ proteção das fachadas, cobertura ao térreo				100	
3		Concretação da base para Casa do Gas				0	
4		Proteções de vãos e de periferia, no 1º e cobertura				100	
1		Montagem da ferragem e da forma p/ pilares da cobertura a casa maq				100	
2		Assalhar a laje de casa de máquina				0	
3		Grautar as falhas de concretagem nas escadarias 2º ao 6º e nos pilares do 12º pav				50	
4		Colocação da ferragem na forma p/ viga do muro da divisa				100	
5		Concretação da laje de cobertura ( c/ 28 / 10 queda fria )				100	
6		Limpar e grautar os vãos no palamar da escada, do 2º ao 6º pav				0	
1		Instalação elétrica do 7º, 8º e 9º pav p/ caixas embutidas nas paredes				80	
2		Instalação hidráulica do 7º, 8º e 9º pav ramais e colunas				80	
3		Chumbamento das instalações hidráulicas / elétricas em paredes, 6º, 7º e 8º pav				60	
4		Chumbor diâno do ar cond. no quarto do ap. 401 e 502				100	
5		Elétrica p/ parede do hall de entrada no térreo, calzinhas na alvenaria				100	
6		Elétrica / hidráulica p/ laje da casa de máquinas				100	
1		Alvenaria de vedação do 8º e 9º pav				90	
2		Rebocar o teto 5º e 6º pav				100	
3		Preparação das muretas dos box no 8º pav				0	
4		Alvenaria da parede do hall de entrada no térreo				100	
5		Reboco das paredes internas do painel de medidores no térreo				100	
6		Alvenaria de ultima viada da alvenaria do 4º, 5º, 6º e 7º pav				80	
8		Encunhamento e ultima viada da alvenaria ( 50% ) no térreo				100	
9		Apoiar a laje base da churrasqueira das cozinhas do 2º, 3º, 4º, 5º e 6º pav				90	
10		Rebocar as paredes internas do 2º e 3º pav ( paredes das janelas )				100	
1		Colocação dos contra metro de alumínio no 3º e 4º pav				80	
1		Manta nos box do banheiro do 7º pav				100	
1		Tubulação p/ gas no 11º pav				100	

Arquiteta Engenheira:

Arquiteta do Meio:

Pág.: 1



PLANEJAMENTO SEMANAL		Semana de:		Semana:		Elaborado em:					
Engenheiro:		11/11/104 a 17/11/104		36		Elaborado por:					
Mestre:		Planejamento x Execução		PPCm = $\frac{\sum \text{Itens, exec. } 100\%}{\sum \text{Itens, totais}}$		Alterado em:					
		PACOTE DE TRABALHO / LOCAL		8		Alterado por:					
				27		29,63%					
				PPCm =							
COD.	EQUIPE	VISTO	Q S S D S T Q							%	PROBLEMA
1	EMPRESA	Limpeza no depósito de material do térreo (escoras, ferros, madeiras, etc.)								100	
2		Limpar e churrubar as carnelanas do gás no 12º e 13º pav								50	
3		Concretagem da laje p/ casa do Gás								0	
4		Pintar as madeiras do painel de medidores cor padrão CEEE								0	
1		Concretar a laje de cobertura da casa de máquinas								100	
2		Concretar os pilares da casa de máquinas a cobertura do reservatório								0	
3	EMPREITEIRO DE	Gratuar as falhas de concretagem nas escadarias 2º ao 6º e nos pilares do 12º pav								0	
4	DE	Concretar a viga do muro da divisa ( c/ sobras de concreto )								100	
5	ESTRUTURA	Quebrar o concreto estufado nas vigas do 3º e 4º pav								0	
6		Limpar e gratuar os vãos no patamar da escada, do 2º ao 6º pav								0	
1		Instalação elétrica do 9º, 10º e 11º pav p/ caixas embutidas nas paredes								80	
2	EMPREITEIRO	Instalação hidráulica do 9º, 10º e 11º pav ramais e colunas								80	
3	DE	Chumbamento das instalações hidráulicas / elétricas em paredes 9º, 9º e 10º pav								100	
4	INSTALAÇÕES	Elétrica e hidráulica da laje do reservatório								100	
5		Montagem da coluna montante do térreo, 2º e 3º pav								100	
1		Alvenaria de vedação do 10º e 11º pav e no 12º pav ( só paredes da periferia )								90	
2		Rebocar o teto 8º e 9º pav								50	
3		Rebocar as paredes internas do 5º e 6º pav								50	
4		Preparação das muretas dos box no 8º e 9º pav								50	
5	EMPREITEIRO	Alvenaria de vedação p/ platibanda do telhado								40	
6	DE ALVENARIA	Chumbamento dos contramarcos do banheiro do térreo e zelador								0	
7		Encunhamento e última vinda da alvenaria do 8º e 9º pav								100	
8		Alvenaria do muro da divisa, pano lateral ( 50% ) no térreo								80	
9		Apoiar a laje base da churrasqueira das cozinhas do 7º e 8º pav								100	
10		Concretar as vergas do 7º e 8º pav e pilares do muro do térreo								30	
1	ESQUADRIAS	Colocação dos conta marco de alumínio no 5º, 6º e 7º pav								80	
1	IMPERMEABILIZAÇÃO	Impermeabilizar box banheiros no 8º e 9º pav								50	

Engenheiro:		Semana de:		Semana:		Elaborado em:						
Mestre:		18/11/04 à 24/11/04		37		Elaborado por:						
Planejamento x Execução		PPCm =		8		Ativado em:						
Planejamento x Execução		2) Item Local		26		Ativado por:						
Planejamento x Execução		PPCm =		30,77%		PROBLEMA						
COD.	EQUIPE	VISTO	PAQUETE DE TRABALHO / LOCAL	Q	S	S	D	S	T	Q	%	PROBLEMA
1	EMPRESA		Limpeza e organizar o depósito de material vergas no 2º pav e na garagem do térreo								70	
2	EMPRESA		Chumbar as canalizações p/ gás no 12º e 13º pav								0	
3	EMPRESA		Concretagem da laje p/ casa do Gás								100	
4	EMPRESA		Pintar as madeiras do painel de medidores cor padrão CEEE								0	
1	EMPREITEIRO		Concretar a laje de cobertura do reservatório. ( terça feira )								100	
2	EMPREITEIRO		Deformar a laje da casa de máquinas								80	
3	EMPREITEIRO		Montar a forma p/ viga de concreto do portico de entrada no térreo								0	
4	EMPREITEIRO		Concretar a viga do portico de entrada								0	
5	EMPREITEIRO		Limpar, separar e baixar o material, escoras e formas de madeira.								80	
1	EMPREITEIRO		Instalação elétrica do 11º e 12º pav. p/ caixas embutidas nas paredes								100	
2	EMPREITEIRO		Instalação hidráulica do 11º e 12º pav. p/ ramais e colunas								100	
3	EMPREITEIRO		Chumbamento das instalações hidráulicas / elétricas em paredes 10º e 11º pav								50	
4	EMPREITEIRO		Elétrica e hidráulica da laje do reservatório								100	
5	EMPREITEIRO		Montagem da coluna montante do térreo, 2º e 3º pav								100	
1	EMPREITEIRO		Alvenaria de vedação do 11º, 12º e 13º pav ( só paredes da periferia )								90	
2	EMPREITEIRO		Rebocar o teto 8º e 9º pav								100	
3	EMPREITEIRO		Rebocar as paredes internas do 8º e 7º pav								0	
4	EMPREITEIRO		Preparação das muretas dos box no 8º e 9º pav								0	
5	EMPREITEIRO		Alvenaria de vedação p/ platibanda do telhado								70	
6	EMPREITEIRO		Concretar pilares e vigas p/ alvenaria da platibanda								70	
7	EMPREITEIRO		Encunhamento e última vinda da alvenaria do 5º e 10º pav								0	
8	EMPREITEIRO		Alvenaria do muro da divisa, pano lateral ( 50% ) no térreo								0	
9	EMPREITEIRO		Apoliar a laje base da churrasqueira das cozinhas do 7º e 8º pav								0	
10	EMPREITEIRO		Concretar as vergas do 7º, 8º e 9º pav e pilares do muro do térreo								50	
1	ESQUADRIAS		Colocação dos contra marco de alumínio no 7º, 8º e 9º pav								60	
1	IMPERMEABILIZAÇÃO		Impermeabilizar box banheiros no 8º e 9º pav								100	

Assinatura Engenheiro:

Assinatura do Mestre:

Pag.: 1

## **ANEXO D – PLANILHA DE AVALIAÇÃO DOS INVENTÁRIOS**

Processo Estrutura	32		33		34		35		36		37	
	com PMP	sem PMP										
Pacotes da Semana Anterior	2	2	8	8	8	8	13	13	15	15	15	15
Pacotes da Semana	8	8	4	4	10	10	4	4	2	2	5	5
Pacotes do Planejamento de Médio Prazo	2	x	2	x	3	x	3	x	4	x	4	x
PPC	33,33%		42,86%		38,10%		25,00%		28,57%		100,00%	
Inventário da Equipe	12		14		21		20		21		24	

Empreiteiro de Elétrica e Hidráulica	32		33		34		35		36		37	
	com PMP	sem PMP										
Pacotes da Semana Anterior	4	4	11	11	10	10	7	7	5	5	9	9
Pacotes da Semana	13	13	5	5	2	2	4	4	9	9	3	3
Pacotes do Planejamento de Médio Prazo	1	x	6	x	6	x	6	x	6	x	6	x
Total	38,89%		54,55%		61,11%		70,59%		55,00%		100,00%	
Inventário da Equipe	18		22		18		17		20		18	

Processo Alvenaria e Revestimento	32		33		34		35		36		37	
	com PMP	sem PMP										
Pacotes da Semana Anterior	14	14	8	8	18	18	5	5	15	15	16	16
Pacotes da Semana	10	10	12	12	2	2	15	15	5	5	5	5
Pacotes do Planejamento de Médio Prazo	6	x	6	x	6	x	6	x	8	x	6	x
Total	73,33%		30,77%		80,77%		42,31%		42,86%		100,00%	
Inventário da Equipe	30		26		26		26		28		27	

## **ANEXO E – EXEMPLO DE PLANILHAS DE COLETAS DE DADOS**

