

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

RENATO LUCIO PRADO

**APLICAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DA PROGRAMAÇÃO DE
OBRAS EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS
UTILIZANDO A TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO**

Florianópolis
2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

RENATO LUCIO PRADO

**APLICAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DA PROGRAMAÇÃO DE
OBRAS EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS
UTILIZANDO A TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Luis Alberto Gómez

Florianópolis
2002

**APLICAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DA PROGRAMAÇÃO DE OBRAS
EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO A
TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO**

RENATO LUCIO PRADO

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, especialidade Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof., Dr. Luis Alberto Gómez (Orientador)

Prof. Jucilei Cordini, Dr. (Coordenador)

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Humberto Ramos Roman, Ph. D. (ECV/UFSC)

Prof. Luiz Fernando M. Heineck, Ph. D. (EPS/UFSC)

Prof^a., Dr^a Sheyla Mara Baptista Serra(UFSCar)

Em memória de minhas avós queridas

Assunta Chumpato e Dilce Vaz de Oliveira.

Aos meus pais, Leonildo e Neusa.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Luis Alberto Gómez, pela orientação e incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de realização desta pesquisa.

Ao professor Luiz Fernando Heineck pelo estímulo e colaboração com o trabalho.

Aos professores do departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos em especial aos professores Assumpção, Sheyla e Itamar, pelos conhecimentos transmitidos e pela amizade e incentivo para a realização deste mestrado.

A todos os profissionais que disponibilizaram seu tempo para a viabilização deste trabalho.

Aos meus amigos de São Carlos pela alegria de nossa convivência.

À Tatiana Gondim do Amaral, amiga de todas as horas.

Ao meu irmão Fabio Lucio Prado, por estar sempre do meu lado principalmente nos momentos difíceis.

A meus queridos pais, Leonildo Miranda Prado e Neusa Maria de Oliveira Prado, a quem devo minha existência, pelo esforço empregado em minha educação e apoio na concretização de meus sonhos.

“Há homens que lutam um dia e são bons. Há homens que lutam um ano e são melhores. Há aqueles que lutam muitos anos e são muito bons. Porém, há aqueles que lutam toda a vida, estes são imprescindíveis.”

(Bertold Brecht)

SUMÁRIO

<i>AGRADECIMENTOS</i>	<i>IV</i>
<i>SUMÁRIO</i>	<i>VI</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	<i>X</i>
<i>LISTA DE TABELAS</i>	<i>XII</i>
<i>LISTA DE QUADROS</i>	<i>XIII</i>
<i>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</i>	<i>XIV</i>
<i>LISTA DE FÓRMULAS</i>	<i>XV</i>
<i>RESUMO</i>	<i>XVI</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>XVII</i>
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O PLANEJAMENTO COMO VANTAGEM COMPETITIVA	1
1.2 HIPÓTESES E JUSTIFICATIVAS	4
1.3 OBJETIVO GERAL	5
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	6
1.6 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	6
2 PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE OBRAS	7
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	7
2.1.1 Objetivos do planejamento	8
2.2 NÍVEIS DO PLANEJAMENTO	10
2.2.1 Planejamento de longo prazo	10
2.2.2 Planejamento de médio prazo	12
2.2.3 Planejamento de curto prazo	14

2.3	O PROCESSO DE PLANEJAMENTO E SUAS INCERTEZAS	17
2.4	PROGRAMAÇÃO DE OBRAS	18
2.4.1	Parâmetros e requisitos para a programação de obras	20
2.4.2	Etapas do processo de programação	21
2.4.2.1	Coleta e análise das informações sobre a obra	22
2.4.2.2	Identificação das etapas, atividades e serviços necessários para a execução da obra	23
2.4.2.3	Definição do processo de trabalho	24
2.4.2.4	Levantamento dos quantitativos de serviços	25
2.4.2.5	Alocação de recursos (materiais, mão-de-obra e equipamentos)	25
2.4.2.6	Definição da seqüência tecnológica	26
2.4.3	Informações geradas pela programação de obras	26
2.4.4	Instrumentos de apoio a programação	28
2.4.4.1	WBS (Work Breakdown Structure)	28
2.4.4.2	Curva ABC	29
2.4.4.3	Curva S	30
2.5	TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO DE OBRAS	30
2.5.1	Gráfico de barras ou diagrama de Gantt	31
2.5.2	Redes PERT/CPM/PDM	33
2.5.2.1	Histórico	33
2.5.2.2	Diferença entre PERT e CPM	34
2.5.2.3	Vantagens da aplicação do PERT e CPM	34
2.5.2.4	Desvantagens da aplicação do PERT e CPM	35
2.5.2.5	Caminho crítico e os tipos de dependências	36
2.5.2.6	PERT e CPM x diagrama de Gantt	38
2.6	LINHA DE BALANÇO	38
2.6.1	Definição de projetos repetitivos	38
2.6.2	Histórico da linha de balanço	39
2.6.3	Definição da técnica de linha de balanço	40
2.6.4	Vantagens e desvantagens da linha de balanço	41
2.6.5	Aplicação e cálculo da linha de balanço	43
2.6.5.1	Os passos para aplicação	43
2.6.5.2	Estratégia da linha de balanço	44
2.6.5.3	Roteiro de cálculo da linha de balanço	47
2.6.5.4	Balanceamento das atividades	49
2.6.6	Aplicação da técnica de linha de balanço utilizando software de gerenciamento de obras	53
2.6.6.1	A linha de balanço e as curvas de agregação de recursos	54

2.6.6.2	Reprogramação utilizando a técnica de linha de balanço	55
3	APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE OBRA EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS	56
3.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	56
3.2	CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS	58
3.3	DETERMINAÇÃO DOS QUANTITATIVOS DAS OBRAS	59
3.4	DETERMINAÇÃO DAS DURAÇÕES E DAS EQUIPES DE PRODUÇÃO	60
3.5	ESTRATÉGIA DE ATAQUE DAS FRENTES DE SERVIÇOS	61
3.6	CÁLCULO DA LINHA DE BALANÇO	63
3.6.1	Determinação dos tempos e ritmo da linha de balanço	64
3.6.2	Dimensionamento das equipes de produção	67
3.7	LANÇAMENTO DOS DADOS PARA O SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS MS PROJECT	68
3.7.1	Calendário global do projeto	68
3.7.2	Organização dos projetos junto ao software	69
3.8	MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO	70
3.8.1	Levantamento dos dados para o processo de avaliação	71
3.8.2	Sistemática de acompanhamento e avaliação da programação	71
3.8.3	Percentual de avaliação da programação	74
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE OBRAS EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS	75
4.1	ANÁLISE DO PERFIL DOS FUNCIONÁRIOS LIGADOS À PRODUÇÃO	75
4.2	ANÁLISE DOS DADOS PARA A DETERMINAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE OBRAS	77
4.2.1	Durações das atividades	77
4.2.2	Produtividade das equipes de produção – demanda da mão-de-obra	78
4.3	DIMENSIONAMENTO DAS EQUIPES DE PRODUÇÃO	82
4.4	UMA ANÁLISE DA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO – TRECHO DO ELEVADOR DE CARGA	84
4.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO NA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO	84
4.6	APLICABILIDADE E EFICIÊNCIA DA PROGRAMAÇÃO DA OBRA C	85
4.6.1	Determinação dos fatores para não cumprimento da programação de médio prazo	85
4.6.2	Análise do Percentual de Avaliação da Prgramação (PAP)	92

4.7	AVALIAÇÃO DO SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS (MS PROJECT 98)	94
4.7.1	Lançamento dos dados da programação	94
4.7.2	Visualização da programação	95
4.7.3	Emissão de relatórios	98
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
5.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE A PROGRAMAÇÃO DE OBRAS	100
5.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO	102
5.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONTROLE DAS ATIVIDADES PROGRAMADAS	103
5.4	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	104
5	BIBLIOGRAFIA	105
	<i>ANEXO A: DESCRIÇÃO DA OBRAS OBJETOS DE ESTUDO</i>	<i>113</i>
	<i>ANEXO B: DIMENSIONAMENTO DAS EQUIPES DE PRODUÇÃO DAS OBRAS A E B</i>	<i>123</i>
	<i>ANEXO C: LISTA DE SERVIÇOS DAS OBRAS A E B</i>	<i>133</i>
	<i>ANEXO D: LINHA DE BALANÇO DAS OBRAS A E B</i>	<i>162</i>
	<i>ANEXO E: RESUMO DAS OBSERVAÇÕES FEITAS EM CANTEIRO</i>	<i>167</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1:	Planejamento como meio de interligação do projeto e a construção, ASSUMPÇÃO (1998).	8
Figura 2.2:	Fluxograma para elaboração do planejamento operacional, BALLARD; HOWELL <i>apud</i> CHOO <i>et al.</i> (1999).	16
Figura 2.3:	Cartão de produção, MACHADO; HEINECK (2001).	17
Figura 2.4:	Etapas do processo de programação de obras, MAZIERO (1999).	22
Figura 2.5:	Definição da linha de balanço, VARGAS; MENDES JR. (1999).	40
Figura 2.6:	Ritmos das atividades	41
Figura 2.7:	Visualização da direção de ataque das frentes de serviço, HEINECK (1996)	45
Figura 2.8:	Sistematização funcional geral dos edifícios dotados de pavimentos tipo.	45
Figura 2.9:	Representação das atividades não repetitivas na linha de balanço, HEINECK (1996).	46
Figura 2.10:	Demonstração do cálculo dos ritmos, HEINECK (1996).	48
Figura 2.11:	Declividade da linha de balanço em função dos ritmos adotados.	48
Figura 2.12:	Identificação das esperas na linha de balanço, HEINECK (1996).	49
Figura 2.13:	Gráfico e fórmula para o balanceamento entre atividades, HEINECK <i>apud</i> VARGAS; MENDES JR. (1999).	50
Figura 2.14:	Balanceamento entre as atividades com tempo de espera igual a zero e ritmos iguais, HEINECK <i>apud</i> VARGAS; MENDES JR. (1999).	51
Figura 2.15:	Balanceamento entre as atividades com tempo de espera igual a zero e ritmo da atividade 1 maior que 2, HEINECK <i>apud</i> VARGA; MENDES JR. (1999).	51
Figura 2.16:	Balanceamento entre as atividades com tempo de espera igual a zero e ritmo da atividade 1 menor que 2, HEINECK <i>apud</i> VARGAS; MENDES JR. (1999).	52
Figura 2.17:	Balanceamento entre as atividades com tempo de espera igual e obrigações das atividades iguais ou diferentes, HEINECK <i>apud</i> VARGAS; MENDES JR. (1999).	52
Figura 2.18:	Curva S x linha de balanço, HEINECK <i>apud</i> VARGAS; MENDES JR. (1999).	54
Figura 3.1:	Reunião mensal do Programa 5S.	57
Figura 3.2:	Planilha para o cálculo do ritmo Obra A	66

Figura 3.3:	<u>Planilha para o cálculo do ritmo Obra B</u>	67
Figura 3.4:	<u>Tela informações sobre o projeto Obra B.</u>	68
Figura 3.5:	<u>Tela de configuração do calendário global do projeto.</u>	69
Figura 3.6:	<u>Tela de organização do projeto Obra A.</u>	70
Figura 3.7:	<u>Modelo de planilha utilizada para o controle das atividades programadas.</u>	72
Figura 3.8:	<u>Modelo de planilha utilizada para determinação das causas dos erros.</u>	73
Figura 3.9:	<u>Tela informações sobre a tarefa.</u>	73
Figura 4.1:	<u>Incidência dos principais motivos que originaram desvios na programação.</u>	87
Figura 4.2:	<u>Antecipação na execução da alvenaria.</u>	90
Figura 4.3:	<u>Descontinuidade da colocação dos contramarcos.</u>	91
Figura 4.4:	<u>Foto que demonstra a execução de um apartamento para posterior quantificação e aquisição de materiais hidráulico e elétrico.</u>	92
Figura 4.5:	<u>Gráfico das ocorrências observadas em 12 semanas.</u>	92
Figura 4.6:	<u>Gráfico do percentual de avaliação da programação (PAP).</u>	93
Figura 4.7:	<u>Operação do Excel capaz de fornecer as precedências das atividades.</u>	95
Figura 4.8:	<u>Parte do gráfico espaço X tempo representando a linha de balanço.</u>	97
Figura 4.9:	<u>Tela do software Super Project; capaz de efetuar a programação de materiais.</u>	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1:	<u>Atividades típicas da programação. Fonte: SILVA; GUELPA (1993).</u>	19
Tabela 2.2:	<u>Informações geradas pela programação. Fonte: ASSUMPÇÃO; (1988), P. 29 – 31 – Elaboração própria.</u>	27
Tabela 2.3:	<u>Grau de importância da Curva ABC. Fonte: ZACARELLI apud ASSUMPÇÃO (1988).</u>	29
Tabela 2.4:	<u>Avaliação do Método da Linha de Balanço. Fonte: SILVA; GUELPA (1993) adaptada.</u>	43
Tabela 3.1:	<u>Lista de dependências do pavimento tipo.</u>	61
Tabela 3.2:	<u>Escala de notas para avaliação das atividades programadas.</u>	72
Tabela 4.1:	<u>Demanda de hh/m² apresentado em alguns trabalhos nacionais (Fonte: Elaboração própria).</u>	79
Tabela 4.2:	<u>Avaliação do software MS Project 98 na visualização da linha de balanço nos planos de programação (Fonte: elaboração própria).</u>	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1:	<u>Apresentação da carga horária dos funcionários.</u>	60
Quadro 3.2:	<u>Exemplo da planilha utilizada para avaliação da programação da Obra C.</u>	74
Quadro 4.1:	<u>Demanda de mão de obra da Obra A.</u>	80
Quadro 4.2:	<u>Demanda de mão de obra da Obra B.</u>	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
WBS	Work Breakdown Structure
PBS	Project Breakdown Structure
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
PERT	Program Evolution and Review Technique
CPM	Critical Path Method
PDM	Precedence Diagram Method
PPC	Percentual Programado Concluído
PAP	Percentual de Avaliação da Programação

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 01:	Cálculo do número de blocos a serem atacados n_b	46
Fórmula 02:	Cálculo do índice de produtividade P	60
Fórmula 03:	Cálculo do tempo de ritmo Tr	64
Fórmula 04:	Cálculo da velocidade de execução; ritmo R	65
Fórmula 05:	Cálculo do ritmo de execução por mês X	65
Fórmula 06:	Cálculo do PAP	74
Fórmula 07:	Cálculo das durações das atividades através dos ciclos de produção	77

RESUMO

Este trabalho apresenta a programação de dois edifícios de múltiplos pavimentos baseadas na técnica de linha de balanço tendo como ferramenta o software de gerenciamento de projetos; Ms. Project (98).

Os objetivos principais consiste em esclarecer a aplicação da técnica da linha de balanço demonstrando a sua facilidade de elaboração e na geração de informações; tais como o dimensionamento das equipes de produção e visualização da programação dos serviços.

Para verificar o resultado da implantação de um sistema de programação de obras e as causas que interferem no seu desempenho; foi levantado o percentual de avaliação da programação (PAP) de um dos empreendimentos da construtora, por meio análise da programação semanal das atividades estabelecidas num plano de médio prazo.

O presente trabalho conclui com base nos estudos de casos que a linha de balanço, em conjunto com o MS Project, corresponde a uma ferramenta poderosa na programação de edifícios de múltiplos pavimentos. Deve-se destacar a importância da fase de diagnóstico da empresa, quando as necessidades e estratégias de construção devem ser levantadas. O diagnóstico é fundamental para que o processo de programação seja incorporado à cultura da empresa uma vez que está diretamente relacionado à participação de todos os membros da organização, principalmente daqueles ligados ao processo produtivo.

ABSTRACT

This work presents the programming of two multiple floors buildings based on the line of balance technique having as tool the management projects software - MS Project (98).

The main objective consist of clarifying the application of this technique demonstrating its easiness of elaboration and of the generation of information such as the sizing of the production teams and the visualisation of the programming of services.

In order to verify the result of the implantation of a buildings programming system and the causes that intervene with its performance, it has been found the percentage of Plans Completed (PAP) of one of the constructor's enterprises through a weekly programming analysis of an established medium term plan of activities.

This work concludes based on the investigation of cases that the line of balance together with the MS Project, corresponds to a powerful tool in the multiple floors building programming.

It must be pointed out the importance of the company diagnosis phase, when the needs and the strategies of construction must be raised. The diagnosis is basic so that the programming process is incorporated the culture of the company a time that directly is related to the participation of all the members of the organisation, mainly of those one to the productive process.

1 INTRODUÇÃO

1.1 O PLANEJAMENTO COMO VANTAGEM COMPETITIVA

A crescente competitividade no setor da construção civil, o aumento das exigências dos clientes finais quanto a qualidade das edificações, bem como a pressão pela redução de custos e prazos, tem exigido das empresas construtoras uma reestruturação de suas estratégias de concepção de novos produtos e produção frente a essa emergente conjuntura de mercado.

Nesse contexto de acordo com ANDREY (1999) e TOLEDO (2001), o gerenciamento pela qualidade total (GQT) despertou o interesse de um grande número de empresas construtoras. Os resultados que vem sendo alcançados - com respeito ao aumento da qualidade e produtividade - chamou a atenção das empresas para a necessidade de buscar o melhoramento contínuo, com um foco orientado ao cliente. Parte desse esforço foi catalisado pelo engajamento das empresas no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Habitação (PBQP-H).

Com os canteiros fisicamente afastados das empresas, o planejamento e a programação de obra é uma tarefa importante para o bom desempenho das empresas construtoras pois a construção civil é uma atividade econômica baseada em empreendimentos, os quais possuem algumas características peculiares como a longa duração da produção e o alto custo envolvido.

Com o objetivo de desenvolver planos adequados à realidades das obras e evitar barreiras para a execução dos empreendimentos, o planejamento e a programação capacitam as empresas a trabalharem em ambientes incertos, bem como solucionar problemas antes da realização das tarefas, protegendo desta maneira a produção de suas frentes de serviços.

BELL; STUKHART apud CARVALHO (1998) afirmam que estudos realizados em empresas de construção americanas demonstram que a pronta disponibilidade dos materiais e equipamentos no canteiro pode representar um aumento de 6% na produtividade da mão-de-obra,

comprovando assim a importância do planejamento e da programação.

Nos edifícios dotados de múltiplos pavimentos repetitivos, devido ao seu grande potencial de racionalização na linha de produção, pode ser adaptado uma gama de conhecimentos refletidos e experimentados na indústria da manufatura, inclusive relacionados a área de planejamento e a programação, fato que vem merecendo atenção de empreendedores e pesquisadores nos últimos anos.

Porém segundo BIRREL apud COELHO (1998) a maior dificuldade para o planejamento dos serviços na construção civil, o que faz diferir da indústria manufatura, é o processo de construção realizado em várias linhas de fluxo, cada uma contendo uma equipe que se movimenta em um conjunto de locações (o mesmo conjunto para todas as equipes). Assim, o funcionário se movimenta e o produto é estático. Isto faz com que muitos métodos utilizados com sucesso na indústria seriada não possam ser aplicados com êxito na construção civil.

COLE apud COELHO (1998), afirma que muitos construtores vêem o planejamento da construção apenas como uma exigência contratual e, em geral, dão a ele uma menor prioridade em relação a outros elementos tais como gerência do canteiro, seleção de equipes e sistema de comunicação dentro da obra. Quando o planejamento é realizado apenas como uma exigência contratual, sem relacionamento direto com a realidade da obra, verificam-se distorções entre o previsto e o realizado.

ASSUMPCÃO (1998) ressalta que grande parte das empresas de construção civil, principalmente as de pequeno e médio porte, não possuem sistemas de gerenciamento e planejamento de obras, ou quando possuem, são sistemas rudimentares, desprovidos de uma base conceitual e desenvolvidos a partir da experiência dos profissionais envolvidos.

O autor completa que várias são as causas que interferem na utilização de sistemas apropriados de gerenciamento e planejamento na construção civil, dentre as quais destacam-se:

- As especificidades do setor de Construção Civil, cujas características de produção interferem no estabelecimento de mecanismos eficazes de organização e controle;
- A utilização de sistemas construtivos tradicionais, em detrimento de sistemas mais industrializados, dificultando um maior controle sobre os processos de trabalho.

- Resistência na implantação dos sistemas por parte dos funcionários das empresas, em função de:
 1. necessidade de modificação da estrutura organizacional e funcional da empresa, com possíveis alterações de funções e definição clara de responsabilidades;
 2. necessidade rotineira de fluxos de informações e procedimentos, modificando hábitos de trabalho;
 3. mentalidade dos profissionais envolvidos, para os quais construção civil é assim mesmo, desacreditando na eficácia de sistemas de planejamento, e no estabelecimento de previsões confiáveis sobre custos, prazos e recursos.
- Formação inadequada do profissional Engenheiro Civil, cujos cursos de graduação apresentam um espaço muito reduzido para o desenvolvimento de disciplinas na área de administração e controle da produção, além de, na maioria dos casos, estas disciplinas se resumirem na apresentação de algumas técnicas de programação desenvolvidas para os setor industrial, sem enfoque prático da Construção Civil e sem considerar as especificidades do setor.

Tentando mudar este contexto, muitos autores afirmam que para planejar com eficiência é necessária a disponibilidade contínua e abrangente de informações sobre a obra. O desenvolvimento de uma programação bem detalhada, aproximando-se ao máximo da realidade que será encontrada quando da sua execução, baseada em dados estatísticos e na experiência dos profissionais envolvidos na execução, é defendido como uma diretriz para a implementação de um novo sistema de administração da produção no setor da construção civil.

CHOO *et al.* (1999) complementam que a programação de longo prazo em si não é capaz de dar suporte apropriado as equipes de produção, uma vez que ela não é capaz de fornecer uma alocação apropriada de recursos dentro do canteiros de obras. Segundo estes autores uma das alternativas para corrigir este problema seria a utilização da programação semanal (*last planner*), derivada da programação de longo prazo, com o objetivo de fornecer informações dos pacotes de trabalho e alocação de recursos de maneira adequada, para que haja continuidade na execução dos serviços e controle da produção dentro dos canteiros de obras.

BALLARD; HOWELL apud ANDREY (1999) afirmam que nenhuma outra atividade é tão importante porque as mudanças no desempenho do planejamento oferecem um impacto imediato e, por outro lado, um planejamento confiável exige uma resposta precisa ao longo de toda a empresa. Esta afirmação e os argumentos apresentados anteriormente definem o horizonte deste trabalho

1.2 HIPÓTESES E JUSTIFICATIVAS

Na última década, muitas empresas têm procurado tornar-se mais competitivas por meio de implantação de novas tecnologias construtivas e pela modernização organizacional e gerencial. Nesse processo de mudança é natural que ocorram resistência principalmente dos profissionais ligados a alta gerência (TOLEDO 2001).

No entanto algumas mudanças são impostas pelo mercado e pelo governo, visando a qualificação das empresas construtoras. Por exemplo, a Caixa Econômica Federal - principal agente do Governo Federal no segmento de Desenvolvimento Urbano - é responsável pela gestão dos recursos do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço), pelos recursos de captação de poupança e pelo repasse de recursos da União. Para a alocação destes recursos a Caixa Econômica Federal pretende estabelecer procedimentos que venham a contribuir para o aprimoramento das empresas de construção civil, e conseqüentemente para que o produto final apresente níveis desejáveis de qualidade e desempenho, assegurando a satisfação do cliente e demais envolvidos; BRASIL (1998).

Uma das exigências da Caixa Econômica Federal para a liberação de recursos de financiamento está diretamente ligado a necessidade de elaboração de orçamentos e cronogramas dos empreendimentos das empresas construtoras; BRASIL (1998).

Porém vale ressaltar que não basta ter estes instrumentos em mãos, é preciso sabe-los usá-los. Desta forma a principal justificativa do trabalho é atender as necessidades das empresas envolvidas no PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Habitação), esclarecendo que a utilização de uma ferramenta de programação de obras para edifícios altos é capaz de dar respostas aos gerentes de maneira rápida, precisa e de fácil entendimento.

A utilização de métodos de gerenciamento operacional e planejamento financeiro, podem contribuir para o aumento da eficiência e eficácia do setor da indústria da construção civil,

acabando com a postura arcaica em termos organizacionais e operacionais. Neste trabalho será ressaltado a necessidade de modernização do planejamento e gerenciamento operacional, utilizando a programação de obras como ferramenta de fundamental importância neste processo.

Muitos trabalhos nesta área já foram realizados, os quais utilizaram diversas ferramentas computacionais e técnicas de programação de obras, no entanto poucos abordaram os motivos pelas quais não se verificou a eficácia do processo de programação utilizando a técnica da linha de balanço. Por este motivo e pela falta de conhecimento de alguns engenheiros desta técnica (ASSUMPÇÃO, 1996; MENDES JR., 1999), justifica-se a realização deste estudo, principalmente para empreendimentos onde há repetitividade de serviços dentro do canteiro.

Ao avaliar os trabalhos recentes desenvolvidos pela comunidade científica foi definida a hipótese geral deste trabalho: a linha de balanço pode ser aplicada nas atividades repetitivas em edifícios altos e é capaz de gerar respostas rápidas, precisas e de fácil entendimento e visualização. Além disso a técnica é capaz de promover a continuidade de execução dos serviços dentro do canteiro.

1.3 OBJETIVO GERAL

Simular as programações de duas obras em sistema tradicional racionalizado utilizando a linha de balanço como técnica de programação, tendo como ferramentas auxiliares o software de gerenciamento de projetos (Microsoft Project) e planilhas Excel.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar as dificuldades encontradas para elaboração da programação das obras utilizando a técnica da linha de balanço, com atenção às atividades de acabamento na unidade de repetição e pavimentos não repetitivos ;
- Verificar a potencialidade do MS Project (98) como ferramenta de apoio para a técnica de linha de balanço;
- Verificar o desempenho de uma programação de médio e curto prazo estabelecida em um dos empreendimentos, por meio do controle semanal das atividades;

- Identificar os principais fatores que ocasionam desvios na execução e/ou conclusão das atividades programadas.

1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa estará limitada a aplicação dos conceitos da linha de balanço para a programação de dois edifícios altos em sistema tradicional racionalizado de uma empresa da região da grande Florianópolis. Os resultados obtidos no trabalho não interferiram no andamento das atividades dentro do canteiro, isto porque não houve interesse da empresa em aplicá-los. Porém, existiu uma preocupação em adaptar a programação a realidade dos empreendimentos da empresa, afim de questionar os objetivos propostos na pesquisa.

O acompanhamento da programação em uma das obras da empresa restringe-se a um período de 12 semanas, onde buscou-se identificar os principais fatores que ocasionam desvios na execução e/ou conclusão das atividades programadas. Nesta terceira obra, não foi utilizada a linha de balanço como técnica de programação por motivos que serão oportunamente apresentados.

1.6 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho é desenvolvido ao longo de quatro capítulos além deste relativo à introdução do tema.

No segundo capítulo são apresentados os conceitos fundamentais envolvidos com o tema da pesquisa, estes relacionam-se ao planejamento e controle da produção na indústria da construção civil, a programação de obras como parte desse sistema, além de uma abordagem sucinta de algumas técnicas de programação, em especial, a técnica de linha de balanço, uma vez que esta corresponde a ferramenta utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

No terceiro capítulo será apresentada a metodologia utilizada na pesquisa desde a descrição da empresa e das obras em estudo, obtenção dos dados de produtividade das equipes de produção, aplicação dos conceitos da linha de balanço, utilização do software MS Project e planilhas Excel como ferramentas de apoio, bem como a sistemática adotada para a avaliação das atividades programadas no período de doze semanas em um dos empreendimentos da empresa.

No quarto capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos com a aplicação da linha de balanço como ferramenta de programação dos edifícios em estudo. Também será discutido a sua aplicabilidade junto ao software MS Project, verificando os tipos de relatórios fornecidos e seu desempenho como instrumento de controle das atividades programadas. Para finalizar será discutida a aplicabilidade da programação como parte do planejamento operacional, verificando-se o controle semanal das atividades programadas.

No quinto e último capítulo será reservado às conclusões do trabalho. Também será avaliado o atendimento aos objetivos desta pesquisa e a necessidade de desenvolvimento de trabalhos futuros relacionados ao tema estudado.

2 PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DE OBRAS

Este capítulo se propõe a delimitar uma base teórica que ofereça a sustentação necessária às análises dos resultados deste trabalho, bem como apresentar conceitos relacionados ao processo de planejamento e programação de obras.

Inicialmente serão discutidos os objetivos do planejamento e controle de obras. Em seguida, serão apresentados os parâmetros e requisitos necessários para a aplicação da programação de obras, as informações que podem ser geradas e também os instrumentos de apoio ligados a este processo.

Algumas técnicas de programação de obras serão apresentadas, enfatizando os pontos positivos e negativos quando aplicadas à construção civil, com destaque especial a linha de balanço uma vez que esta corresponde a ferramenta utilizada para o desenvolvimento da pesquisa.

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O planejamento pode ser definido como um processo que tem em vista as antecipações de um futuro desejado, o qual envolve um grande número de atividades e um alto grau de incerteza relativas ao tempo, espaço, custo e disponibilidade de recursos (ASSUMPÇÃO, 1996 e MENDES Jr., 1999).

ASSUMPÇÃO (1988), afirma que o planejamento situa-se entre o projeto e a construção de um empreendimento, como um instrumento de interligação entre estas etapas.



Figura 2.1: Planejamento como meio de interligação do projeto e a construção, ASSUMPÇÃO (1998).

Na etapa de projeto, o planejamento auxilia na elaboração de estudos de viabilidade, estudos preliminares e ante-projeto, fornecendo parâmetros para definição e alternativas, pois estabelece projeções globais sobre o comportamento de custos, prazos e recursos.

Com o projeto definido, o planejamento estabelece parâmetros para a construção, por meio da elaboração de orçamentos, cronogramas e especificações, possibilitando a estruturação da empresa para a execução da obra.

Com a construção em andamento, o planejamento possibilita a aferição, comparação e reprogramação das operações, o que demonstra a função de controle para o planejamento.

Outros estudos avaliam os benefícios advindos da realização do planejamento. LIRA apud OLIVEIRA (1999) constatou em empresas de construção chilenas, um aumento na produtividade global da mão-de-obra e reduções significativas na duração das atividades. Em um outro trabalho, PAULSON JR. apud OLIVEIRA (1999), destaca que a realização do planejamento pode trazer uma economia da ordem de 25% do custo total da construção. KOSKELA (1992), relata que melhoramentos no processo de planejamento e controle da produção são fundamentais para a redução dos acidentes de trabalho e dos tempos improdutivos em decorrência dos mesmos.

No entanto, a mensuração dos benefícios relacionados à utilização de modelos de planejamento é complexa, devido ao elevado número de variáveis que influenciam a produtividade, o custo e a segurança.

Pelo exposto, observa-se que o planejamento é um processo complexo cujos resultados são para a determinação do que deve ser feito e como, sua forma e seqüência de execução, considerando os recursos necessários e os custos envolvidos, afim de garantir a melhor eficácia dos planos, sendo efetivo somente se acompanhado do controle de processos.

2.1.1 Objetivos do planejamento

O propósito principal do planejamento na construção consiste em auxiliar o gerente no desempenho de suas tarefas diárias tais como execução, controle, previsão e otimização.

Com relação a execução, o planejamento auxilia na elaboração de planos de ação que envolvem especificações, orientações e procedimentos, os quais guiam a operacionalização da produção (PEER, 1974).

O controle tem como objetivo medir e avaliar o desempenho da produção, bem como tomar ações corretivas quando ineficiências são detectadas. Para BALLARD apud MARCHESAN (2001) mais do que identificar e corrigir distorções, o controle tem o objetivo de provocar os eventos necessários para a execução das tarefas planejadas.

Com base em informações coletadas para o controle do empreendimento devem ser elaboradas previsões à respeito do desempenho da produção, para que possa ser avaliado se as metas estabelecidas serão atingidas no futuro.

A otimização envolve a seleção e a avaliação de alternativas, com o objetivo de aumentar a eficiência dos processos de produção utilizados. Segundo FANIRAN apud ALVES (2000) a otimização recebe pouca atenção, pois os administradores se preocupam mais com a alocação do tempo em detrimento da seleção de alternativas construtivas que visam aumentar a eficiência produtiva.

2.2 NÍVEIS DO PLANEJAMENTO

O processo de planejamento envolve duas dimensões distintas, uma vertical e outra horizontal (LAUFER; TUCKER, 1987). A primeira está relacionada à estratificação do planejamento em diferentes níveis gerenciais, sendo esta compreendida pela coleta de informações, elaboração dos planos, difusão das informações e avaliação do processo. Já a segunda diz respeito às diversas etapas que compõem o planejamento nos níveis de longo, médio e curto prazo.

2.2.1 Planejamento de longo prazo

O planejamento de longo prazo, ou planejamento estratégico, abrange as principais atividades envolvidas na execução da obra. Este nível possui como horizonte dos planos todo o período de construção do empreendimento e tem como principal produto o plano mestre, (ASSUMPÇÃO, 1996; MENDES JR., 1999 e OLIVEIRA, 1999).

Entre as funções próprias deste nível destaca-se o estabelecimento dos ritmos de produção, a coordenação dos fluxos de trabalho e dos fluxos de materiais, e portanto, a compatibilização entre o fluxo de despesas e a disponibilidade financeira (TOMMELEIN; BALLARD apud OLIVEIRA, 1999).

Para BERNARDES *et al.* (1999) os ritmos das equipes são considerados como variável principal nesse estudo, visto que é por meio de sua análise que poderão ser verificadas as questões das interferências entre o previsto e o realizado. Em conjunto com os dados do orçamento, o ritmo define um fluxo de despesas, o qual deve ser compatível com o estudo de viabilidade.

Estes autores afirmam ainda que o planejamento de longo prazo deve ser atualizado periodicamente, em função de mudanças no andamento da obra, devido a atrasos na execução ou mudanças no fluxo de receitas. As principais atividades envolvidas nesta etapa do processo são as seguintes:

- 1) Coletar informações: As informações necessárias para a geração do plano mestre no início da obra provêm principalmente da etapa de preparação do processo de planejamento. No momento da revisão do plano mestre durante a obra é necessário contar também com informações provenientes dos níveis inferiores de planejamento, principalmente do planejamento de médio prazo.
- 2) Gerar fluxo de caixa: A partir do plano mestre, elabora-se um fluxo de caixa mais detalhado do que aquele gerado no início do empreendimento. Algumas vezes é necessário modificar o plano mestre da obra de forma a tornar favorável o fluxo de despesas, principalmente em função das altas taxas de juros praticadas no país. O fluxo de caixa gerado é base para o controle financeiro da obra.
- 3) Preparar plano: Várias técnicas podem ser utilizadas para gerar o plano mestre, sendo as principais o diagrama de Gantt, os diagramas de precedência de atividades, as técnicas de rede e a linha de balanço. O grau de detalhe utilizado neste plano depende, principalmente, da incerteza envolvida no processo de produção.
- 4) Difundir o plano mestre: Este deve ser apresentado em um ou mais formatos, em função da necessidade de seus usuários. Uma forma possível de difundi-lo é por meio da realização de

reuniões com os principais usuários deste plano, no início da obra e a cada alteração substancial no mesmo.

- 5) Programar recursos: Envolve a programação dos recursos cuja previsão de compra, aluguel e/ou contratação deve ser realizada a partir do planejamento de longo prazo. Caracterizam-se, geralmente, pelo longo ciclo de aquisição e pela baixa repetitividade deste ciclo. O lote de compra geralmente corresponde ao total da quantidade de recursos a serem utilizados. Como exemplo desse tipo de recurso pode-se citar o caso dos elevadores, cerâmica e pastilhas entre outros.
- 6) Difundir programação de recursos: Uma vez gerada a programação de recursos, esta deve ser disseminada aos setores de recursos humanos para a contratação de mão-de-obra e de suprimentos para aquisição dos materiais e equipamentos necessários.

2.2.2 Planejamento de médio prazo

O planejamento de médio prazo constitui-se num nível que faz a vinculação entre o plano mestre e os planos operacionais. (ALVES *et al.*, 2001; BERNARDES *et al.*, 1999 e ALVES, 2000). Neste nível, o planejamento está sujeito a constantes mudanças, sendo este conhecido também por *lookahead planning* “planejamento olhado para frente”, (BERNARDES *et al.*, 1999).

É comum haver variações entre os procedimentos adotados por diferentes empresas neste nível de planejamento. Existem casos em que o ciclo de planejamento pode ser bi ou trimestral, sendo os planos atualizados mensalmente. Entretanto, algumas empresas subdividem o planejamento de médio prazo em dois níveis, um com ciclo mensal e outro com ciclo trimestral. Por outro lado, em obras muito rápidas com elevado grau de incerteza o ciclo de planejamento de médio prazo pode ser semanal (ALVES *et al.*, 2001; BERNARDES *et al.*, 1999 e HEINECK; MACHADO, 2001).

Neste nível deve-se proteger a produção contra incertezas associadas à disponibilidade de recursos, através de uma avaliação da realidade atual face o volume de trabalho previsto a partir do plano mestre.(MARCHESAN, 2001; ALVES, 2000; BERNARDES *et al.*, 1999, HEINECK; MACHADO, 2001 e CARVALHO, 1998).

Para BERNARDES *et al.*, 1999, as principais atividades envolvidas nesta etapa do processo são as seguintes:

- 1) Coletar informações: O plano de médio prazo é gerado a partir do plano mestre e também de informações retroalimentadas do gerenciamento operacional.
- 2) Realizar simulação em planta: Através de um estudo dos fluxos de trabalho e das tarefas no tempo e espaço, pode-se realizar uma simulação em planta de forma a identificar as possíveis interferências operacionais; bem como identificar locais de descarga para os materiais que serão utilizados.
- 3) Preparar plano de médio prazo: Pode ser gerado de um gráfico de Gantt ou um desdobramento do diagrama de precedência de atividades. Deve-se observar nesta planilha a convenção utilizada para assimilar datas chave, relacionadas às ações necessárias para obter os recursos ou informações necessárias à execução de cada atividade.
- 4) Difundir plano: Novamente os planos devem ser difundidos num formato adequado aos seus usuários, com destaque ao setor de suprimentos. A partir do plano de médio prazo é realizada a aquisição de materiais, e também a contratação de algumas equipes de mão-de-obra, cujo prazo de contratação é relativamente curto.
- 5) Programar a aquisição dos recursos materiais.
- 6) Difundir Programação: A programação deve ser difundida para os setores de suprimentos para a negociação e compra do material e também para contratação de mão-de-obra.

A partir do planejamento de médio prazo, devem ser liberadas previamente ordens de produção, montagem ou compra, de modo a assegurar que todos os recursos necessários para a execução de um serviço existente no plano de longo prazo estejam disponíveis nos momentos apropriados. Parece elementar esta lógica, mas infelizmente não ocorre de forma organizada na grande maioria das empresas. Na realidade, a informalidade em que este processo se desenrola provoca a geração de negligências, esquecimentos, omissões, enfim, falta de programação e planejamento adequado (MACHADO, 2001).

2.2.3 Planejamento curto prazo

No planejamento de curto prazo, ou planejamento operacional, ocorre a designação específica dos pacotes de trabalho às equipes de produção (BALLARD, 1997 e CHOO *et al.*, 1999). Segundo FORMOSO; *et al.*, 1999, este ciclo de planejamento corresponde a uma semana, podendo, no entanto, ser realizado diariamente, de acordo com as características da obra em questão.

O planejamento de curto prazo (*weekly work plan*), objetiva produzir planos passíveis de serem atingidos por meio do cumprimento de seus requisitos (detalhados posteriormente) e pela análise das razões pelas quais as tarefas planejadas não são cumpridas. (CHOO *et al.*, 1999)

A responsabilidade pela elaboração deste planejamento é compartilhada entre a gerência da obra, o mestre-de-obra e os chefes das equipes de produção, sendo esta uma características fundamental para o engajamento das equipes de produção em busca do cumprimento das metas estabelecidas (BALLARD, 1997).

Para CONTE (1999); a simplicidade e transparência gerada por este tipo de plano contribuem significativamente para que as equipes de produção se comprometam a alcançar o resultados esperados no planejamento. Além disso, essa técnica induz as equipes de produção, coordenadas pelo engenheiro da obra e pelo mestre-de-obras, a estudarem com profundidade as metas de médio prazo, diminuindo assim as chances de imprevistos que possam comprometer o desempenho global esperado.

O monitoramento da eficácia da situação atual e futura do planejamento pode ser realizado por meio de indicadores de desempenho relacionados ao número de tarefas da semana concluídas em função do número total de tarefas planejadas para a semana, sendo denominado como PPC - Percentagem do Planejamento Concluído, conforme (BALLARD, 1997 e MENDES JR, 1999).

Para a elaboração do planejamento de curto prazo, são necessários as seguintes atividades (BERNARDES *et al.*, 1999 e CHOO *et al.*, 1999):

1. Coletar informações: As principais informações que servem de suporte para a elaboração do plano de curto prazo são o plano de médio prazo e o plano de curto prazo do ciclo anterior. É importante também que se obtenham informações sobre os fluxos de trabalho das equipes e

sobre os fluxos de materiais na obra, de forma a identificar se alguns dos problemas detectados nos ciclos anteriores estão relacionados a deficiência nestes fluxos.

2. Preparar o plano de curto prazo: Pode-se utilizar a ferramenta *last planner*, conforme apresentado no fluxograma da Figura 2.2. Em geral, o mestre de obra elabora uma primeira versão que é revisada pelo gerente da obra antes da reunião semanal.
3. Difundir o plano: Este plano deve ser difundido para toda a obra assim como as avaliações periódicas realizadas a partir do indicador PPC (Porcentagem do Planejamento Concluído) e do gráfico de causas do não cumprimento do planejamento.
4. Difundir Programação: a programação deverá ser difundida para o setor de suprimentos, para que o mesmo tenha condição de repor os estoques no prazo previsto.

Seguindo o raciocínio para a implementação do plano de curto prazo (*last planner*) são necessários os seguintes procedimentos (BALLARD, 1997):

- Identificar e priorizar as tarefas realizáveis;
- Determinar a capacidade de mão-de-obra para a próxima semana;
- Selecionar atividades por tamanho e capacidade;
- Listar os excessos de tarefas e mão-de-obra;
- Verificar o andamento de cada atividade a cada dia e listar os motivos por não completar as tarefas. Estes motivos darão origem às discussões nas reuniões de planejamento e de ações para melhorias e/ou treinamento;
- O gerente deve analisar o plano semanal e atuar sobre as causas dos problemas.

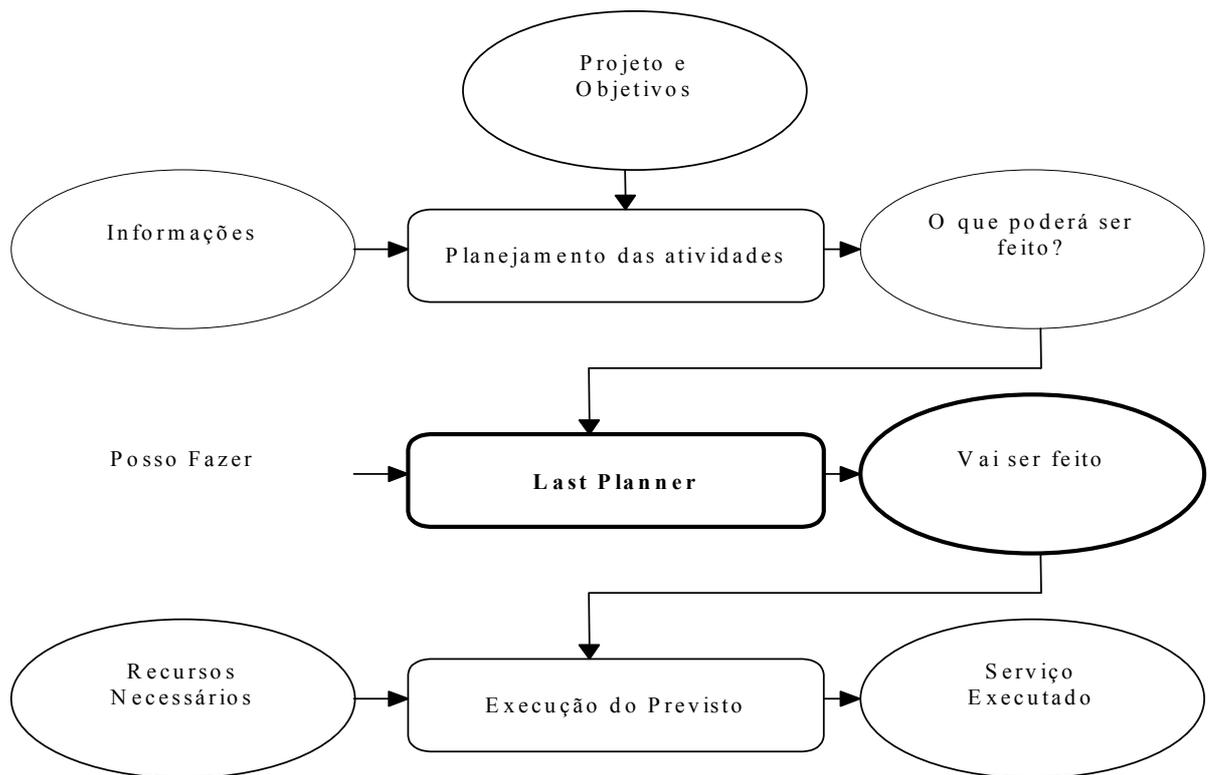


Figura 2.2: Fluxograma para elaboração do planejamento de curto prazo, BALLARD; HOWELL *apud* CHOO *et al.* (1999).

A vinculação entre o planejamento de médio prazo (*lookahead*) e o planejamento de curto prazo acontece por meio da geração dos cartões de produção para todas as tarefas previsíveis para a conclusão final da obra. (MACHADO, 2001; HEINECK; MACHADO, 2001 e OLIVEIRA; JUNGLES, 2001). Desta forma são produzidos diversos cartões de produção, associados às diversas tarefas que ocorrem no canteiro de obras, formando uma espécie de estoque de ordens de produção, liberadas a cada elaboração do planejamento de médio prazo e confirmadas por meio da entrega às equipes de produção da programação semanal (*weekly work plan*).

A Figura 2.3 a seguir apresenta um modelo de cartão de produção no qual são descritos os pacotes de tarefas executáveis para a semana segundo o plano. Nas demais linhas podem ser colocados o número de funcionários (ou pessoal terceirizado) envolvidos com o pacote, os dias de trabalho, o registro de finalização da tarefa e uma identificação da real causa do problema caso o pacote não tenha sido cumprido.

Segundo MACHADO; HEINECK (2001), esta técnica promove um maior controle da mão-de-obra alocada diariamente nos serviços, pois é ela que ajudará a manter a continuidade das tarefas dentro do canteiro de obra.

CARTÃO DE PRODUÇÃO	
Equipe	<input type="text"/>
Tarefa	<input type="text"/>
Local	<input type="text"/>
Data de início	<input type="text"/>
Data de término	<input type="text"/>

Preparação da tarefa	
Quantidade realizada	
Data realizada	
Início:	<input type="text"/>
Término:	<input type="text"/>

Figura 2.3: Cartão de produção, MACHADO; HEINECK (2001).

2.3 O PROCESSO DE PLANEJAMENTO E SUAS INCERTEZAS

MURGEL (1981), afirma que o simples fato de elaborar o planejamento de um empreendimento, por mais completo que seja, não garante que tudo ocorrerá conforme o planejado. Isto porque todo empreendimento sofre interferências durante o seu desenvolvimento; porém este grau de incerteza tende a diminuir ao passo que o empreendimento se desenvolve, quando as aferições/avaliações são realizadas e os desvios em relação ao planejado são corrigidos ou quando não, são introduzidas revisões dos planos, as quais os aproximam mais da realidade.

MURGEL (1981), ressalta ainda que a experiência nos vários tipos de empreendimentos e o aprendizado na forma gerenciá-los, diminui o grau de incerteza presente, geralmente, no início do planejamento.

ASSUMPCÃO (1996) e MENDES JR. (1999) afirmam que no canteiro de obras, o planejamento, seja qual nível de detalhamento se consiga fazê-lo, ainda é pouco utilizado.

Segundo MENDES JR.(1999), isso ocorre pelos seguintes motivos

- o planejamento realizado no escritório muitas vezes não condiz com a realidade da obra;
- dificuldade para atualização dos planos por parte dos responsáveis pelo planejamento, na maioria das vezes por não disporem de informações do canteiro em tempo e na forma adequada;

- falta de integração vertical do planejamento.

De acordo com MENDES JR.(1999), as novas filosofias de produção dão prioridade mais ao fluxo de produção e ao planejamento operacional, objetivando atender metas de produção, prazos, qualidade, redução de desperdício e ainda a melhoria contínua do processo. O modelo tradicional de planejamento e controle é, na realidade, um modelo de controle de projetos não um controle de produção.

FORMOSO; FRUET apud CARVALHO (1998) afirmam que a difusão das informações de planejamento no canteiro geradas não tem obtido resultados na melhoria da eficiência no processo produtivo e conseqüentemente do próprio processo de planejamento. Isso porque as informações geradas no planejamento tático não tem condições de serem usadas eficientemente no plano operacional. Por este motivo, verifica-se que o planejamento operacional detalhado não tem importância para o atendimento das metas estabelecidas no plano estratégico, uma vez que estas ficam ultrapassadas em função principalmente dos problemas apresentados anteriormente.

Isso pode demonstrar a falta de integração da equipe de produção com a equipe de planejamento. Desta forma é necessário buscar o desenvolvimento de ferramentas adequadas, como a qualidade das ordens de serviço como um meio de envolvimento da equipe de produção no processo de planejamento.

2.4 PROGRAMAÇÃO DE OBRAS

O planejamento da obra é freqüentemente confundido pelos gerentes com a programação – determinação dos marcos temporais para a realização de ações definidas pelo planejamento – ou, ainda, com a aplicação pura das técnicas de programação. Quando se fala de planejamento, a atenção está centrada, principalmente, nas previsões de custo e de tempo associados à conclusão dos serviços, além da alocação de recursos (LAUFER; TUCKER, 1987).

Fazem parte da programação de obras: previsão das atividades a serem realizadas, seqüência de execução, recursos necessários, custos estimados, prazos de conclusão e outros elementos importantes para a execução e o acompanhamento da obra dentro da melhor técnica adotada (FISHER, AALAMI, 1996 e ASSUMPÇÃO, 1988).

SILVA; GUELPA (1993), afirmam que o sistema de programação afere o comportamento do sistema gerenciado, tratando as informações de modo a permitir o confronto entre os objetivos programados e os fatos verificados. A finalidade é reorientar os elementos da programação e por decorrência o curso da ação, a fim de compensar eventuais desvios.

Estes autores, ressaltam que o sistema de programação induz o sistema de controle e este realimenta a programação. Ambos os sistemas são igualmente necessários, pois a programação não tem vida própria e o mesmo pode-se dizer do controle. O planejamento pressupõe a execução destes dois tipos de atividades, a programação e o controle.

Desta forma torna-se necessário a habilidade para a combinação de todas as informações necessárias ao desenvolvimento da programação de uma obra. Em projetos pequenos e simples as ações podem ser diretas, o engenheiro detém o controle das informações. Já em projetos complexos, contar apenas com a capacidade pessoal do engenheiro pode induzir a desvios técnicos e econômicos. Portanto, é conveniente adotar uma abordagem coerente com a complexidade do projeto, passando por fases de delineamento, viabilidade, detalhamento, implementação e manutenção do projeto de programação da obra (VARGAS, 1996).

A Tabela 2.1 a seguir estabelece quais produtos a serem gerados pelo sistema de programação em relação às fase do empreendimento.

Tabela 2.1: Atividades típicas da programação. Fonte: SILVA; GUELPA (1993).

Fase do Empreendimento	Atividades da Programação
Concepção	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo de viabilidade. • Análise de condições de suporte. • Planejamento estratégico.
Planejamento	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento tático. • Programação geral. • Programação básica dos subsistemas e tarefas do WBS¹.

¹ WBS: *Work Breakdown Structure* é um procedimento de decompor a obra em subsistemas, estabelecendo hierarquias para esta decomposição. Como resultado obtém-se uma matriz que permite analisar a obra a partir dos seus sistemas de hierarquia inferior. Esta matriz é utilizada, para estabelecer o plano de contas de um orçamento, onde cada conta pode ser entendida como um subsistema em que se apropriam custos. Após a decomposição e análise, por meio de um processo de síntese, chega-se ao orçamento dos serviços, das etapas e da própria obra (ASSUMPCÃO 1996).

Tabela 2.1 (continuação): Atividades típicas da programação. Fonte: SILVA; GUELPA (1993).

Fase do Empreendimento	Atividades da Programação
Execução	<ul style="list-style-type: none"> • Atualização da programação gerencial. • Elaboração e análise do planejamento operacional. • Análise da programação executiva dos subsistemas ou tarefas do WBS, preparadas pelos respectivos fornecedores.
Conclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Atualização do programação gerencial. • Elaboração e análise do planejamento operacional. • Atualização da programação dos subsistemas e tarefas junto aos fornecedores.

2.4.1 Parâmetros e requisitos para a programação de obras

Um primeiro requisito para a elaboração da programação de obras é que pelo menos o projeto básico ou preferencialmente os projetos executivos estejam definidos. (ASSUMPÇÃO; 1998).

A programação deve se adaptar aos diferentes tipos de obras e utilizar técnicas apropriadas às suas características. Uma destas especificidades pode ser a ocorrência de um conjunto de operações iguais, que se repetem ao longo de toda a obra, como no caso das redes de infraestrutura urbana, dos edifícios verticais e conjuntos habitacionais, permitindo que a obra seja programada levando-se em conta a repetitividade destas operações, que consomem o mesmo tipo e quantidade de recursos. Exemplificando, as operações de assentamento de alvenarias, colocação de batentes, instalações de prumadas e ramais, revestimentos, contrapiso, são seqüências de operações que se repetem em cada pavimento tipo de um edifício de apartamentos. Nestes casos devem ser utilizadas técnicas de programação apropriadas a estes tipos de obras, possibilitando a programação de operações contínuas com melhor aproveitamento dos recursos envolvidos.

Uma das bases para o sistema de programação de obras é a montagem de um banco de dados onde devem estar cadastrados dados históricos de produtividade e consumo de insumos referentes aos diversos serviços de construção civil da empresa. Estas informações são obtidas pela apropriação de índices de obras já executadas e pela experiência dos profissionais diretamente envolvidos na execução destes empreendimentos. Os valores devem ser constantemente atualizadas por meio do controle de obras, uma vez que a

qualidade das informações geradas pela programação esta diretamente vinculada à credibilidade e consistência deste banco de informações (KRETZER *et al.*, 1996).

O grau de detalhamento da programação deve ser sempre compatível com as condições operacionais do controle. A programação gera as bases para o controle ou se adapta às suas condições; o importante é que ambos operem com as mesmas bases de medida. Eventuais desvios verificados pelo controle devem gerar uma reprogramação. (LIMA JR. apud ASSUMPÇÃO, 1998).

É de fundamental importância a participação de pessoas envolvidas com a execução da obra na elaboração da programação (LAUFER, TUCKER, 1987 e ASSUMPÇÃO, 1988). Segundo ASSUMPÇÃO (1988), esta participação tem dois aspectos que fazem com que sejam reduzidos os desvios entre o programado e o realizado:

O primeiro destes aspectos é que a participação dos responsáveis pela execução da obra auxilia na formulação de um modelo próximo da realidade, colaborando na definição correta das seqüências, definição de processos de trabalho, adoção de índices de produtividade, entre outros. O segundo aspecto é que o ato de participar da programação coloca estas pessoas como co-responsáveis pelos programas, aumentando seu interesse para que os mesmos sejam cumpridos.

2.4.2 Etapas do processo de programação

A Figura 2.4 apresenta um resumo das etapas do processo de programação de obras. Cada um destes passos serão discutidos nos itens a seguir.

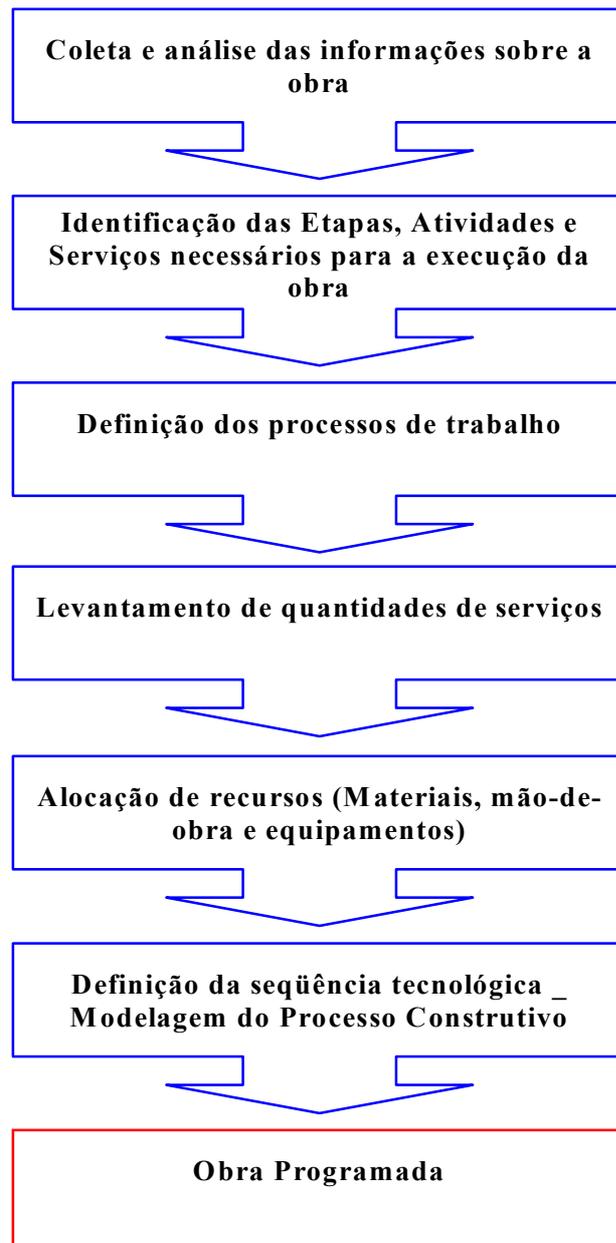


Figura 2.4: Etapas do processo de programação de obras, MAZIERO (1990).

2.4.2.1 Coleta e análise das informações sobre a obra

Corresponde a etapa inicial do processo de programação, sendo de fundamental importância para a qualidade do programa. Deve compreender:

- Análise sobre o projeto e especificações técnicas da obra a ser programada, com o objetivo de conhecer a obra, identificar as etapas construtivas, antecipar eventuais problemas como erros de projetos, definir os processos de trabalho e propor modificações no projeto que possam facilitar aspectos da produção no canteiro;

- Conhecimento dos condicionantes físicos da obra, como condições e topografia do terreno, construções vizinhas, limitações de acesso, normas de concessionárias de serviços públicos, código de obras e outros;
- Conhecimento da disponibilidade e dos custos dos recursos;
- Conhecimento da estratégia da obra, quais etapas chaves para medição e controle, quais os prazos e custos a serem cumpridos.

A estratégia define o desenvolvimento da obra dentro dos objetivos da organização tendo como base a disponibilidade de recursos (mão-de-obra; equipamentos e materiais) e prevendo a ocorrência de fatores externos chuvas, inflação, comportamento do mercado, imposição do cliente e condições de pagamento. Para ASSUMPÇÃO (1988), a estratégia da obra não é definida pela programação, mas sim para a programação.

2.4.2.2 Identificação das etapas, atividades e serviços necessários para a execução da obra

Nesta fase deve-se identificar as principais etapas construtivas, as atividades e os serviços necessários para a concretização da obra. As atividades compreendem um conjunto de operações necessárias para executar uma parte específica da construção, podendo ser o próprio serviço. Os serviços são operações menores, envolvendo homens, materiais e equipamentos, que, por meio de um processo, executam um determinado trabalho dentro da construção. (MAZIERO 1990; SCHMITT, 1992 e SCHMITT; HEINECK, 2001).

De acordo com estas definições, considera-se o levantamento de alvenaria, como sendo uma atividade que engloba os serviços de: marcação de alvenaria, assentamento de blocos, execução de vergas e contravergas e encunhamento das alvenarias.

Esta divisão deve ser feita de acordo com a estratégia de execução da obra, de modo que possam se estabelecidas as relações de dependência entre os serviços, de forma condizente ao que ocorre no canteiro (ASSUMPÇÃO, 1988).

Exemplificando, num edifício com pavimento tipo, as atividades e serviços de cada pavimento devem ser considerados etapas da obra, pois definem uma seqüência tecnológica clara. Desta

forma, o levantamento da alvenaria deve ser considerado uma atividade do pavimento e não da obra sendo dividido em levantamento de alvenarias pavimento. 01, levantamento de alvenaria pavimento. 02, e assim por diante. Para a programação de tempos e recursos para obtenção do custo distribuído ao longo da obra, é necessário que parcelamento da obra seja feito conforme exposto acima. No entanto, quando a programação se resume na elaboração de orçamentos por composições unitárias de serviços, não é necessária a definição dos períodos e locais de execução, nem a seqüência tecnológica dos serviços.

A partir deste parcelamento deve ser estabelecida uma matriz única a ser utilizada na programação, de tal forma que os itens presentes no orçamento operacional devem ser os mesmos que irão constar no cronograma, promovendo uma coerência nas informações de custos, prazos e recursos.

Com a utilização de uma matriz única é possível estabelecer um sistema de codificação que possibilite agrupar informações segundo diferentes critérios de seleção dando origem a relatórios com diferentes abordagens sobre o programação

Esta técnica, conhecida por *Work Breakdown Structure* - WBS ou Estrutura Analítica do Projeto - EAP, estabelece critérios bem definidos para a divisão de atividades, identificação das etapas e serviços para o sistema de codificação.

2.4.2.3 Definição do processo de trabalho

A identificação de um processo de trabalho se dá pelo conhecimento da programação, tipologia e organização dos recursos envolvidos, resultando de cada processo, um nível de produtividade e custo correspondente (ASSUMPCÃO, 1988).

Exemplificando, o transporte de concreto, para a concretagem de uma laje, pode ser executado por diferentes processos de trabalho: utilizando bombas, guias ou por giricas utilizando o elevador da obra. Embora o resultado final seja o mesmo, cada uma destas alternativas envolve equipes e equipamentos diferentes, exigem diferentes formas de organização do trabalho e resultam em produtividade e custos particulares.

Deste fato, decorre que, sem a associação de um processo de trabalho a cada serviço, não é possível elaborar previsões de custos, prazos e recursos.

Os bancos de composições unitárias de serviços, comumente utilizados para elaboração de orçamentos operacionais e para a consulta de índices de produtividade contém algumas informações que sugerem processos de trabalho, na medida em que fornecem os tipos e os índices de utilização dos recursos necessários para a execução dos serviços cadastrados.

Segundo ASSUMPÇÃO (1988), a definição inadequada dos processos de trabalho na programação é uma das principais causas para a ocorrência de desvios, pois podem ocorrer situações em que os processos de trabalho utilizados na obra sejam diferentes dos que foram adotados pela programação.

2.4.2.4 Levantamento dos quantitativos de serviços

É a etapa onde se define o quanto será feito de cada serviço, apropriados de acordo com as unidades usuais de medida, m^2 de formas ou m^3 de concreto, por exemplo.

Este levantamento de quantidades deve ser feito tendo como base a matriz WBS, definida no parcelamento da obra, a qual deve ser utilizada para a programação de prazos, custos e recursos (ASSUMPÇÃO, 1988).

Podem ocorrer situações em que, serviços de mesmos tipo, exijam o levantamento de quantitativos em separado, por exemplo: quando forem executados em locais e períodos diferentes. Se a matriz WBS estabelece a divisão por pavimentos não basta conhecer a área total de concreto da estrutura de um edifício, mas sim o volume de concreto correspondente a cada pavimento, pois estes volumes em separado é que irão definir as durações e os recursos necessários para a execução de cada uma das etapas de estrutura.

2.4.2.5 Alocação de recursos (materiais, mão-de-obra e equipamentos)

Conhecidos os serviços a serem executados, os processos de trabalho a serem empregados e os respectivos índices de produtividade e os quantitativos, deve-se nesta etapa alocar materiais, equipes de mão-de-obra e equipamentos para a estimativa das durações para cada serviço.

Com o conhecimento dos quantitativos e produtividade, a alocação de recursos se dá pela disponibilidade de mão-de-obra, equipamentos e durações desejadas. Nesta manipulação de recursos e durações pode-se supor, dentro de certos limites, uma variação linear entre a proporção de recursos alocados e a duração correspondente.

Assim sendo, ao desejar que um mesmo volume de serviços seja executado na metade do tempo, implicará na duplicação da alocação de recursos. No entanto aumentos excessivos de recursos podem não ter a mesma proporcionalidade na redução das durações.

Para CARVALHO (1998), a possibilidade de manipular recursos e durações é de fundamental importância para a otimização da programação, na medida em que esta etapa pode se repetir, na busca de um nivelamento satisfatório de recursos.

2.4.2.6 Definição da seqüência tecnológica

Definir a seqüência tecnológica significa determinar o que deve ser feito primeiro, o que pode ser feito em paralelo, quais atividades devem estar concluídas para que outras possam ser executadas, qual o tipo de dependência entre as atividades, quais as defazagens ideais entre o início e términos de atividades dependentes (ASSUMPÇÃO, 1988).

A representação desta seqüência é feita geralmente por meio de técnicas de programação, (gráficos de barra, redes de precedência, técnicas de orçamentação, entre outros), propiciando a construção de modelos que representem o processo construtivo e que possibilitem avaliar o comportamento da obra em relação às suas variáveis de produção (custos, prazos e recursos). A construção dos modelos e a simulação da produção, geram informações na forma de orçamentos, cronograma, histogramas e gráficos, para serem utilizados pelos diferentes setores da empresa.

Após a construção destes modelos pode-se simular situações de produção, gerando diferentes alternativas para análise. A qualidade destas informações está diretamente associada à capacidade de modelagem e de simulações das técnicas de programação e ao uso de informática no processo de programação.

2.4.3 Informações geradas pela programação de obras

As tabelas abaixo exemplificam os tipos de informações que podem ser geradas pelas técnicas de programação de obras. O grau de detalhamento e o fluxo de informações dependem da estrutura organizacional da empresa.

Tabela 2.2: Informações geradas pela programação. Fonte: ASSUMPCÃO; (1988), P. 29 – 31 –
Elaboração própria.

INFORMAÇÕES GERADAS			
SETOR	CUSTOS	PRAZOS	RECURSOS
Financeiro	Na forma de orçamentos globais, para que em conjunto com dados sobre a evolução física da obra, possam ser elaborados os programas de desembolso e fluxo de caixa.	Na forma de cronograma globais (físico).	
Gerencias	Orçamentos globais, e histogramas de tempo x custo, para que, em conjunto com os fluxos de caixas gerados pelo setor financeiro e com informações semelhantes de outras obras, sejam feitas as compatibilizações econômico e financeiras da empresa.	Na forma de cronograma físico global, para conhecimento dos prazos de conclusão das obras.	Na forma de cronograma globais de mão-de-obra, de materiais e de equipamentos, para possibilitar a avaliação do uso destes recursos com outras obras da empresa.
Comercial	Na forma de orçamento detalhado, para subsidiar as vendas ou elaboração de contratos e licitações.		
Fluxo de suprimentos	Na forma de Curva ABC, para a definição de lotes econômicos para a compra de materiais.	Na forma de relatórios que definem as datas marco para aluguel de equipamentos de longos prazos de entrega (elevadores, compactadores), de forma a possibilitar a antecipação dos contratos de fornecimento.	Em forma de cronogramas de materiais, para possibilitar o desenvolvimento de uma política de compras e estoque de materiais.
Execução	Na forma de orçamento detalhado, histogramas de tempo x custo de Curva ABC para norteamto de compras e controle de gastos.	Na forma de cronogramas físicos detalhados, com destaque para atividades críticas e datas marco, para servirem como diretrizes para execução.	Na forma de cronogramas detalhados de mão-de-obra, de materiais e de uso de equipamentos, bem como na forma de histogramas, para servirem como diretrizes de execução.

Tabela 2.2 (continuação): Informações geradas pela programação de obras.

INFORMAÇÕES GERADAS			
SETOR	CUSTOS	PRAZOS	RECURSOS
Controle	Na forma de orçamento detalhado, histogramas de tempo x custo e Curva ABC, para estabelecimento das bases para o controle.	Na forma de cronogramas físicos detalhados, com destaque para atividades críticas e datas marco, para o estabelecimento das bases para o controle.	Na forma de cronogramas detalhados de mão-de-obra, de materiais e de uso de equipamentos, para o estabelecimento das bases para o controle.
Pessoal			Na forma de cronogramas de mão-de-obra para possibilitar o desenvolvimento de uma política de contratação de funcionários.

2.4.4 Instrumentos de apoio a programação

Neste item serão abordados alguns instrumentos de apoio a programação de obras, dentre eles podem-se destacar o WBS, Curva ABC e a Curva S.

2.4.4.1 WBS (Work Breakdown Structure)

WBS (Work Breakdown Structure), PBS (Project Breakdown Structure), ou mais especificamente EAP (Estrutura Analítica do Projeto) são as denominações comuns para esta técnica cujos conceitos foram desenvolvidos para a análise de empreendimentos na sua forma mais ampla, englobando as etapas de projeto e construção (MURGEL, 1981; ASSUMPCÃO, 1988 e ASSUMPCÃO, 1996).

A técnica estabelece regras para análise do empreendimento, dividindo-o por partes, etapas, fases, atividades ou serviços definindo uma estrutura analítica que é utilizada por todos os setores da empresa envolvidos em sua produção. Os critérios para divisão dependem do tipo de empreendimento, estrutura organizacional, níveis de decisão e de controle.

Em programação de obras, o WBS pode ser utilizado como técnica para definir o parcelamento da obra em suas etapas, atividades e serviços. Este é o primeiro passo dado pelo planejador para

elaboração dos planos e programas. Pela análise, definem-se os custos, prazos e recursos para as partes em que o empreendimento foi dividido. (ASSUMPÇÃO, 1988 e ASSUMPÇÃO, 1996).

2.4.4.2 Curva ABC

Para ZACARELLI apud ASSUMPÇÃO (1988), a Curva ABC é um meio de ordenar itens pela sua importância relativa. Após a ordenação pela ordem de importância relativa pode-se definir as classes A, B, C de itens correspondentes a:

Tabela 2.3: Grau de importância da Curva ABC. Fonte: ZACARELLI apud ASSUMPÇÃO (1988).

Classe	Grau de Importância
A	Itens mais importantes que merecem um tratamento preferencial e que justificam procedimentos meticoloso e uma atenção bastantes grande por parte da administração.
B	Itens em situação intermediária entre as classes A e C.
C	Itens menos importantes que justificam pouca ou nenhuma atenção por parte da administração e procedimentos os mais expedidos possíveis.

Segundo ZACARELLI apud ASSUMPÇÃO (1988), o critério de escolha dos pontos de divisão entre as classes para o setor industrial é sujeito apenas a ditames de bom senso. Costuma-se colocar na classe A uma pequena porcentagem de itens, na maioria dos casos menos que 20% dos itens. Na classe C, costuma-se colocar em torno de 50% dos itens.

Na construção Civil, o critério utilizado tem sido o de priorização por custos, por meio da geração de Curvas ABC de serviços do orçamento, de insumos de mão-de-obra e material.

Em construção civil pode-se utilizar percentuais diferentes, conforme os apresentados por ASSUMPÇÃO (1988). Nestes trabalho a Curva ABC dos serviços de orçamento de um edifício vertical de 22 pavimentos, com alto padrão de acabamento; os percentuais utilizados foram:

- Classe A – cerca de 20 itens do orçamento representam aproximadamente 53% do custo total.
- Classe B – cerca de 40 itens do orçamento representam aproximadamente 25% do custo total.
- Classe C – cerca de 220 itens do orçamento representam os 22% representantes do custo total.

Segundo MARTINS apud MARCHESAN (2001), uma das grandes vantagens da Curva ABC frente a outras ferramentas de custos tradicionais, é que ela permite uma análise que não se restringe ao custo do produto, sua lucratividade ou não, sua continuidade ou não, mas permite que os processos que ocorrem dentro da empresa também sejam custeados.

Embora esta técnica tenha sido desenvolvida para o setor produtivo industrial, sua aceitação e aplicação em programação de obras tem se intensificado, face as características do produto (obra), o qual envolve inúmeros itens de serviço e insumos, o que torna inviável uma sistemática de controle específica envolvendo todos estes itens (ASSUMPÇÃO, 1988).

2.4.4.3 Curva S

De acordo com HEINECK (1989) a Curva S é uma técnica que possibilita a modelagem de custos ou recursos em relação ao tempo, por meio de um gráfico cartesiano, em que o eixo x representa o progresso do projeto (obra) e o eixo y, o consumo acumulado de recursos, ou o custo acumulado

Esta técnica pode ser utilizada tanto para retratar o progresso de uma única atividade, como para representar o progresso ou performance de todo o empreendimento (BARRAZA *et al.*, 2000).

A Curva S indica o total de recursos ou desembolso, necessários para a concretização de todo o empreendimento, adequando a obra à uma programação de pagamento e ou recebimento com o intuito de obter fluxos de caixas mais apropriados (BARRAZA *et al.*, 2000).

ASSUMPÇÃO (1988) afirma que no canteiro a Curva S é capaz de identificar a necessidade de ajustar a velocidade da obra e também permite ao engenheiro residente precaver-se nos períodos onde possam ocorrer imprevistos como chuvas e falta de recursos.

Além de importante ferramenta de programação e controle, a Curva S é capaz de sintetizar informações com qualidade, sendo muitas vezes utilizada como instrumento de comunicação devido a sua facilidade de compreensão (ASSUMPÇÃO, 1988 e BARRAZA *et al.*, 2000).

2.5 TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO DE OBRAS

O conhecimento das atividades que compõem a obra e suas respectivas durações, em função do número de equipes, representam a base de dados para a aplicação das técnicas de programação de

obras. Dentre as técnicas mais conhecidas pode-se destacar o gráfico de barras ou diagrama de Gantt, redes PERT/CPM e linha de balanço.

Por meio da análise de cada uma das técnicas verificou-se que nenhuma delas é completa, a ponto de representar, individualmente, um eficiente instrumento de programação de obras. Entretanto, o uso conjunto destas técnicas e o emprego de computadores podem melhorar a eficácia tanto da programação como o do controle (SCHMITT, 1992).

Nos itens seguintes serão abordados os conceitos que envolvem cada técnica de programação e com destaque para a técnica de linha de balanço, uma vez que esta corresponde a ferramenta utilizada no desenvolvimento da pesquisa.

2.5.1 Gráfico de barras ou diagrama de Gantt

Este método foi desenvolvido pelo engenheiro industrial norte americano Henry L. Gantt em 1913 e aplicado na área militar durante a primeira guerra mundial (ICHIHARA, 1998 e SÃO THIAGO; SOARES, 1999).

Gantt criou este método visando a produção fabril, porém, na década de 30, a construção civil passou a utilizá-la como ferramenta do processo de planejamento de obras, (SÃO THIAGO; SOARES, 1999).

Pode-se descrever esta técnica como um gráfico de barras horizontais, onde cada barra representa uma atividade do projeto. Na direção horizontal encontram-se as durações em escala de tempo e na direção vertical encontram-se as atividades.

Segundo SCHMITT (1992), as etapas para o uso do diagrama de Gantt correspondem à:

- definir a estrutura da programação - por meio da análise de projeto e definir as atividades que irão ocorrer na obra;
- definir a equipe básica para as atividades - número de equipes a serem utilizadas e as durações correspondentes;
- definir a seqüência das atividades - indicar para cada atividade as respectivas atividades sucessoras;

- construir o gráfico de barras.

Segundo MURGEL (1981), ASSUMPÇÃO (1988), SCHMITT (1992), CHEHAYEB; ABOURIZK (1998) e SÃO THIAGO; SOARES (1999), esta técnica é amplamente conhecida e utilizada. Estes autores afirmam também que sua utilização tem como vantagem a clareza, a simplicidade e o poder de comunicação, sendo de fácil compreensão, mesmo por aqueles que tiveram pouco contato com a técnica.

Por estas vantagens esta técnica tem sido utilizada para expor os resultados obtidos por meio de outras técnicas de programação de obra. O uso conjunto com técnica de rede, por exemplo, possibilita a obtenção de diagramas de barra de primeiras e últimas datas aos quais, associando-se aos recursos, possibilitam a obtenção de histogramas, que correspondem a mecanismos para nivelamento e otimização de recursos (MURGEL, 1981 e ASSUMPÇÃO, 1988).

ASSUMPÇÃO (1988), ressalta que o gráfico de barras com seu poder de comunicação representa também uma interessante ferramenta de acompanhamento e controle, na medida em que pode-se representar também por meio de barras, o desenvolvimento real da obra, comparado com o programado.

A maior desvantagem desta técnica corresponde ao fato de não apresentar uma definição clara das relações de dependência entre as diversas atividades. Nos projetos longos este tipo de representação pode se tornar confuso, devido à falta de clareza na visualização dos inter-relacionamentos das atividades e na visão geral do projeto. Por este motivo verifica-se uma dificuldade na utilização deste método como instrumento de simulação com uso de computadores (ASSUMPÇÃO, 1988; SCHMITT, 1992; ICHIHARA, 1998 e CHEHAYEB; ABOURIZK, 1998).

O diagrama de Gantt é falho no aspecto gerencial, visto que este método não é capaz de informar, com eficiência, quais atividades devem ser realizadas no caso de ocorrerem atrasos na obra (SÃO THIAGO; SOARES, 1999).

2.5.2 Redes PERT/CPM/PDM

Neste item serão discutidos os conceitos que envolvem as redes como meio de programação das atividades de produção, porém será dada uma ênfase maior para as redes PERT e CPM uma vez que estas são amplamente utilizadas na indústria da construção civil.

2.5.2.1 Histórico

O método PERT (Program Evaluation and Review Technique) mais conhecido como técnica de avaliação e controle de programas surgiu por volta de 1957 e foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, como ferramenta de programação para a construção de um míssil do projeto POLARIS (SÃO THIAGO; SOARES, 1999).

Este projeto envolveu 250 empreiteiros, 9000 subempreiteiros e a fabricação de 70.000 componentes, sendo que, muitos destes componentes nunca tinham sido produzidos em série. O prazo inicial de 5 anos foi reduzido para 3 anos. Por não haver experiência anterior quanto aos prazos de fabricação, cada fabricante indicou os prazos máximo, normal e mínimo que achavam factíveis, para a produção de cada peça (SCHMITT, 1992 e SÃO THIAGO; SOARES, 1999).

Já o CPM (Critical Path Method) ou método do caminho crítico foi criado também em 1957 pela Cia. E. U. DuPont, assessorada pela Remington Rand Division da Sperry Rand Corporation, com o objetivo de aprimorar a programação de projetos ligados a fabricação de produtos químicos. A empresa utilizou seu banco de dados para determinar a duração de atividades semelhantes, o que possibilitou a criação de uma rede com uma única determinação do prazo de duração para cada atividade (SHMITT; 1992; ICHIHARA, 1998 e SÃO THIAGO; SOARES, 1999).

As técnicas de representação PERT e CPM são conhecidas como métodos americanos de programação por rede. Porém em 1964, o professor Bernard Roy, da Universidade de Sorbonne, desenvolveu o método francês para este tipo de programação, o PDM (Precedence Diagram Method), ou mais conhecido também por Rede Neopert ou diagrama de precedência. Esta técnica nasceu com a da idéia de simplificar o CPM, tendo como objetivo a determinação das durações das atividades produtivas utilizando índices probabilísticos ou determinísticos (ICHIHARA, 1998 e SÃO THIAGO; SOARES, 1999).

2.5.2.2 Diferença entre PERT e CPM

O PERT e o CPM geralmente é confundido como uma técnica de programação única, uma vez que ambos os processos envolvem muitas atividades encadeadas, porém, a diferença fundamental está na definição do tempo de duração das atividades.

BARRAZA; *et al.* (2000) e LU; ABOURIZK (2000), afirmam que no PERT, a base de cálculo é toda probabilística tendo como referência estimativas de tempo para as atividades, já para o CPM os tempos são exatos, baseados na experiência profissional do engenheiro diretamente ligado a produção.

De qualquer forma, existe a possibilidade de verificar, com ambas as técnicas, o que ocorrerá com a programação como um todo quando uma atividade sofrer eventual atraso

2.5.2.3 Vantagens da aplicação do PERT e CPM

- Possibilita a visualização e análise de toda a seqüência e interferências entre as atividades,
- Possibilita a análise e a indicação de medidas corretivas,
- Possibilita a criação de histogramas de alocação de recursos e conseqüentemente de suas otimizações por meio de nivelamento,
- Possibilita a previsão dos custos, partindo-se do preço global e deduzindo-se os preços unitários,
- Possibilita a elaboração de cronogramas financeiros e fluxos de caixa reais, fugindo ao tradicional fluxo linear,
- Possibilita o estabelecimento de datas-macro intermediárias,
- Possibilita a avaliação do inter-relacionamento e das dependências entre tarefas com linhas de ações diferentes,
- Estabelece um caminho crítico, ou seja, a seqüência de tarefas que definem a duração do projeto,
- Flexibiliza e dinamiza o sistema gerencial.

Resumindo, estas técnicas de programação são utilizadas como base para a elaboração de orçamentos e nivelamento dos recursos e constituem-se elementos permanentes de cotejo entre o andamento real da obra e o programado no que diz respeito aos parâmetros tempo, custos e recursos. (CHEHAYEB; ABOURIZK, 1998; LU; ABOURIZK, 2000 e BARRAZA *et al.*, 2000).

2.5.2.4 Desvantagens da aplicação do PERT e CPM

Segundo MURGEL (1981), a utilização das técnicas PERT e CPM com nível de detalhamento elevado das atividades a serem programadas, traz algumas desvantagens entre as quais pode-se destacar:

- A rede resultante é muito grande, dificultando a leitura devido ao grande número de atividades e de inter-relacionamentos;
- Os tempos resultantes para execução de algumas atividades são considerados pequenos em consequência disto, verifica-se a necessidade de um acompanhamento e controle do andamento destas atividades de pequenas durações, praticamente impossibilitando, ou tornando ineficiente a ação.

Em contrapartida, este autor afirma que o uso do computador é capaz de eliminar praticamente estas desvantagens, já que a velocidade de processamento e portanto a rapidez na geração de informações geradas por ele permitiria o controle no menor nível de tarefas executivas.

As diretrizes válidas para outras técnicas de programação também devem ser seguidas na aplicação do PERT e CPM. MURGEL (1981) destaca que:

- A periodicidade de controle que será aplicada à obra deve ser conhecida para que se estabeleça uma correspondência entre esta periodicidade e o tempo real de execução das atividades,
- As tarefas semelhantes devem estar aglutinadas, dando origem a atividades maiores.

Este autor afirma que os resultados obtidos com a aplicação do PERT e CPM são:

- Continuidade da aferição dos processos produtivos,

- Possibilidade de recuperação de eventuais atrasos das atividades, diminuindo o número de reprogramações,
- Possibilidade de acompanhar a programação da obra e não adaptar-se à obra toda vez que houver atraso.

2.5.2.5 Caminho crítico e os tipos de dependências

A importância dada ao caminho crítico em programação de outros setores da indústria leva alguns engenheiros a preocuparem-se exageradamente com ele. Porém na construção civil, esta importância é relativa ou quase inexistente (MURGEL, 1981).

Isto ocorre porque numa obra existem tantos fatores - clima, fornecimento de materiais perda de qualidade e desempenho - que afetam o processo produtivo, que o caminho crítico traçado flutua na programação dia à dia. Por exemplo numa situação em que o caminho crítico passa pela estrutura e com folga nas alvenarias, um atraso no fornecimento de blocos pode tornar a alvenaria crítica. Esse tipo de situação é muito comum na construção civil.

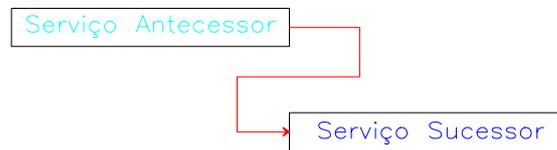
MACEDO (1981), acrescenta que no canteiro as diferentes operações nem sempre são executadas na seqüência exata em que estão previstas na rede, principalmente em se tratando de empreendimentos onde existem inúmeras tarefas a serem executadas. Assim, o caminho crítico varia e aquele inicial fornecido pelo estudo da rede, não deve ser considerado tão crítico a ponto de ponderar as demais atividades como menos importantes.

É comum que atividades consideradas seqüenciais na programação possam ser executadas em paralelo. Esta alternativa é muito utilizada pelos engenheiros de obras para recuperarem ou ganharem prazos na execução, porém isto cria dificuldades na elaboração da programação e do controle das atividades (RUSSEL; WONG, 1993 e SHAKED; WARSZAWSKI, 1995).

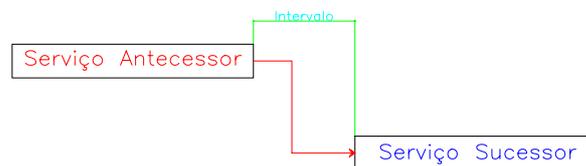
Nas redes PERT e CPM é possível representar esta situação se for induzida uma atividade espera ou uma defasagem entre os inícios de duas atividades e ou entre finais, o que facilita muito a programação, principalmente quando se trata de obras lineares (RUSSEL; WONG 1993).

Verificam-se os seguintes tipos dependências entre os serviços (RUSSEL; WONG, 1993; SHAKED; WARSZAWSKI, 1995; ASSUMPCÃO, 1996; COELHO, 1998; PRADO, 1998 e LU; ABOURIZK, 2000):

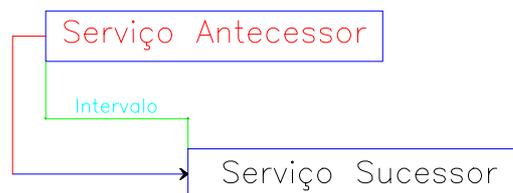
- a) Término– Início: Programa um serviço para iniciar imediatamente após o término de seu serviço antecessor.



- b) Término – Início + Dias: Programa um serviço para iniciar após um intervalo de tempo definido pelo engenheiro e contado a partir do término do serviço antecessor.



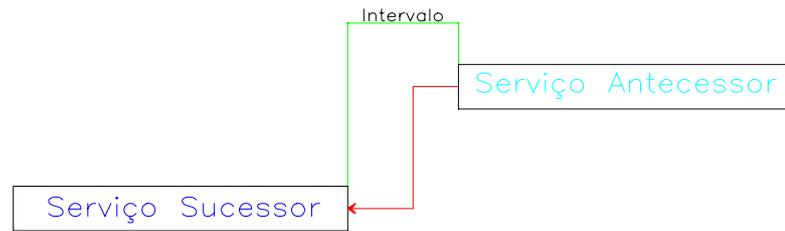
- c) Início – Início: relaciona dois serviços pelas suas datas de início. Assim como no exemplo anterior é possível configurar um intervalo de tempo na dependência. É comum utilizar este tipo de ligação para indicar que dois serviços devem iniciar juntos (para este caso o intervalo é nulo).



- d) Término – Término: relaciona dois serviços pelas datas de término. Idem aos anteriores quanto o intervalo de tempo. Usado geralmente para indicar que dois serviços devem terminar juntos.



- e) Início – Término: relaciona o serviço sucessor para terminar após o início do seu serviço antecessor. Esta dependência é usada com frequência quando pretende-se descobrir a data de início do projeto a partir de sua data de término. É uma programação de trás para a frente.



2.5.2.6 PERT e CPM x diagrama de Gantt

As técnicas PERT e CPM demonstram por meio de um diagrama de precedência em forma de rede, as relações de dependência existentes entre os diversos serviços, a ordem e o tempo de execução estimados para os mesmos. Por sua vez, o diagrama de Gantt representa simplesmente o andamento e duração dos serviços no tempo. Isoladamente, ambas as ferramentas costumam apresentar-se deficientes no tocante a visualização de todo o processo (FERNADEZ; HEINECK, 1996).

O grande inconveniente do diagrama de Gantt conforme abordado anteriormente é a dificuldade de caracterizar as relações de dependência entre os serviços de maneira clara. Já as redes PERT e CPM mostram essas relações sem, no entanto, expor em escala de tempo a duração das atividades, dificultando assim a leitura analógica do andamento da programação (FERNADEZ; HEINECK, 1996).

O uso associado destas duas técnicas constitui uma ferramenta poderosa para a programação, fornecendo ao engenheiro informações para o processo de tomada de decisão, uma vez que uma é capaz de suprir as necessidades e defeitos da outra

2.6 LINHA DE BALANÇO

2.6.1 Definição de projetos repetitivos

Os projetos de construções lineares podem ser definidos como aqueles que envolvem muitas tarefas repetitivas. Neste caso se enquadram os edifícios de múltiplos pavimentos, conjuntos habitacionais, túneis, estradas, obras de redes de água ou esgoto, entre outros (SCHMITT, 1992; MATTILA; ABRAHAM, 1998, MENDES JR.; HEINECK, 1988 e MENDES JR., 1999).

Os projetos repetitivos são constituídos por unidades básicas, as quais devem ser repetidas até sua conclusão. Para a determinação da unidade básica, o projeto deve ser dividido em seções que representam um conjunto de operações ou tarefas que são repetidas ao longo do projeto (MAZIERO, 1990 e MATTILA; ABRAHAM, 1998).

Segundo LUSMSDEN apud MAZIERO (1990), a unidade representativa pode ser obtida por meio de uma média ponderada entre o número de unidades de uma seção e a carga de trabalho que esta seção encerra. Na ponderação, tem maior peso a unidade que ocorre em maior frequência e/ ou possui maior carga de trabalho.

Porém MENDES JR. (1999) e MATTILA; ABRAHAM (1998) afirmam que a determinação da unidade básica depende da dimensão do problema. Isto porque a programação pode se tornar minuciosa ao considerar como unidade de repetição a menor unidade repetitiva.

Por exemplo, na construção de conjunto habitacional de casas, a unidade pode ser uma casa, ou uma quadra de casas. Num conjunto habitacional de edifícios a seção é um bloco ou um pavimento. Já para um edifício único, a unidade de repetição pode ser o pavimento.

Após a determinação das unidades básicas, passa-se a um desmembramento em uma seqüência de processos que serão repetidos em cada unidade; que no caso de um edifício de múltiplos pavimentos podem incluir: levantamento da estrutura, revestimento das paredes, colocação de portas, pintura e outros.

2.6.2 Histórico da linha de balanço

Segundo ICHIHARA (1998), o método da Linha de Balanço é um dos métodos mais conhecidos entre os pesquisadores para a programação de projetos lineares. Sua origem é derivada da indústria da manufatura e foi posteriormente desenvolvida pelo U.S. Navy Department nos anos 50, com o objetivo de atingir ou avaliar a taxa de fluxo de produtos acabados em uma linha de produção (AL SARRAJ apud ICHIHARA, 1998).

Após o término da segunda guerra mundial esta técnica foi adaptada para a indústria da construção civil com o objetivo de programar a construção de conjuntos habitacionais, principalmente na Europa onde havia necessidade de agilizar a construção de moradias nas cidades devastadas pela guerra. Os autores CHEHAYEB; ABOURIZK (1998); SÃO THIAGO;

SOARES, (1999) e HEGAZY; WASSEF, (2001) destacam que na década de 60 este método sofreu um processo de modernização afim de atender as necessidades do setor.

No Brasil, a técnica foi utilizada também no planejamento de conjunto habitacionais populares nas décadas de 70 e 80. Atualmente, os esforços de pesquisa estão direcionados para a utilização da Linha de Balanço na programação de edifícios altos (VARGAS; MENDES JR., 1999).

2.6.3 Definição da técnica de linha de balanço

A Linha de Balanço é um método de programação essencialmente gráfico (Figura 2.5). As atividades são representadas num diagrama de espaço/ tempo onde, no eixo vertical se encontram as unidades de repetição e no horizontal o tempo (JOHNSTON apud MATTILA; ABRAHAM, 1998).

ALVES *et al* (1996) e COELHO; VARGAS (1996), afirmam que a Linha de Balanço é uma ferramenta poderosa na programação de obras, capaz de fornecer um relatório visual fundamental para o gerenciamento de empreendimentos. O gráfico mostra *quem* (recursos alocados) faz *o que* (atividade), *quando* (duração, início e término) e *onde* (pavimento).

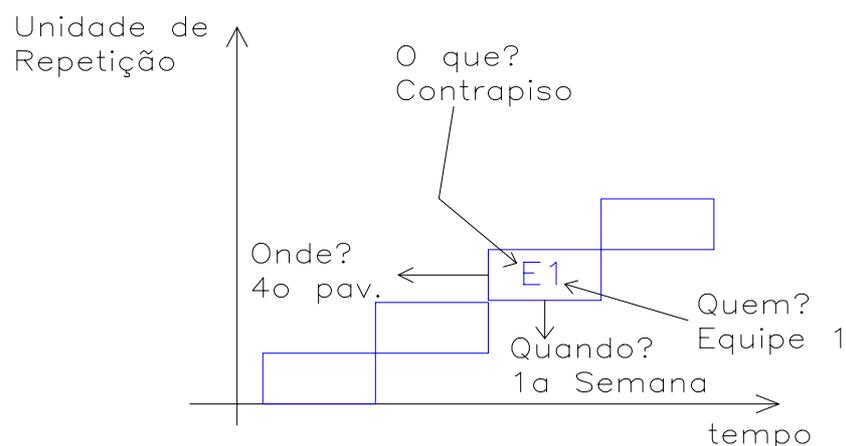


Figura 2.5: Definição da linha de balanço, VARGAS; MENDES JR. (1999).

De acordo com SCOMAZZON *et al.* (1985), a inclinação das linhas resultantes determinarão o ritmo a ser imposto às atividades de forma a possibilitar a conclusão de toda a obra dentro de um

prazo pré-estabelecido. A figura a seguir mostra os casos em que o ritmo (taxa de execução ou razão de construção) é constante (linear) e caso onde o ritmo é variável (não linear).

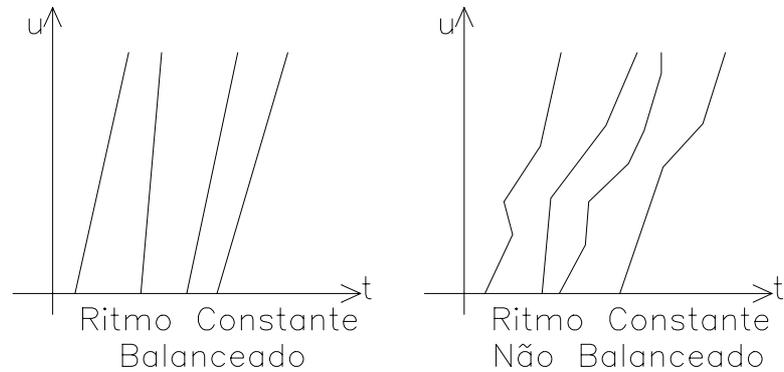


Figura 2.6: Ritmos das atividades

Muitos autores afirmam que a linha de balanço é uma ferramenta prática para o gerenciamento de empreendimentos de natureza repetitiva, constituindo num instrumento dinâmico, e capaz de destacar graficamente as informações que podem passar despercebidas quando analisadas em grande volume.

MACEDO (1981) complementa que, embora não tenha como objetivo principal, esta técnica pode otimizar a execução do projeto, pois trata-se de uma ferramenta capaz de processar as informações de forma racional e sumária, o que contribui para a identificação de eventuais focos de perturbação no andamento da obra.

2.6.4 Vantagens e desvantagens da linha de balanço

As técnicas de redes mostram-se ineficientes ao serem aplicadas em obras caracterizadas pela execução de uma série de atividades repetitivas, pois não contam com a própria simplificação advinda da repetitividade das unidades. É por este motivo que muitos autores sugerem a aplicação da técnica de linha de balanço para a programação de obras lineares, (MACEDO, 1981; SCOMAZZON *et al.*, 1985; MAZIERO, 1990; MATTILA; ABRAHAM, 1998 e HEGAZY; WASSEF 2001).

A grande vantagem da utilização da técnica de linha de balanço corresponde ao tratamento gráfico por permitir uma agilidade muito grande no manuseio das informações constituindo uma forte ferramenta de comunicação dentro do canteiro. Porém apresenta grandes dificuldades no tratamento de simulações de condições de suporte ou de alternativas de cursos de ação. Sua

aplicação deve ser considerada para ciclos de produção estáveis, quando o sistema de programação têm suas análises de risco suportadas por outras técnicas (SILVA; GUELPA, 1993 e SCHMITT; HEINECK 2001).

Contrapondo as idéias apresentadas por SCHMITT; HEINECK (2001) e ASSUMPÇÃO; FUGAZZA (1996), afirmam que as simulações, apresentam dificuldades quando existe a necessidade de gerar informações mais detalhadas para os níveis de produção. Os autores defendem a utilização da técnica para o planejamento estratégico e não para gerar informações aos níveis operacionais.

Para ALVES *et al.* (1996), a linha de balanço é capaz de simular centenas de dependências entre atividades de diferentes pavimentos, o que torna a rede de precedências global de um edifício menos complexa e a análise de alternativas de programação e reprogramação mais prática, flexível e eficiente.

Com respeito às limitações, verifica-se que aplicação da técnica de linha de balanço está restrita às obras repetitivas, quando a produção das unidades é linear, e ocorre num ritmo ao longo do tempo. Devido a natureza aleatória dos processos de construção, a hipótese de ritmos de produção constantes pode ser errada (HALPIN apud MENDES JR., 1999). As técnicas analíticas e de simulação podem ser utilizadas para contornar este problema (LUTZ apud MENDES JR., 1999).

Outra limitação da linha de balanço corresponde a adequação para sua utilização em computadores (ASSUMPÇÃO, 1996 e LUTZ apud MENDES JR., 1999) uma vez que os diversos modelos computacionais propostos impõem algum tipo de limitação no uso da metodologia.

ALVES *et al.* (1996) ressalta como entraves para a aplicação da técnica as questões como:

- Variabilidade acentuada das durações das atividades e do tamanho das equipes devido à falta de padronização dos serviços e de uniformidade de projetos. Por conta dessa variabilidade, a definição das durações e tamanho de equipes se torna subjetiva,
- Projetos que não levam em conta aspectos de construtibilidade que facilitaria a programação de obra,

- Inadequação dos programas de orçamentos e controle de obras com a realidade do canteiro e com a metodologia da Linha de Balanço.

Para concluir a Tabela 2.4 apresenta os pontos positivos e negativos da técnica da linha de balanço:

Tabela 2.4: Avaliação do Método da Linha de Balanço. Fonte: SILVA; GUELPA (1993) adaptada.

Crítérios	Pontos Positivos	Pontos Negativos
Aplicabilidade	Etapas de produção.	Etapas de desenvolvimento de projeto.
Abrangência	Situações repetitivas.	Situações não- determinísticas ou não repetitivas.
Implementação	Simple, requer apenas o preparo do ciclo de produção.	
Atualização	Requer somente o controle da produção acumulada.	Requer a atualização dos gráficos.
Flexibilidade	Alocação de recursos.	Requer ciclos de produção fixos, alterações nos métodos de execução implicam na re-elaboração do conjunto de desenhos.
Custo	Dados processados de forma simples, baixo custo operacional.	Frequente atualização dos gráficos.
Parâmetros Ressaltados	Orientação para o tempo de execução das frentes de produção.	
Sensibilidade		Não tem condições de simular alternativas.
Relatórios Específicos	Ressalta frentes de produção com desempenho problemático.	

2.6.5 Aplicação e cálculo da linha de balanço

2.6.5.1 Os passos para aplicação

De acordo com MENDES JR. (1999), os passos para a aplicação da linha de balanço estão diretamente relacionados com a de tomada de decisões táticas ou operacionais que originam os principais fatores intervenientes na programação da construção.

Assim como em outros métodos de programação de obra baseados na produtividade, a linha de balanço exige o conhecimento da quantidade de serviço a executar e a produtividade da equipe,

uma vez que estas informações são necessárias para obter a demanda de mão-de-obra para executar cada tarefa.

SCOMAZZON *et al.* (1985); MAZIERO (1990); SCHMITT (1992); LOSSO; ARAÚJO (1996) e MENDES JR. (1999), resumem a aplicação da linha de balanço nos seguintes passos:

- (1) Determinação das atividades envolvidas na execução de uma unidade básica e das relações de dependências entre as mesmas.
- (2) Construção da rede considerando as possibilidades de agregação entre as atividades.
- (3) Com a rede logicamente estabelecida, estipulam-se a equipe e a duração necessária para a execução de cada atividade. Calcula-se por meio do caminho crítico, o tempo total necessário para a execução da unidade básica.
- (4) De posse dos parâmetros iniciais (equipe, atividades críticas e tempo de execução da unidade básica) calcula-se o ritmo a ser imposto ao deslocamento das equipes ao longo das diversas unidades que compõe o canteiro de obras, observando-se a não interferência entre as atividades e o cumprimento do prazo previsto.
- (5) Escolhem-se as escalas adequadas e, num gráfico, plotam-se as retas representativas do desenvolvimento das atividades ao longo do tempo; sendo que este gráfico é capaz de informar a movimentação das equipes ao longo do canteiro da obra.

2.6.5.2 Estratégia da linha de balanço

Antes de adotar a linha de balanço, deve-se definir como a obra será realizada, ou seja qual a melhor estratégia de execução dentro do canteiro.

Segundo MAZIERO (1990) e SCHMITT (1992), esta decisão baseia-se em vários fatores como: fatores construtivos, definição da unidade base, disponibilidade financeira, conveniência de financiamentos, facilidade de venda, *lay-out* do canteiro e facilidade de aplicação do método da linha de balanço.

No planejamento de edifícios altos, o ataque à obra é feito do primeiro ao último pavimento para algumas operações e do último ao primeiro pavimento para outras como é visto na Figura 2.7.

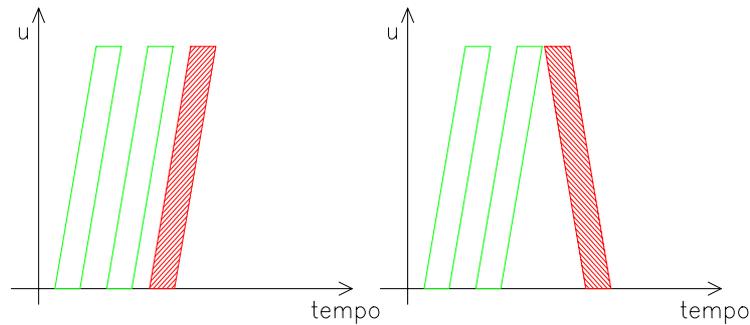


Figura 2.7: Visualização da direção de ataque das frentes de serviço, HEINECK (1996).

No caso de edifícios altos deve-se, além de identificar as atividades necessárias para a execução da unidade base, caracterizar aquelas que não se repetem no desenvolvimento de cada pavimento. Estas podem ser divididas em seis sistemas físicos de acordo com a Figura 2.8 como as fundações, subsolo (garagens, maquinarias, central de instalações); o térreo, os pavimentos não tipos (garagem, play ground, salão para eventos sociais); as obras de cobertura (caixa d'água, cobertura, elevador) e as obras externas (cisterna, piscinas, jardinagem).

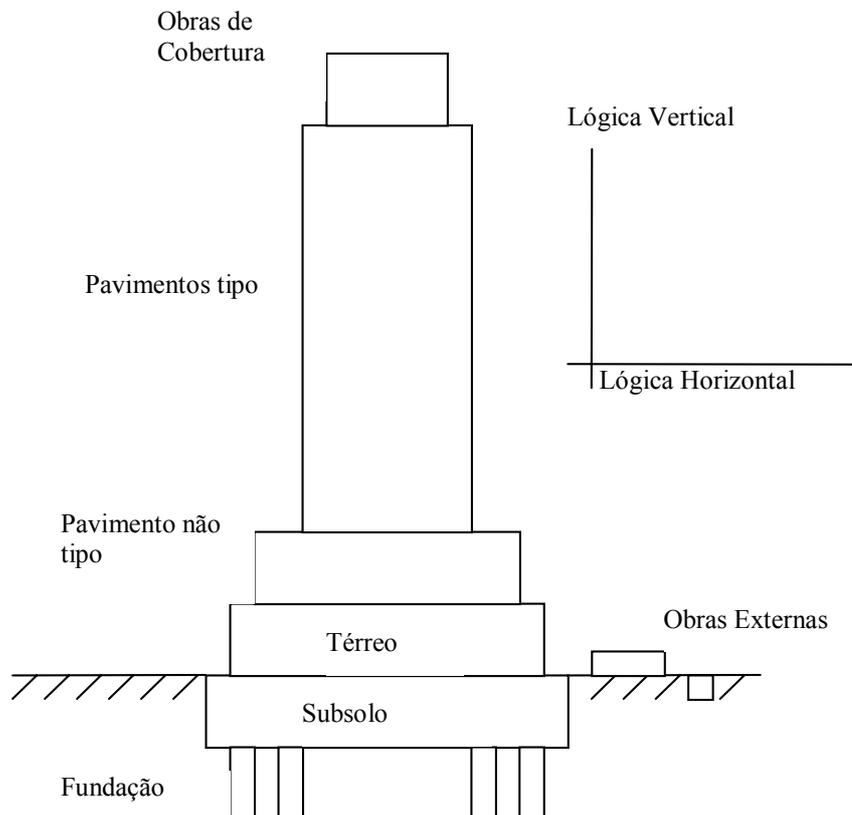


Figura 2.8: Sistematização funcional geral dos edifícios dotados de pavimentos tipo.

Na Figura 2.9 observa-se que é possibilidade de incluir no desenho da linha de balanço as atividades não repetitivas.

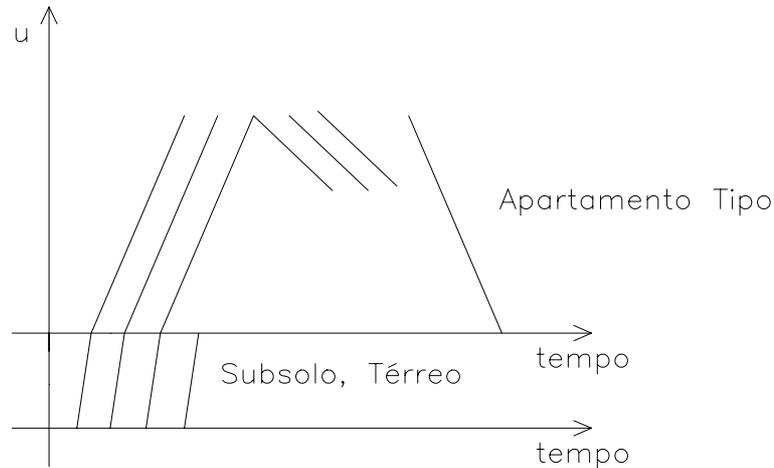


Figura 2.9: Representação das atividades não repetitivas na linha de balanço, HEINECK (1996).

MAZIERO (1990) complementa que, para obras de unidades pequenas como casas, o ataque às unidades é realizado a critério do coordenador da obra, obedecendo características geográficas, deslocamentos, acessos e condições de comercialização. Já para a construção de blocos de edifícios residenciais, o ataque aos blocos pode não ser o mesmo critério utilizado para casas. Para o ataque ao bloco pode-se considerar a execução da estrutura como determinante da estratégia de ataque, pois uma operação de estrutura não pode ser repetida até que todo o ciclo esteja concluído. Por exemplo, na construção de um bloco de edifício, quando a equipe responsável pela execução das formas não conclui esta operação no pavimento de determinado bloco, esta tem que esperar a execução das ferragens, concretagem, folga após a concretagem e a execução da laje para atacar o próximo pavimento deste mesmo bloco. Para evitar a ociosidade das equipes de formas sugere-se a necessidade de atacar pelo menos um número de blocos mínimo.

De acordo com MAZIERO (1990) o número de Blocos a serem atacados é determinado pela equação:

$$n_b = R * t_e \quad (\text{eq. 1})$$

Sendo:

n_b = número de blocos que devem ser atacados;

R = ritmo de trabalho (unidades/dia);

t_e = duração do serviço estrutura.

É necessário verificar que o “ n_b ” não pode ser maior que o número total de blocos do projeto. Caso isto ocorra, é necessário modificar o tamanho das equipes de modo a resultar em durações menores, com um ritmo menor.

Outra consideração a analisar é o aumento do número de oficiais das equipes responsáveis pelos serviços determinantes da estratégia de ataque, de modo que estes serviços tenham durações menores, diminuindo “ t_e ”.

2.6.5.3 Roteiro de cálculo da linha de balanço

Muitos trabalhos demonstram o roteiro para o cálculo da linha de balanço, dentre eles podem-se destacar: O'BRIEN (1975); SCOMAZZON; *et al.* (1985); MAZIERO (1990); SCHMITT (1992); MENDES JR. (1994); ALVES; *et al.* (1996); LOSSO; ARAÚJO (1996); COELHO (1998); MENDES JR.; HEINECK (1998); VARGAS; MENDES JR. (1999); MENDES JR. (1999) e HEGAZY; WASSEF (2001).

De posse de todas as informações necessárias para sua aplicação conforme abordado no item 2.6.5.1, deve-se determinar as variáveis abaixo descritas e calcular os ritmo das atividades:

- a) Unidade de repetição: a determinação da unidade de repetição é uma decisão estratégica que depende de vários fatores tais como: tipo de obra; tipo de tecnologia a ser empregada; disponibilidade de mão-de-obra e equipamentos e possibilidade de agregar atividades afins. O número total de repetição é representado pela letra (n).
- b) Duração Total (DT): a duração total do empreendimento pode ser uma imposição política, comercial ou técnica.
- c) Tempo de mobilização (t_m): é o tempo necessário para executar os serviços preliminares não repetitivos, tais como: fundações, pilotis e térreo.
- d) Tempo de base (t_b): é o tempo necessário para a execução de uma unidade de repetição.
- e) Tempo de ritmo (t_r): é o tempo necessário para a execução de todas as unidades de repetição (menos a primeira).

- f) Ritmo (R): é a taxa de produção ou razão de execução definido em número de unidade por tempo ou tempo necessário para cada unidade de repetição.
- g) Tempo para imprevistos (k): numa obra real é necessário considerar tempos para absorção de atrasos como por exemplo: chuvas, baixa produtividade e esperas por materiais. Esses tempos podem ser considerados diretamente no tempo de base ou acrescentados na duração total.

A Figura 2.10 ilustra as fórmulas e as variáveis para aplicação dos conceitos da linha de balanço.

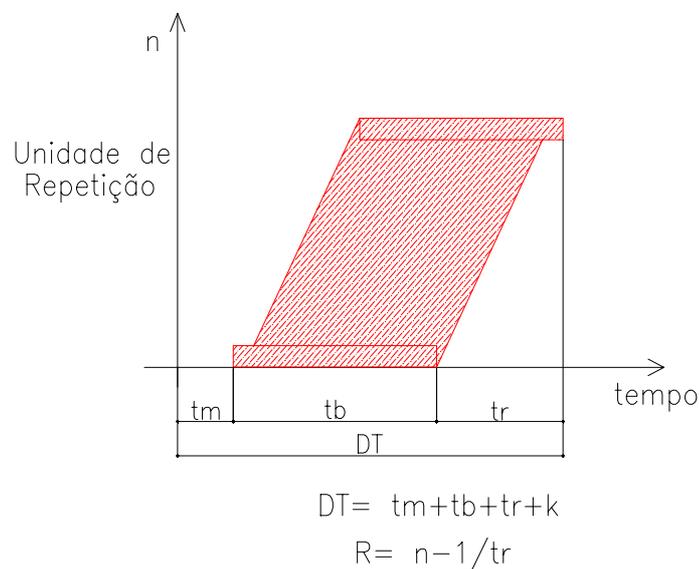


Figura 2.10: Demonstração do cálculo dos ritmos, HEINECK (1996).

Nas Figuras 2.11 e 2.12 pode-se visualizar o efeito da adoção de números de equipes diferentes no ritmo de execução. A declividade da reta indica o maior ou menor ritmo com que a atividade será executada. Se as retas forem paralelas significa que todas as atividades tem o mesmo ritmo. Ritmos diferentes provocarão esperas entre atividades em seqüência.

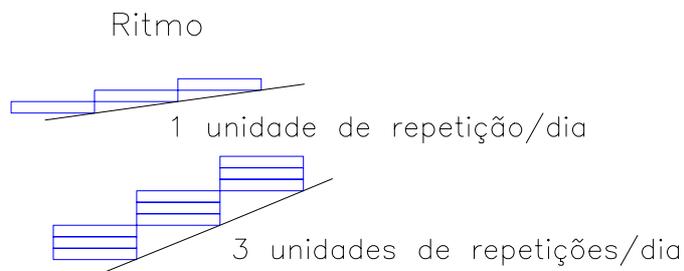


Figura 2.11: Declividade da linha de balanço em função dos ritmos adotados.

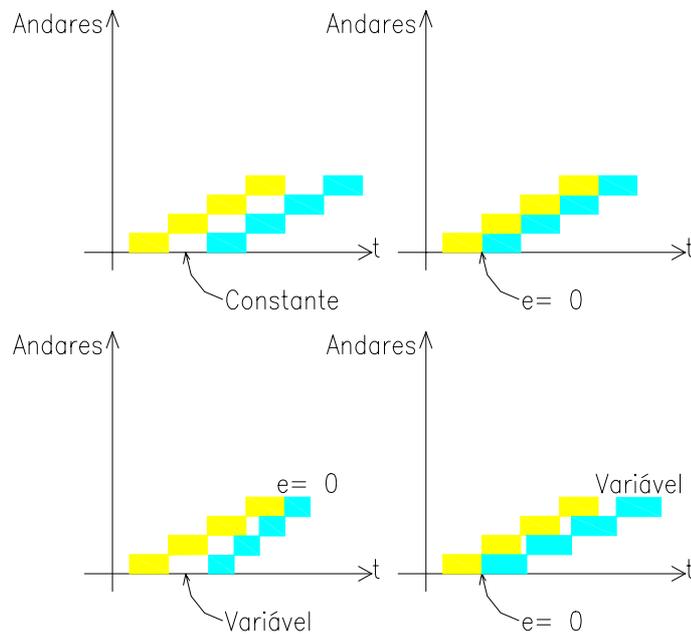


Figura 2.12: Identificação das esperas na linha de balanço, HEINECK (1996).

MATTILA; ABRAHAM (1998); HEINECK (1996) e HEGAZY; WASSEF (2001), afirmam que a continuidade dos serviços é uma condição ideal para a técnica de linha de balanço, sendo assim desejável manter os trabalhos de forma contínua com a redução dos tempos de espera. O objetivo é minimizar os efeitos negativos das interrupções (desmobilização, limpeza, preparo de superfícies, conservação de equipamentos, armazenagem de materiais) e maximizar os efeitos benéficos da continuidade (redução de custos e efeito aprendizagem).

2.6.5.4 Balanceamento das atividades

O balanceamento tem como objetivo executar todas as atividades de maneira contínua sem interferências. A simulação das linhas de produção poderá acarretar interferências de algumas atividades em outras; desta forma uma análise destas interferências e de todo o conjunto de processos se faz necessária MENDES JR. (1999).

A seguir serão verificados alguns exemplos para o balanceamento de atividades aplicando a técnica da linha de balanço.

Na Figura 2.13 verifica-se o gráfico e a fórmula desenvolvida para o cálculo do ponto de balanceamento entre duas atividades genéricas. Sendo:

D1 – Duração total da atividade 1 (antecessora);

D2 – Duração total da atividade 2;

te – tempo de espera (folga);

tb – tempo de base da atividade (tb1 e tb2);

X – número de dias a ser acrescentado na relação de precedência das atividades.

Com a aplicação da equação obtêm-se o valor X que expressa a diferença de tempo (em dias) entre o início da atividade 1 e o início da atividade 2, condicionando a precedência entre as atividades.

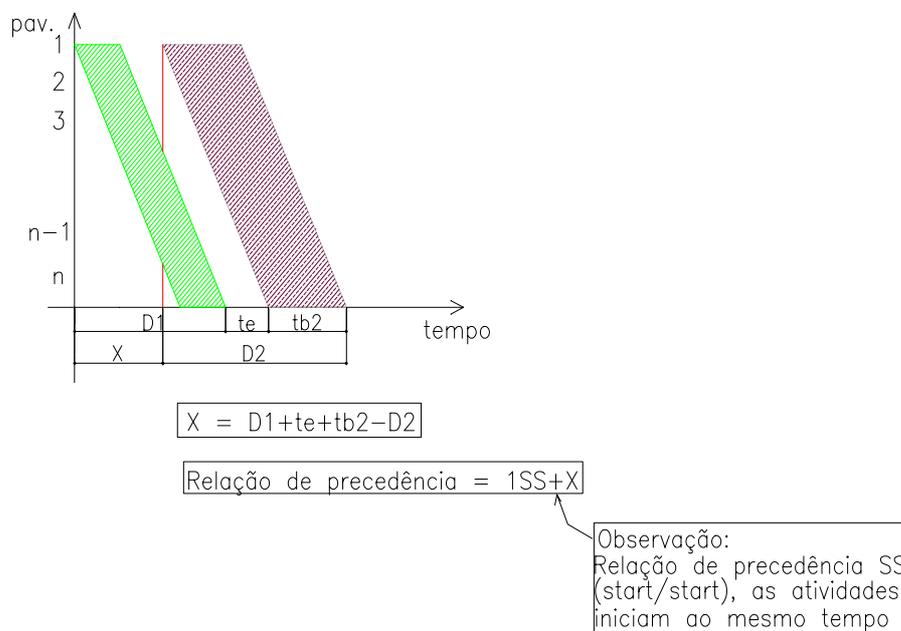


Figura 2.13: Gráfico e fórmula para o balanceamento entre atividades, VARGAS; MENDES JR. (1999).

Para VARGAS; MENDES JR. (1999), o cálculo do ponto de balanceamento pode ser resumido nos três casos ilustrados nas Figuras 2.14/ 2.15, Figura 2.16 e Figura 2.17. Em todos os casos o tempo de espera é definido pelo engenheiro. No entanto, para os casos a seguir são explorados o tempo de espera igual a zero.

1º caso: Ponto de balanceamento igual ao tempo de base da atividade 1 para redes de precedências com obrigações horizontais.

- Para atividades com ritmos iguais.

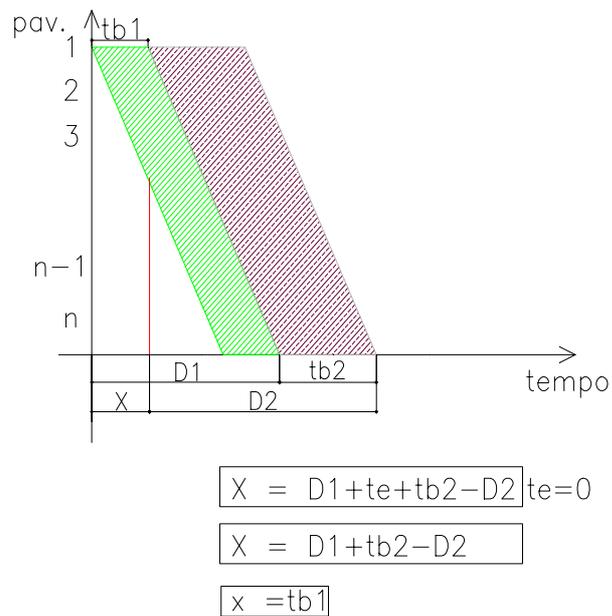


Figura 2.14: Balanceamento entre as atividades com tempo de espera igual a zero e ritmos iguais, VARGAS; MENDES JR. (1999).

- Para ritmo da atividade 1 maior que ritmo da atividade 2.

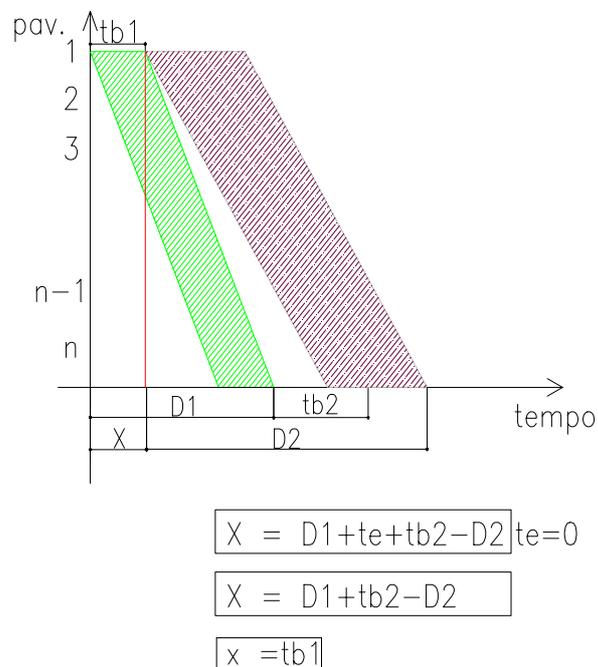


Figura 2.15: Balanceamento entre as atividades com tempo de espera igual a zero e ritmo da atividade 1 maior que 2, VARGA; MENDES JR. (1999).

2º caso: Ponto de balanceamento determinado pela fórmula geral para redes de precedências com obrigações horizontais para ritmo da atividade 1 menor que ritmo da atividade 2.

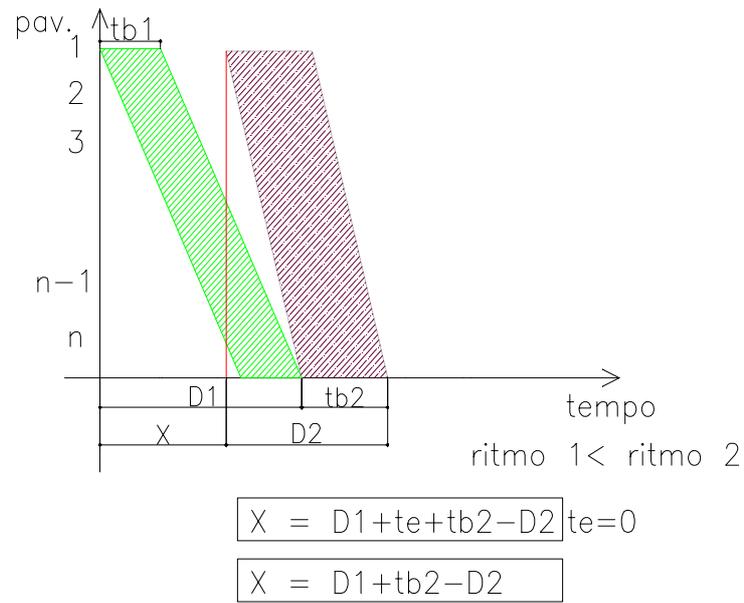


Figura 2.16: Balanceamento entre as atividades com tempo de espera igual a zero e ritmo da atividade 1 menor que 2, VARGAS; MENDES JR. (1999).

3º caso: Ponto de balanceamento igual a duração da atividade 1 para redes de precedência com obrigações horizontais e/ou verticais com direção igual ou diferente.

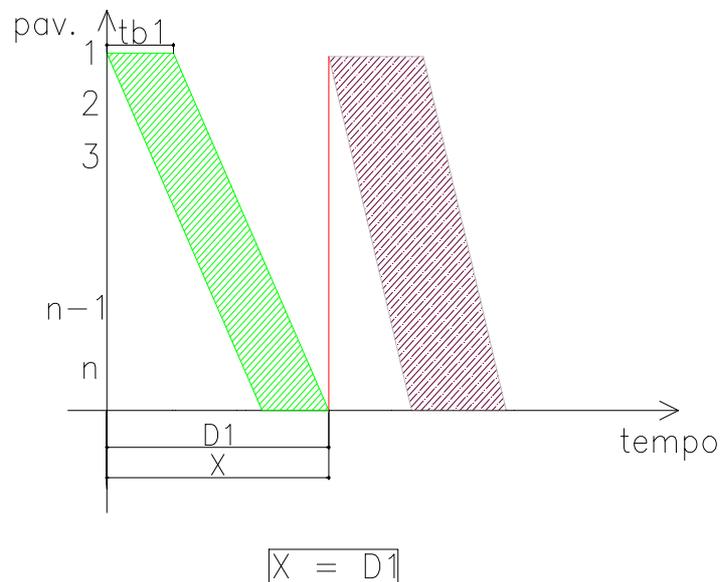


Figura 2.17: Balanceamento entre as atividades com tempo de espera igual e obrigações das atividades iguais ou diferentes, VARGAS; MENDES JR. (1999).

2.6.6 Aplicação da técnica de linha de balanço utilizando *software* de gerenciamento de obras

De acordo com ASSUMPÇÃO (1996) e MENDES JR. (1996); não existe em nosso país um *software* desenvolvido especificamente para a técnica de linha de balanço. O autor comenta ainda que esta condição restringe seu uso principalmente por dificultar as simulações com recursos associados às atividades.

No entanto, alguns trabalhos acadêmicos abordam a utilização de *softwares* de gerenciamento de obras (MS. Project, Time Line , Modelo Integrado de Planejamento -MIP, entre outros) para a programação de obras utilizando a técnica de linha de balanço dentre eles pode-se citar: RUSSEL; WONG (1993); MENDES JR. (1994); SHAKED; WARSZAWSKI (1995); ALVES; *et al.*(1996); COELHO (1998); MENDES JR. (1999); HEGAZY; WASSEF (2001) e HEGAZY; WASSEF (2001).

O Ms. Project apresenta o recurso de agrupamento de micro atividades ligadas a uma atividade principal. Este recurso fornecido pelo *software* denomina-se estrutura de subprojeto. Ao utilizar a estrutura de subprojetos para programar obras em edifícios altos com atividades repetitivas, pode-se verificar que os conceitos da linha de balanço podem ser aplicados, principalmente, em função da programação no *software* ser orientada por recursos.

Como na técnica da linha de balanço a definição para o ritmo dos serviços é dada pela mão de obra e ou equipamentos, torna-se possível simular a técnica com a utilização do programa. Para tanto algumas adaptações precisam ser realizadas durante a entrada de dados no MS. Project. Uma delas é que deve-se entrar com os pavimentos no local destinado às atividades, isso passa a ser um projeto ou seja, todas as demais atividades repetitivas passam a constituir subprojetos que serão agrupados num projeto maior; no caso o pavimento.

A linha de balanço tem grande vantagem quando aplicado em obras lineares conforme abordado anteriormente, isto porque é uma técnica essencialmente gráfica, mas quando utilizada em softwares de gerenciamento de obras, necessita sofrer algumas adaptações (HARMELINK; ROWINGS, 1998).

A transparência do modelo, a rapidez com que as informações são geradas e a agilidade do processo faz com que engenheiros responsáveis pelo planejamento utilizem em grande escala

esses softwares combinados a técnica da linha de balanço a fim de atender necessidades específicas de informações ao nível de gerenciamento de projetos. Esses programas apresentam grande diversidade de relatórios de alta qualidade e podem transferir informações para outros aplicativos como editores de texto, planilhas eletrônicas e bancos de dados (COELHO, et al.1996 e HEGAZY; WASSEF, 2001).

2.6.6.1 A linha de balanço e as curvas de agregação de recursos

A linha de balanço facilita a visualização da distribuição dos recursos ao longo da obra. As curvas de agregação de recursos correspondem a elementos para a tomada de decisões estratégicas, por isso é essencial avaliar a alocação dos recursos para verificar se estes estarão disponíveis no momento desejado.(VARGAS; MENDES JR., 1999). Na Figura 2.24 verifica-se a derivação da curva de agregação a partir da linha de balanço.

COELHO *et al.* (1996), complementam que os programas de gerenciamento demonstram a alocação das equipes, horas trabalhadas e/ou programadas e custos de um recurso específico, de um grupo de recursos, ou ambos. Gráficos do tipo curvas de agregação (curvas S) mostram o pico de utilização de um recurso simples em cada período de tempo. Pode-se verificar ainda os recursos super alocados (com sobrecarga de trabalho), e graficamente, onde e em quanto as alocações excedem a capacidade disponível de recurso.

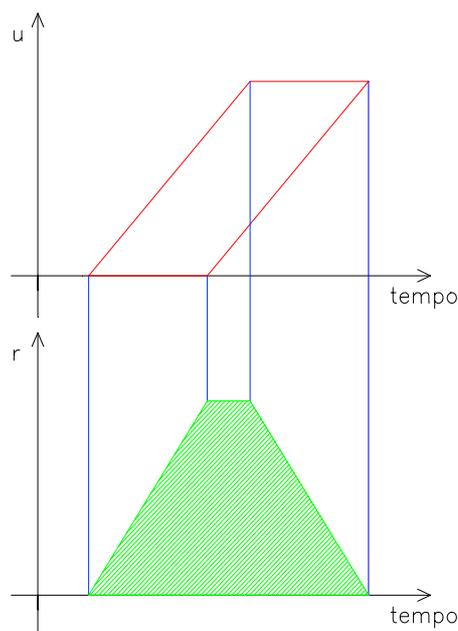


Figura 2.18: Curva S x linha de balanço, HEINECK (1996).

2.6.6.2 Reprogramação utilizando a técnica de linha de balanço

ASSUMPCÃO (1996), afirma que a aplicação da linha de balanço como parte do planejamento operacional deve ser questionada devido a frequência de ajustes da programação, pois no canteiro, nem sempre é possível manter ritmos e seqüências uniformes nos vários pavimentos, o que gera uma necessidade constante de reprogramação. O autor complementa ainda que sua aplicabilidade é maior para análise de estratégias e táticas de produção onde o enfoque deixa de ser programar o serviço no pavimento, com alcance diário ou semanal, e passa a ser programar o serviço na edificação com horizonte maior por exemplo trimestralmente.

Porém, com a obra em andamento, é necessário estabelecer uma formulação que permita continuar utilizando os conceitos da técnica da linha de balanço com o auxílio de softwares de gerenciamento também na fase de execução.

COELHO; *et al.* (1996), são de opinião oposta e afirmam que a linha de balanço em conjunto com outras ferramentas de gerenciamento de projetos, com o suporte de recursos computacionais, torna possível a agilidade necessária para a reprogramação de atividades de um projeto em andamento.

3 APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE OBRA EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com o intuito de reforçar a importância da programação de obras para as empresas construtoras, principalmente aquelas interessadas em aplicar a linha de balanço como técnica de programação tendo como ferramentas auxiliares softwares de gerenciamento de projetos, no caso o MS Project e planilhas Excel.

Neste capítulo apresenta-se a descrição da empresa e das obras objetos de estudo, além dos procedimentos que possibilitaram o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A construtora objeto de estudo atua na construção de edifícios residências de alto padrão na cidade de Florianópolis. Fundada em 1993 possui em seu histórico sete obras concluídas e quatro em andamento. Caracteriza-se por executar empreendimentos com recursos financeiros próprios, o que reflete no longo período de conclusão das obras.

Possuindo cerca de 112 funcionários, a maioria ligada diretamente aos canteiros de obras, a empresa busca manter uma baixa rotatividade da mão-de-obra, investindo no aperfeiçoamento de seus operários, dando todo tipo de assistência para que estes trabalhem motivados e produzam com qualidade nas atividades que lhes foram atribuídas.

Dentro deste contexto, há três anos, a empresa vem agindo na implantação do Programa 5S em seus canteiros de obras. Segundo COSTA; ROSA (1999) a implantação deste programa nas construtoras tem se mostrado um importante instrumento a ser explorado no início dos processos de mudanças e na introdução de novos conceitos de gestão, pois possibilita uma ligação eficaz entre a engenharia e os trabalhadores, ajudando a transmitir de forma simples os conceitos de qualidade e os procedimentos para a implantação de programas mais abrangentes.

Dentre os benefícios alcançados pela construtora com o programa verificou-se uma minimização da quantidade de materiais, ferramentas e objetos no posto de trabalho; maior disponibilidade de espaço no canteiro; redução do desperdício de materiais; economia de tempo; incentivo do trabalho em equipe; melhoria da qualidade do ambiente de trabalho e também da organização e limpeza dos canteiros de obras.

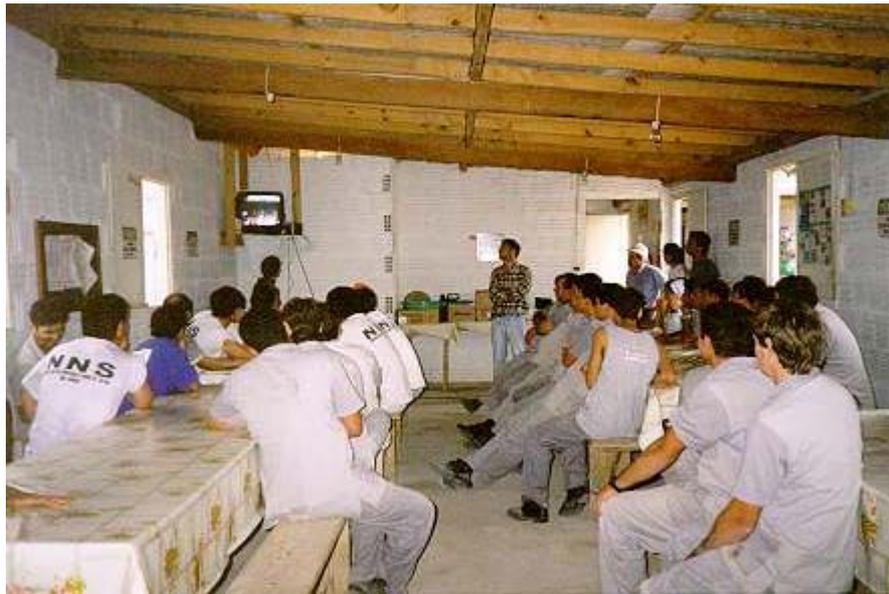


Figura 3.1: Reunião mensal do Programa 5S.

A foto acima corresponde a uma das reuniões mensais do programa, onde são discutidos os problemas pertinentes da obra bem como assuntos relacionados aos princípios do Programa 5S.

Seguindo a afirmação anterior de COSTA; ROSA (1999) e as exigências mercadológicas em que as construtoras da Grande Florianópolis estão inseridas em busca da qualidade de seus produtos fez com que a empresa objeto de estudo aderisse ao PBQP-H; afim de não perder espaço no mercado e ficar estagnada em relação as demais empresas da região.

A participação do pesquisador na implantação e monitoramento do Programa 5S e do PBQP-H, foi determinante para a escolha da empresa pois havia uma facilidade na obtenção das informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa.

No entanto, no decorrer da pesquisa, a empresa não aderiu à programação das obras em andamento, uma vez que esta afetaria a produção e a estratégia empresa. Tendo em vista que uma das exigências do PBQP-H esta direcionada ao planejamento e programação de obras, é

possível que os resultados deste trabalho contribuam na programação de futuros empreendimentos da empresa.

Sendo assim, a programação foi aplicada em três obras; uma já concluída, (Obra A), outra na fase de acabamento, (Obra B) e outra na fase de estrutura e vedação (Obra C). Nos dois primeiros casos a linha de balanço foi aplicada como técnica de programação das obras e no último caso o trabalho ficou limitado ao acompanhamento da programação nas 12 semanas em que foi colocada em prática a metodologia para a identificação dos os principais fatores que ocasionaram desvios na execução e ou conclusão das atividades programadas.

3.2 CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS

Neste item será feita uma breve descrição das obras objeto de estudo. No Anexo A são apresentadas as plantas do pavimento tipo, as fachadas e um quadro de áreas de cada um dos empreendimentos.

a) Obra A:

Obra já concluída, localizada em uma região nobre da cidade de Florianópolis; construída em sistema tradicional racionalizado; com doze pavimentos, sendo que cada um deles com seis apartamentos, quatro de três dormitórios ($73,87 \text{ m}^2$) e dois de dois dormitórios ($63,48 \text{ m}^2$), totalizando 72 apartamentos. A obra foi concluída em 36 meses.

b) Obra B:

Obra na fase de acabamento, localizada no centro da cidade de Florianópolis; construída em sistema tradicional racionalizado; com onze pavimentos, sendo que cada um deles com quatro apartamentos de três dormitórios, dois de $116,42 \text{ m}^2$ e dois de $114,43 \text{ m}^2$, totalizando 44 apartamentos. A previsão de conclusão da obra é de 32 meses.

c) Obra C:

Obra na fase de estrutura e vedação, localizada na região central de Florianópolis, construída em sistema tradicional racionalizado; com onze pavimentos, sendo cada um deles com dois apartamentos, de quatro dormitórios do primeiro ao décimo pavimento e de três dormitórios no último pavimento, totalizando 22 apartamentos. Com relação às áreas dos apartamentos, verifica-se que do primeiro ao oitavo pavimento estas correspondem à 151,30 m² e 153,30 m², no nono pavimento os apartamentos têm 146,46 m² e 149,35 m², já no décimo pavimento os apartamentos têm 145,15 m² e 148,01 m² e no último pavimento as áreas correspondem à 139,03 m² e 148, 01 m². A previsão de conclusão da obra é de 24 meses.

3.3 DETERMINAÇÃO DOS QUANTITATIVOS DAS OBRAS

Para o levantamento dos quantitativos dos serviços é necessário que a empresa possua o projeto completo do empreendimento bem como o orçamento. Vale destacar que este orçamento deve ser detalhado, contendo informações discriminadas, para compor a lista de serviços da obra. Porém verifica-se que algumas construtoras utilizam apenas verbas para as composições do orçamento, deixando-os incompletos, sem discriminação e as vezes incorretos, pois estes são feitos de maneira rápida afim de agilizar o processo de liberação de recursos junto aos órgãos financiadores.

Existem casos em que o orçamento não faz parte do controle do processo de produção, isto acontece geralmente por falta de interesse organização, falta de profissional especializado no setor; falta de programas de computador adequados, entre outros. Nos casos onde não há orçamento das obras é possível que não existe dependência da construtora com relação aos órgãos financiadores.

A empresa objeto de estudo faz parte deste pequeno grupo de construtoras que realizam obras com capital próprio. Quando questionados sobre a forma de levantamento do material a ser adquirido para realização de determinada atividade, estes afirmaram que primeiro executam o serviço em um apartamento com isso quantificam a compra do material para todo empreendimento.

HEINECK (1996) afirma que para a elaboração da programação são necessários dados advindos do orçamento informando as quantidades típicas de mão-de-obra necessárias para execução dos vários serviços. Na ausência do orçamento a quantificação se torna um processo laborioso que

consome grande parte do tempo o qual poderia ser dedicado a simulação de várias estratégias para a condução do empreendimento. Na pesquisa os quantitativos das Obras A e B foram levantados com base nos projetos arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico, incêndio e telefone.

3.4 DETERMINAÇÃO DAS DURAÇÕES E DAS EQUIPES DE PRODUÇÃO

A empresa não possuía um histórico de dados relativos a produtividade das equipes. Os serviços eram liberados em função do andamento de todas as obras, ou seja, a partir do momento que uma equipe concluía seu serviço em um dos empreendimentos, esta era realocada para outro canteiro a fim de evitar a rotatividade da mão-de-obra. Este fato, associado a execução dos empreendimentos a partir de recursos financeiros próprios; explicam em parte, os longos prazos para a conclusão das obras.

Para MADERS (1987); a programação em si não trará benefícios à produção se não estiver baseada em fatos reais, para tanto o pesquisador optou por determinar as equipes de produção e as durações das atividades, por meio das observações que ocorriam em função do monitoramento das equipes no Programa 5S. Além disso os mestres-de-obras e os próprios funcionários que estavam trabalhando na Obra B forneceram informações. Nas atividades de estrutura e alvenaria as equipes e as durações foram determinadas em função do ciclo de produção de cada obra devido às diferentes estratégias adotadas.

De posse destas informações e da carga horária dos funcionários da empresa apresentados no Quadro 3.1, foram calculados os índices de produtividade das atividades por meio da fórmula a seguir:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{n}^\circ \text{ oficiais} \times \text{duração} \times \text{carga horária}}{\text{Quantidade serviço executado (unidade)}} \quad (\text{eq. 2})$$

Quadro 3.1: Apresentação da carga horária dos funcionários.

PROGRAMAÇÃO DE OBRAS (Linha de Balanço)		
Carga Horária da Empresa		
Carga Horária de Serviço por Dia:		8,80 horas
Início do Expediente:	7	12 horas
Término do Expediente:	13	17 horas
Início do Expediente(Sexta Feira):	7	12 horas
Término do Expediente(Sexta Feira):	13	16 horas
Horas Trabalhadas por Semana:		44 horas

O número de oficiais foi determinado a partir somatória das funções que estavam diretamente ligadas à execução das atividades, excluindo as funções de apoio, transporte e limpeza. Para exemplificar pode-se citar dois casos, o primeiro com relação a equipe de reboco teto, (1 pedreiro e 1 servente), onde o servente não apenas efetuava limpeza e servia massa para o pedreiro como também exercia a função de aplicador. Para este caso o número de oficiais da equipe correspondeu à dois operários. Já na equipe de reboco, (4 pedreiros e 2 serventes), isto não ocorria, ou seja, os serventes apenas estavam encarregados da limpeza e fornecimento de massa, neste caso, o número de oficiais correspondeu a quatro operários.

Para os serviços subcontratados, o número de oficiais e a produtividade não foram determinados, exceto nas atividades de pintura e colocação de gesso pois estas atividades representam uma parcela significativa na duração global do empreendimento. As equipes subcontratadas destes serviços trabalham na empresa desde a sua fundação e se comportam da mesma forma que os funcionários próprios (alterando-se entre as obras da empresa).

3.5 ESTRATÉGIA DE EXECUÇÃO DAS FRENTES DE SERVIÇOS

Para o levantamento das dependências, e da seqüência tecnológica dos serviços, (de cima para baixo ou de baixo para cima), foram feitas observações na Obra B e consultas aos profissionais responsáveis pela sua execução. Estas informações foram repassadas para a Obra A (concluída) pois segundo os mestres, o seqüenciamento adotado correspondeu ao mesmo da Obra B. Com relação aos tipos de dependências para a determinação da rede de precedência foi adotado o modelo proposto no item 2.5.2.5, os quais podem ser observados na tabela abaixo apresentando a lista de dependências do pavimento tipo e os critérios para a criação da rede de trabalho.

Tabela 3.1: Lista de dependências do pavimento tipo.

Serviço	Sentido	Serviços antecedentes (Critérios)
(1) Estrutura	Do primeiro pavimento à cobertura	
(2) Alvenaria externa		Estrutura (TI – dias). Este critério foi adotado, devido a dimensão da laje (maciça) e também pelo fato de querer que a vedação externa acompanhasse a estrutura num ritmo defasado de alguns dias em relação ao término da estrutura do pavimento tipo.

Tabela 3.1 (continuação): Lista de dependências do pavimento tipo.

Serviço	Sentido	Serviços antecedentes (Critérios)	
(3) Alvenaria interna	Do primeiro pavimento à cobertura	Estrutura (TI +28). Optou-se em adotar esta estratégia em função da cura do concreto.	
(4) Chapisco teto		Alvenaria interna.	
(5) Reboco teto		Chapisco teto.	
(6) Colocação dos contramarcos		Alvenaria interna.	
(7) Colocação forras das portas (batentes).		Colocação dos contramarcos.	
(8) Instalação da tubulação elétrica		Alvenaria interna.	
(9) Instalação da tubulação hidro/sanitária		Instalação da tubulação elétrica.	
(10) Instalação da tubulação de incêndio		Da cobertura ao 1º pavimento	Instalação da tubulação hidro/sanitária.
(11) Instalação dos pontos de gás		Do primeiro pavimento à cobertura	Alvenaria interna.
(12) Chapisco	Reboco teto, instalação da tubulação hidro/sanitária.		
(13) Reboco	Chapisco, colocação forras das portas.		
(14) Impermeabilização	Instalação da tubulação hidro/sanitária.		
(15) Colocação de azulejo	Forro de gesso, impermeabilização.		
(16) Colocação de piso cerâmico	Pintura 1a demão.		
(17) Forro de gesso	Reboco.		
(18) Forro de madeira	Reboco.		
(19) Louças	Rejunte.		
(20) Rejunte	Colocação de azulejo, colocação de piso cerâmico.		
(21) Colocação do gradil metálico	Colocação das janelas e portas de alumínio.		
(22) Colocação das portas de madeira	Colocação de piso cerâmico.		
(23) Colocação das janelas e portas de alumínio	Rejunte.		
(24) Pintura 1a demão	Forro de gesso.		
(25) Pintura 2a demão	Colocação das portas de madeira, pintura 1a demão.		
(26) Pintura 3a demão	Pintura 2a demão.		

Tabela 3.1 (continuação): Lista de dependências do pavimento tipo.

Serviço	Sentido	Serviços antecedentes (Critérios)
(27) Fiação dos pontos de luz	Do primeiro pavimento à cobertura	Reboco, instalação da tubulação elétrica.
(28) Colocação dos vidros		Colocação das janelas e portas de alumínio.
(29) Pontos de telefone		Fiação dos pontos de luz; rejunte.
(30) Acabamento incêndio		Metais, pintura 3a demão hall elevador.
(31) Acabamento dos pontos de luz		Pontos de telefone, pintura 3a demão.
(32) Metais		Louças.
(33) Limpeza		Acabamento dos pontos de luz, colocação do gradil metálico, colocação dos vidros; acabamento incêndio, pontos de telefone.
(34) Reboco hall elevador		Forro de madeira, instalação dos pontos de gás, instalação da tubulação de incêndio.
(35) Pintura 1a demão hall elevador		Reboco hall elevador.
(36) Pintura 2a demão hall elevador		Pintura 1a demão hall elevador, colocação de granito hall elevador, colocação piso cerâmico hall elevador.
(37) Pintura 3a demão hall elevador		Pintura 2a demão hall elevador.
(38) Colocação de granito hall elevador		Pintura 1a demão hall elevador (TI + 2 dias), colocação piso cerâmico hall elevador
(39) Colocação piso cerâmico hall elevador		Pintura 1a demão hall elevador.
(40) Rejunte hall elevador		Colocação de granito hall elevador, colocação piso cerâmico hall elevador.

Para a determinação da rede de trabalho, procurou-se retratar da melhor maneira possível a realidade das obras. Neste caso destaca-se os serviços realizados no hall do elevador e próximo ao transporte vertical das obras (elevador de carga – serviços 34 à 40 da tabela). Estes foram separados das atividades do pavimento tipo, o que é uma estratégia normal na construção de edifícios altos, no entanto não é visualizada na programação destes edifícios.

3.6 CÁLCULO DA LINHA DE BALANÇO

Como abordado nos itens anteriores os dados foram levantados e a pesquisa passou a ser direcionada à programação das obras utilizando a técnica da linha de balanço.

Os perfis dos profissionais envolvidos com as obras da empresa foram verificados por meio da aplicação de um questionário que abordava a experiência profissional destes, e seus conhecimentos sobre os vários tipos de programação de obras existentes. Outro objetivo do questionário foi determinar, baseado na vivência destes funcionários com a construção civil, um número de dias em que os contratemplos das obras (chuva, atraso na entrega de materiais, entre outros), poderia afetar o andamento destas.

A seguir apresentam-se as perguntas que fizeram parte do questionário. Foram consultados 4 mestres-de-obras e o engenheiro da empresa:

- a) Tem conhecimento de programação de obras?
- b) Tem conhecimento de programação de obras por Linha de Balanço? Caso não, quais técnicas de programação de obras conhece?
- c) Tem conhecimento dos benefícios advindos da programação?
- d) Quantos dias os contratemplos da obra (chuva, falta de material no canteiro) atrapalham o andamento da obra? (Baseado em sua experiência profissional).

3.6.1 Determinação dos tempos e ritmo da linha de balanço

Utilizando as durações fornecidas pelos mestres e a lista de dependência das atividades do pavimento tipo (lançadas no software MS Project) foram determinados os tempos de mobilização (T_m), que correspondem aos tempos necessários para executar os serviços preliminares não repetitivos (implantação do canteiro, fundação, estrutura do pelotis e térreo) e o tempo base (T_b), tempo necessário para executar uma unidade de repetição, no caso o pavimento.

A partir destas informações foi elaborada uma planilha para o cálculo da linha de balanço sendo o tempo de ritmo determinado por:

$$T_r = D_t - T_b - T_m - k \quad (\text{eq. 3})$$

Sendo D_t = prazo de conclusão do empreendimento (dias)

k = tempo de imprevistos da obra (dias).

Utilizando a fórmula a seguir, foi determinada a velocidade de execução das unidades repetitivas (R), em dias por pavimento.

$$R = Tr / (n - 1) \quad (\text{eq. 4})$$

Onde (n) corresponde ao número de pavimentos do empreendimento.

Para finalizar foi calculado o ritmo de execução pavimento por dia (1/R) e pavimento por mês (X):

$$1 \text{ (mês)} = 31(\text{ dias})/7(\text{dias}) \Rightarrow 4,5 \text{ (semanas)}$$

$$1 \text{ (mês)} = 4,5 \text{ (semanas)} \times 5 \text{ (dias)}$$

$$1 \text{ mês} = 22,5 \text{ dias úteis}$$

$$X = (1/R) \times 22,5 \quad (\text{eq. 5})$$

As Figuras 3.2 e 3.3 apresentadas a seguir correspondem as planilhas utilizadas para o cálculo do ritmo da Obra A e B, respectivamente, nelas podem ser observados todos os tempos necessários para a sua determinação, conforme descrito nas equações acima. Vale destacar que para o tempo de imprevistos (k) foi utilizado uma média das informações apresentadas no questionário realizado com mestres e engenheiro uma vez que a empresa não possuía registros sobre estes dados, chegando a um valor de 15 dias para todo o período de execução da obra.

PROGRAMAÇÃO DE OBRAS (LINHA DE BALANÇO) - OBRA A	
Cáculo da Linha de Balanço	
Tempo de mobilização (Tm): Tempo necessário para executar os serviços preliminares, não repetitivos, tais como fundação, pelotis e térreo.	
Tm:	<input type="text" value="141"/> dias
Valor obtido através do lançamento das durações dos serviços preliminares no MS. Project.	
Tempo de base (Tb): Tempo necessário para executar uma unidade de repetição (pavimentos).	
Tb:	<input type="text" value="165"/> dias
Valor obtido através do lançamento da rede básica de serviços de um pavimento no MS. Project.	
Unidades de repetição (n): Número de unidades repetitivas (pavimentos).	
n:	<input type="text" value="12"/> pavimentos
Tempo de imprevistos (k): É o tempo adotado para absorver eventuais atrasos e contratempos, como atrasos na entrega de materiais e interferência das chuvas.	
k:	<input type="text" value="15"/> dias
Duração do empreendimento (Dt): Prazo estipluado para a execução do empreendimento.	
Dt:	<input type="text" value="35,95"/> meses
Dt:	<input type="text" value="782,00"/> dias
Tempo de ritmo (Tr): Tempo necessário para execução balanceada das unidades de repetição (pavimentos).	
Tr:	<input type="text" value="461,000"/> dias
Ritmo de Execução (R): Velocidade de execução das unidades repetitivas (pavimentos).	
R:	<input type="text" value="41,909"/> dias/pavimento
R:	<input type="text" value="0,02386"/> pavimento/dias
Resumindo, o ritmo adotado permite que sejam executados:	
X:	<input type="text" value="0,537"/> pavimento/mês

Figura 3.2: Planilha para o cálculo do ritmo Obra A

PROGRAMAÇÃO DE OBRAS (LINHA DE BALANÇO) - OBRA B	
Cáculo da Linha de Balanço	
Tempo de mobilização (Tm): Tempo necessário para executar os serviços preliminares, não repetitivos, tais como fundação, pelotis e térreo.	
Tm:	<input type="text" value="126"/> dias
Valor obtido através do lançamento das durações dos serviços preliminares no MS. Project.	
Tempo de base (Tb): Tempo necessário para executar uma unidade de repetição (pavimentos).	
Tb:	<input type="text" value="159"/> dias
Valor obtido através do lançamento da rede básica de serviços de um pavimento no MS. Project.	
Unidades de repetição (n): Número de unidades repetitivas (pavimentos).	
n:	<input type="text" value="11"/> pavimentos
Tempo de imprevistos (k): É o tempo adotado para absorver eventuais atrasos e contratempos, como atrasos na entrega de materiais e interferência das chuvas.	
k:	<input type="text" value="15"/> dias
Duração do empreendimento (Dt): Prazo estipulado para a execução do empreendimento.	
Dt:	<input type="text" value="31,77"/> meses
Dt:	<input type="text" value="691"/> dias
Tempo de ritmo (Tr): Tempo necessário para execução balanceada das unidades de repetição (pavimentos).	
Tr:	<input type="text" value="391"/> dias
Ritmo de Execução (R): Velocidade de execução das unidades repetitivas (pavimentos).	
R:	<input type="text" value="39,1"/> dias/pavimento
R:	<input type="text" value="0,02558"/> pavimento/dias
Resumindo, o ritmo adotado permite que sejam executados:	
X:	<input type="text" value="0,58"/> pavimento/mês

Figura 3.3: Planilha para o cálculo do ritmo Obra B

3.6.2 Dimensionamento das equipes de produção

Para o dimensionamento das equipes, de acordo com os conceitos da técnica de linha de balanço, multiplica-se o valor (1/R) pela duração da atividade. Exemplo:

$$N^{\circ} \text{ Equipes Chapisco teto} = \text{Duração Chapisco teto} \times (1/R) = 8 \text{ (dias)} \times 0,02386 = 0,19 \text{ equipes}$$

O número de equipes adotado foi determinado a partir do arredondamento do valor obtido para um número inteiro. Quer dizer que para o exemplo anterior, a atividade de chapisco teto, o número de equipes utilizada correspondeu à 1.

Em algumas atividades (reboco e colocação de piso cerâmico) foram adotados um número de equipes de acordo com a estratégia de produção da empresa e observações feitas em canteiro, Desta forma tanto para a Obra A como para Obra B as equipes foram 2 equipes de reboco e 2 equipes para colocação de piso cerâmico (tanto do pavimento tipo como do hall do elevador).

O Anexo B apresenta o cálculo das equipes de produção da Obra A e B.

3.7 LANÇAMENTO DOS DADOS PARA O SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS MS PROJECT

De posse de todas as informações necessárias para a elaboração da programação das obras a próxima etapa foi o lançamento dos dados para o MS Project.

Este programa é bastante utilizado pelas construtoras devido a sua simplicidade e facilidade de uso. Os aspectos visuais das planilhas e gráficos permitem uma agilidade no manuseio de informações tornando este software uma poderosa ferramenta para o gerenciamento de projetos.

3.7.1 Calendário global do projeto

Inicialmente foi informado a data de início dos projetos através de uma tela fornecida pelo programa, (Figura 3.4). Com relação a data de término, esta foi calculada automaticamente em função das redes de serviços elaborada para as obras objetos de estudo

A imagem mostra a seguinte interface de usuário:

- Título da janela: **Informações sobre o projeto 'Obra B'**
- Campos de entrada:
 - Data de início: **Seg 17/01/00**
 - Data de término: **Sex 22/11/02**
 - Agendar a partir de: **Data de início do projeto**
 - Data atual: **Ter 17/09/02**
 - Data de status: **NA**
 - Calendário: **Padrão**
- Botões: **OK**, **Cancelar**, **Estatísticas...**
- Texto de status: **Todas as tarefas iniciam o mais breve possível.**

Figura 3.4: Tela informações sobre o projeto Obra B.

Na seqüência o calendário das obras, foi configurado definido os feriados, períodos de férias coletivas e o expediente de trabalho normal e excepcional, (às sextas feiras).



Figura 3.5: Tela de configuração do calendário global do projeto.

3.7.2 Organização dos projetos junto ao software

Como já mencionado no item 2.6.7 o Microsoft Project apresenta o recurso de agrupamento de micro-atividades ligadas a uma atividade principal. Este recurso denomina-se estrutura de subprojetos. Dada a possibilidade de compatibilidade do MS Project com Excel, as redes de serviços das obras foram transferidas para o software de gerenciamento de projetos.

Os pavimentos foram lançados no local destinado às atividades, que passaram a ser um projeto, ou seja, todas as demais atividades repetitivas passaram a constituir subprojetos.

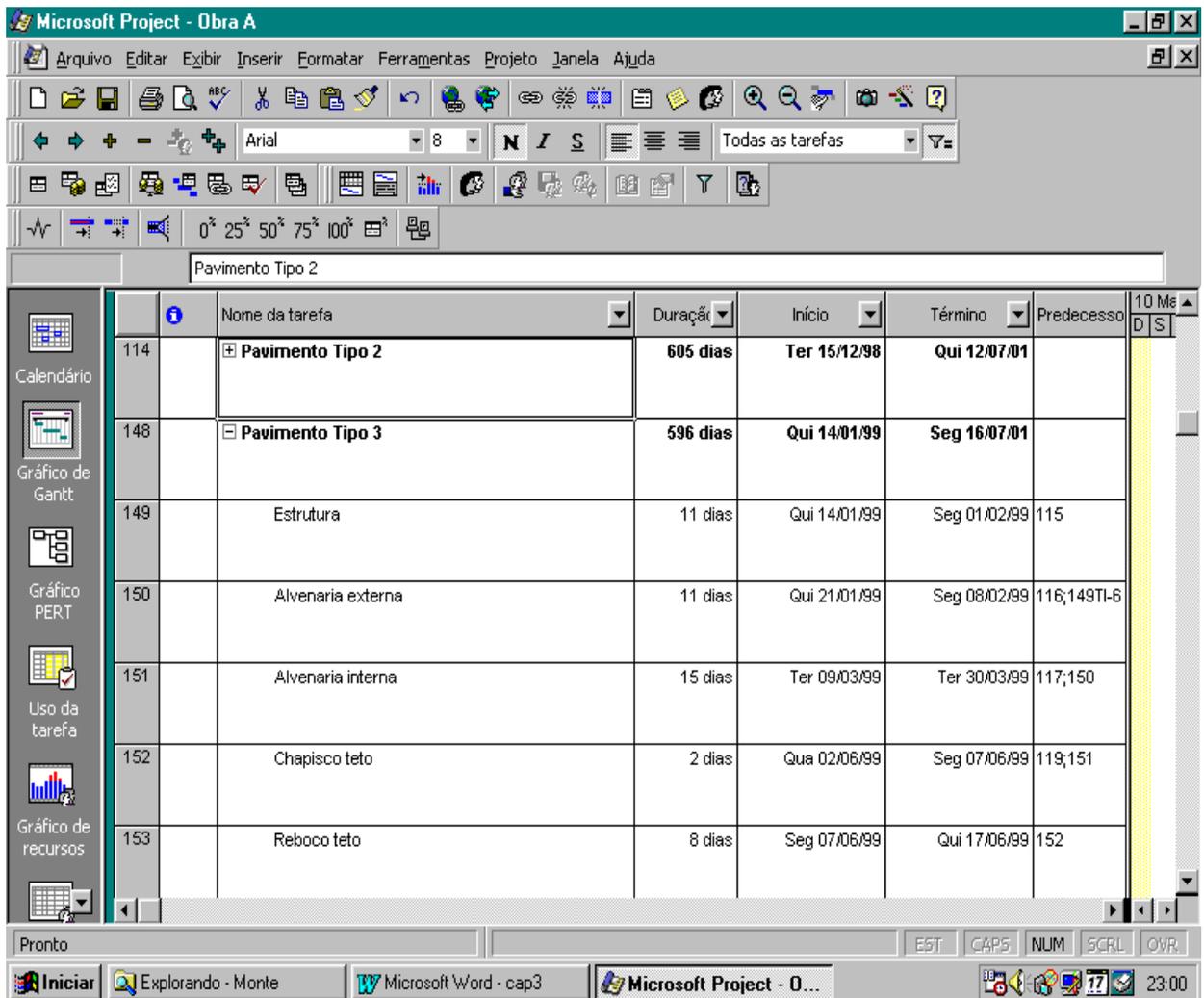


Figura 3.6: Tela de organização do projeto Obra A.

Para a determinação do início das atividades, procurou-se estabelecer uma continuidade na execução dos serviços em todos os pavimentos, uma vez que esta corresponde a uma das premissas básicas para a aplicação da técnica de linha de balanço, evidenciando desta forma, a baixa rotatividade da mão-de-obra apresentada pela empresa durante todo o processo de realização dos empreendimentos.

3.8 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE PROGRAMAÇÃO

Baseado nos trabalhos de (THOMAS; RAYNAR, 1997; MENDES Jr., 1999; OLIVEIRA, 1999; BAÚ; MENDES Jr., 2002; BERNARDES; FORMOSO, 2002), buscando estabelecer uma vinculação entre os níveis de programação, esta etapa do trabalho correspondeu a aplicação da

programação de obra no empreendimento C, durante 12 semanas, procurando determinar os fatores que interferiram no não cumprimento dos objetivos preestabelecidos neste período.

Esta parte da pesquisa permitiu a análise das dificuldades encontradas para a aplicação da programação na Obra C da construtora objeto de estudo. Vale destacar que para a elaboração da programação de médio prazo não foi utilizada a técnica de linha de balanço em função da dificuldades encontradas para sua utilização junto a empresa.

3.8.1 Levantamento dos dados para o processo de avaliação

Conforme abordado no início deste capítulo, a empresa não aderiu à programação das obras em andamento, uma vez que esta afetaria a produção e a estratégia da empresa. No entanto a programação junto a Obra C foi acompanhada pelo pesquisador com base nas informações fornecidas pelos operários e pelo mestre-de-obra, sobre os serviços que estavam sendo executados e ou que poderiam ocorrer num período de 12 semanas.

Inicialmente, de posse do projeto arquitetônico e de uma planilha para levantamento das atividades, procurou-se estabelecer quais serviços estavam sendo executados no canteiro, determinado a seqüência de execução, a duração, o número de equipes e de profissionais envolvidos com esses serviços. A ferramenta utilizada para o desenvolvimento da programação da Obra C também foi o MS Project.

3.8.2 Sistemática de acompanhamento e avaliação da programação

Após a conclusão da programação inicial, o trabalho foi orientado para o acompanhamento e a avaliação semanal das atividades programadas. Para isto foi estabelecida uma rotina em que semanalmente, às segunda feira, o pesquisador acompanhado de uma planilha percorria o canteiro procurando avaliar os serviços programados, e identificar as causas dos desvios na programação bem como as mudanças nas estratégias de execução dos serviços. Estas observações eram registradas na planilha apresentada a seguir.

Programação de Obras Controle das Atividades					
Nome da Obra:					
Data da Verificação:					
Atividade	N° Equipe	N° Oficiais/ Serventes	Programado da semana	Concluído da semana	Nota

Figura 3.7: Modelo de planilha utilizada para o controle das atividades programadas.

Para padronizar o processo de avaliação dos serviços foi adotado um critério de notas. Em função das notas atribuídas as atividades eram reprogramadas para as semanas seguintes e as justificativas eram registradas nos casos em que ocorreram desvios na programação.

Na tabela a seguir apresenta-se a escala de notas adota para avaliação dos serviços programados.

Tabela 3.2: Escala de notas para avaliação das atividades programadas.

Notas	Critérios adotados
0	Serviço não iniciado, ou não previsto na programação.
$0 < x \leq 2,5$	Casos em que os erros eram graves e que poderiam afetar o andamento das atividade como um todo.
$2,5 < x < 5$	Desvios em escala menor dentro do que foi previsto, mas que também poderia afetar a programação.
5	Serviço concluído de acordo com o programado.

As justificativas dos desvios foram identificadas e registradas na planilha apresentada na Figura 3.8 para efeito de reprogramação das atividades.

Programação de Obras Controle das Atividades	
Atividade	Causas do erro da programação

Figura 3.8: Modelo de planilha utilizada para determinação das causas dos erros.

Para avaliar semanalmente as atividades programadas, utilizou-se um recurso disponível no MS Project capaz de gerar informações de cada serviço. Assinalando a porcentagem concluída dos serviços na tela “Informações sobre a tarefa” (Figura 3.9), foi possível determinar os recursos necessários (mão-de-obra); a duração, as atividades; dados estes fundamentais para efeito de avaliação dentro do canteiro de obra.

The image shows a screenshot of the 'Informações sobre a tarefa' (Task Information) dialog box in Microsoft Project. The dialog has a title bar with a question mark and a close button. Below the title bar are five tabs: 'Geral', 'Predecessoras', 'Recursos', 'Avançado', and 'Anotações'. The 'Geral' tab is selected. The 'Nome' field contains 'Ramificação da instalação hidráulica'. The 'Duração' field is set to '7,02d'. The 'Porcentagem concluída' field is set to '13%'. The 'Prioridade' field is set to 'Média'. The 'Início' field is set to 'Sex 05/07/02' and the 'Término' field is set to 'Ter 16/07/02'. There are two checkboxes: 'Ocultar a barra de tarefas' (unchecked) and 'Ajustar as barras de Gantt ao resumo' (unchecked). There are 'OK' and 'Cancelar' buttons.

Figura 3.9: Tela informações sobre a tarefa.

3.8.3 Percentual de avaliação da programação

O percentual de avaliação da programação (PAP) foi determinado a partir das informações geradas em canteiro levantadas conforme a descrição dos itens anteriores. Os desvios e as notas foram registradas semanalmente em uma planilha Excel (Quadro 3.1).

Em função das notas estabelecidas, pode-se determinar um valor correspondente à avaliação da programação semanal, calculada a partir da média das notas estabelecidas a cada um dos serviços programados. Este resultado determinava o PAP.

$$\text{PAP} = \frac{\text{Média das notas estabelecidas}}{5} \times 100\% \quad (\text{eq. 6})$$

Quadro 3.2: Exemplo da planilha utilizada para avaliação da programação da Obra C.

Semana 5 Data 20/05/02

Atividades/ Local	Atividades Proposta (Prog. Semanal)	Observações	Nota
Estrutura pavimento 10	33% Concluído	OK	5,00
Alvenaria pavimento 6	64% Concluído	Na data da verificação o serviço já estava concluído, iniciando a alvenaria do pavimento 7. A equipe aumentou a produção e desta forma concluiu o serviço num período menor.	3,00
Reboco garagem G2	80% Concluído	OK	5,00
Instalação elétrica pavimento 2	90% Concluído	OK	5,00
Encunhamento alvenaria pavimento	Iniciar	Funcionário foi deslocado para realizar outra atividade dentro do canteiro de obras.	0,00
Forra das portas pavimento 1	20% concluído	OK	5,00
Instalação esgoto pav.4	Concluído	OK	5,00
Chapisco teto pavimento 4	49% Concluído	A equipe foi deslocada para realizar o chapisco da alvenaria, devido a não conclusão do encunhamento no pavimento atrasando o andamento das atividades de reboco e chapisco teto. A duração do chapisco alvenaria corresponde a 1 dia, e sua precedência está diretamente ligada a conclusão do serviço de instalação da tubulação elétrica.	0,00
Instalação esgoto pavimento 5	60% Concluído	OK	5,00
			Média 3,30
			PAP 66,00

A discussão dos valores obtidos com o processo de avaliação e as causas que ocasionaram os erros na programação serão apresentados no próximo capítulo reservado à análise dos resultados.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE OBRAS EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

Neste capítulo procede-se a apresentação e discussão dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia da pesquisa. Inicialmente serão analisados o perfil dos funcionários e o processo de produção da empresa objeto de estudo.

Em seguida, será feita uma análise dos resultados obtidos com a elaboração da programação, baseada na técnica de linha de balanço e a estratégia de produção adotada nas Obras A e B será discutida. Também neste capítulo, algumas dificuldades para a implantação da programação de obras utilizando a técnica de linha de balanço na empresa objeto de estudo serão apresentadas bem como fatores que interferiram no desempenho da programação de médio prazo na Obra C. Como mencionado no item 3.8 não foi utilizada a linha de balanço com técnica de programação na Obra C.

A aplicabilidade da ferramenta MS Project com a técnica da linha de balanço será discutida ao final do capítulo, enfatizando o lançamento dos dados, a visualização e a emissão de relatórios.

4.1 ANÁLISE DO PERFIL DOS FUNCIONÁRIOS LIGADOS À PRODUÇÃO

O perfil dos funcionários da empresa engajados na produção será analisado com base nos resultados da aplicação do questionário abordado no item 3.6. Procurou-se identificar o conhecimento dos mestres e do engenheiro sobre as várias técnicas de programação de obras existentes.

Os funcionários consultados apresentam uma vasta experiência prática na construção civil. O tempo médio de envolvimento com a produção de edifícios é de 20 anos (mestres) e 08 anos (engenheiro) no entanto, estes declararam ter um conhecimento mínimo sobre as técnicas de controle da produção.

Dentre os vários métodos existentes; o único contato que estes profissionais tiveram foi com o cronograma de barras. Nas entrevistas foi identificado que os cronogramas geralmente ficavam expostos nas obras mas dificilmente eram consultados, dada a grande diferença entre o programado e o executado. O engenheiro da empresa declarou não ter conhecimento da linha de balanço como técnica de programação de obras; ferramenta esta utilizada para o desenvolvimento da pesquisa.

Com relação aos benefícios advindos da programação, não foi citado nenhum item favorável a aplicação deste instrumento para o planejamento e controle de obras, os profissionais consultados declararam não acreditar que a programação seria capaz de retratar a realidade do cotidiano dos canteiros.

Analisando estas declarações, fica clara a necessidade de investir em cursos profissionalizantes para os funcionários diretamente ligados ao controle da produção de edifícios. Estes cursos seriam uma oportunidade de atualização em relação as mudanças observadas na indústria da construção civil nestes últimos anos e poderiam alterar a opinião de que a baixa qualificação da mão-de-obra é determinante para a manutenção do status quo .

Vale destacar que não basta a atualização de mestres e técnicos de obras mas também dos engenheiros. ASSUMPCÃO (1996) afirma que é necessária uma reestruturação da grade curricular dos cursos de engenharia dando ênfase às disciplinas ligadas à gestão da produção, o que contribuiria para a formação de profissionais capacitados a participar dos processos de modernização da construção civil.

Com relação a credibilidade e os benefícios da programação de obras - temas abordados por muitos pesquisadores - o comprometimento da organização e de todos os seus funcionários em colocar em prática a programação é determinante. Dentro deste contexto é importante ressaltar a necessidade de controle e reprogramação das atividades em função do andamento do obra para que o cronograma esteja sempre atualizado, capaz de retratar e gerar informações da sua realidade do canteiro.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS PARA A DETERMINAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE OBRAS

Neste item será dada uma atenção especial para a discussão das durações das atividades levantadas em canteiro e também para os índices de produtividade das equipes de produção; uma vez que estas informações são essenciais para a determinação da programação de obras.

4.2.1 Durações das atividades

Dada a dificuldade em estabelecer a produtividade das equipes de produção da empresa objeto de estudo, conforme apontado no item 3.4, optou-se então por partir do caminho inverso; ou seja, determinar as durações das atividades e a composição das equipes de produção por meio de observações feitas em canteiro e informações dos próprios funcionários da construtora.

Porém, existem outras alternativas de determinação das durações. ASSUMPÇÃO (1996), em sua tese de doutorado, apresenta uma metodologia para o cálculo das durações em função do tempo de ciclo (constante em todos os pavimentos, ou trechos), e do número de pavimentos ou trechos em que o serviço se repete; sendo estas calculadas da seguinte forma:

$$D_i = K_{i1} + K_{i2} \times C_i \times N_i \quad (\text{eq. 7})$$

onde:

D_i = duração da atividade i

K_{i1} e K_{i2} = Fatores para ajuste da duração e do tempo de ciclo da atividade i ;

C_i = tempo do ciclo de produção da atividade i por pavimento;

N_i = número de pavimentos ou trechos em que a atividade i se repete.

Segundo este autor o fator K_{i1} majora a duração da atividade, levando em conta a maior dificuldade do serviço ser executado no primeiro pavimento (ou local de trabalho) porém, em alguns casos, o fator K_{i1} também deve ser aplicado ao tempo para a execução do serviço no último pavimento. Isto ocorre em função de mobilização e desmobilização da equipe, ou para retratar as mudanças nas características do primeiro e último pavimentos que nem sempre são iguais ao tipo. Neste caso, o fator K_{i1} corrige a duração global do serviço, levando em conta as especificidade da execução no primeiro e último local de trabalho.

Já o fator K_{i2} é adimensional e ajusta o tempo de ciclo de acordo com as características intrínsecas de cada serviço, corrigindo o tempo de ciclo em função do grau de dificuldade do processo de trabalho, que pode variar de acordo com a alternativa proposta para executar o serviço. Por exemplo para os serviços de fundações, o fator K_{i2} está calibrado para assumir os seguintes valores:

- Fundação - execução normal $\rightarrow K_{i2} = 1,0$ (mantém o ciclo);
- Fundação - execução com grau de dificuldade médio $\rightarrow K_{i2} = 1,5$ (1,5 vezes o ciclo);
- Fundação - execução complexa $\rightarrow K_{i2} = 2,0$ (2,0 vezes o ciclo).

Outra alternativa seria utilizar dados de outros trabalhos ou até mesmo as informações da Tabela de Composição de Preços para Orçamento (TCPO), mas em função das diferenças que existem entre as empresas e também por querer demonstrar a realidade da construtora optou-se pela metodologia apresentada no item 3.4.

4.2.2 Produtividade das equipes de produção – demanda da mão-de-obra

A partir das durações e do tamanho das equipes de produção foram levantados os índices de produtividade das equipes de produção, conforme apresentado no Anexo C. Pode-se verificar uma divergência entre os valores obtidos com os demais trabalho realizados no setor.

Segundo HERBSMAN; ELLIS apud MARCHIORI (1998); o levantamento dos índices de produtividade em obra e a precisão destes valores é essencial para o estabelecimento de relações diretas entre estes índices e as estimativas de controle de custos, programação e gerenciamento de recursos, entre outros.

BISHOP apud MARCHIORI (1998); ressalta que existem variações consideráveis nos índices de produtividade, principalmente quando estes são comparados entre indivíduos; grupos ou empresas. Estas variações originam-se na ausência de determinação de metas a serem atingidas e na falta de padronização de procedimentos para a definição dos índices.

Muitos trabalhos apresentam a demanda de mão-de-obra necessária para execução dos empreendimentos; calculada a partir da quantidade de homens-hora por área real dos empreendimentos. Outros trabalhos preocupam-se em estabelecer uma relação entre esses valores, mas devido às particularidades de cada empresa e de cada empreendimento objeto de

estudo verifica-se uma grande divergência entre esses dados. A tabela abaixo apresenta alguns desses valores obtidos em pesquisas nacionais.

Tabela 4.1: Demanda de hh/m² apresentado em alguns trabalhos nacionais
(Fonte: Elaboração própria).

Autor	Demanda hh/m²	Observações
Losso (1995)	30,697	Dado relativo à demanda de mão-de-obra própria para execução da torre de um edifício de múltiplos pavimentos. Porém, segundo o autor este valor pode chegar à 45 hh/m ² se considerar os serviços terceirizados no cálculo do consumo de mão-de-obra.
Picchi <i>apud</i> Losso (1995)	70,00 à 80,00	Dado relativo à construção de edifício de múltiplos pavimentos.
Mascaró <i>apud</i> Losso (1995)	20 à 35	Dado relativo à execução de obras em sistema tradicional racionalizado.
Coelho (1998)	19,50	Dado relativo à execução de casas de um conjunto habitacional.
Solano <i>apud</i> Mendes Jr. (1999)	32,84	Dado relativo à demanda de mão-de-obra total por função para execução da torre de um edifício de múltiplos pavimentos.
Oliveira <i>et. al</i> (1995)	43,00	Valor médio levantado na realidade brasileira sobre gastos de homem/hora para cada m ² de edificação.
Heineck (1996)	38,40	Dado relativo à execução da torre de um edifício de múltiplos pavimentos.
Assumpção (1996)	45,00	Dado relativo à execução de um edifício de múltiplos pavimentos.
Mendes Jr. (1999)	45,90	Dado relativo à média da demanda de mão-de-obra em edifícios de múltiplos pavimentos.

Os Quadros 4.1 e 4.2 a seguir apresentam os valores da demanda de mão-de-obra da Obra A e B, respectivamente. Verifica-se uma pequena diferença no valor total, calculado em função das áreas reais dos empreendimentos. O baixo valor da demanda de mão-de-obra demonstra a boa produtividade das equipes de produção, no entanto este fato não interfere no achatamento do prazo de conclusão das obras da empresa por motivos que serão discutidos adiante neste capítulo, no item 4.6.1.

Quadro 4.1: Demanda de mão-de-obra da Obra A².

<i>Atividades</i>	<i>HH</i>	<i>HH/AR</i>
Serviços preliminares (escavação, canteiro)	88,00	0,00857
Fundação	6.582,40	0,64124
Estrutura	54.945,16	5,35261
Alvenaria externa	2.323,20	0,22632
Alvenaria interna	6.204,00	0,60438
Chapisco teto	457,60	0,04458
Reboco teto	1.865,60	0,18174
Colocação dos contramarcos	653,40	0,06365
Colocação forras das portas	424,77	0,04138
E Instalação da tubulação elétrica	1.689,60	0,16460
H Instalação da tubulação hidro/sanitária	2.323,20	0,22632
I Instalação da tubulação de incêndio	440,00	0,04286
G Instalação dos pontos de gás	-	-
Chapisco	3.797,20	0,36991
Reboco	17.732,00	1,72740
Impermeabilização	-	-
Colocação de azulejo	1.821,60	0,17746
Colocação de piso cerâmico	3.027,20	0,29490
Forro de gesso	1.438,80	0,14016
Forro de madeira	312,40	0,03043
Louças	751,52	0,07321
Rejunte	2.217,60	0,21603
Colocação do gradil metálico e guarda corpo	-	-
Colocação das portas de madeira	530,82	0,05171
Colocação das janelas e portas de alumínio	-	-
Pintura 1a demão	14.115,20	1,37507
Pintura 2a demão	12.971,20	1,26362
Pintura 3a demão	12.971,20	1,26362
Fiação dos pontos de luz	2.622,40	0,25547
Colocação dos vidros	-	-
Pontos de telefone	637,47	0,06210
Acabamento incêndio	792,00	0,07715
Acabamento dos pontos de luz	616,00	0,06001
Metais	745,53	0,07263
Limpeza	1.196,80	0,11659
Colocação de granito	316,80	0,03086
Telhado	-	-
Colocação do corrimão	189,20	0,01843
Pastilha	3.449,60	0,33605
Instalação dos elevadores	-	-
Jardinagem	-	-
Contrapiso	827,20	0,08058
Colocação do portão	-	-
TOTAL	161.076,67	15,69

² Nota: AR \Rightarrow área real do empreendimento em m², ver Anexo A.

O número de oficiais das atividades considerados para o cálculo da demanda de mão-de-obra estão apresentados no Anexo B.

Quadro 4.2: Demanda de mão de obra da Obra B³.

<i>Atividades</i>	<i>HH</i>	<i>HH/AR</i>
Serviços preliminares (escavação, canteiro)	88,00	0,00878
Fundação	6.582,40	0,65665
Estrutura	75.631,78	7,54490
Alvenaria externa	4.910,40	0,48985
Alvenaria interna	6.679,20	0,66631
Chapisco teto	616,00	0,06145
Reboco teto	3.080,00	0,30726
Colocação dos contramarcos	519,20	0,05179
Colocação forras das portas	434,37	0,04333
E Instalação da tubulação elétrica	2.376,00	0,23703
H Instalação da tubulação hidro/sanitária	2.393,60	0,23878
I Instalação da tubulação de incêndio	475,20	0,04741
G Instalação dos pontos de gás	-	-
Chapisco	2.068,00	0,20630
Reboco	11.264,00	1,12368
Impermeabilização	-	-
Colocação de azulejo	1.592,80	0,15890
Colocação de piso cerâmico	3.036,00	0,30287
Forro de gesso	1.707,20	0,17031
Forro de madeira	484,00	0,04828
Louças	1.010,24	0,10078
Rejunte	1.724,80	0,17206
Colocação do gradil metálico e guarda corpo	-	-
Colocação das portas de madeira	540,76	0,05395
Colocação das janelas e portas de alumínio	-	-
Pintura 1a demão	6.424,00	0,64085
Pintura 2a demão	5.878,40	0,58642
Pintura 3a demão	5.878,40	0,58642
Fiação dos pontos de luz	2.358,40	0,23527
Colocação dos vidros	-	-
Pontos de telefone	457,60	0,04565
Acabamento incêndio	528,00	0,05267
Acabamento dos pontos de luz	598,40	0,05970
Metals	603,32	0,06019
Limpeza	1.069,03	0,10664
Colocação de granito	193,60	0,01931
Telhado	-	-
Colocação do corrimão	132,00	0,01317
Pastilha	3.308,80	0,33008
Instalação dos elevadores	-	-
Jardinagem	-	-
Contrapiso	704,00	0,07023
Colocação do portão	-	-
TOTAL	155.347,90	15,50

³ Nota: AR \Rightarrow área real do empreendimento em m², ver Anexo A.
O número de oficiais das atividades considerados para o cálculo da demanda de mão-de-obra estão apresentados no Anexo B.

4.3 DIMENSIONAMENTO DAS EQUIPES DE PRODUÇÃO

Apesar da técnica da linha de balanço ser capaz de fornecer o número de equipes de produção, existe a possibilidade de dimensioná-las em função da duração do serviço; da produtividade e da quantidade de serviço a ser executado. O exemplo a seguir demonstra um caso de aplicação.

Dimensionar a equipe para a execução de 300m² (Q) de alvenaria em 5 dias (D):

Dados⁴: Produtividade da equipe (P) = 0,83 hh/m²

Equipe (E) = 2 pedreiros + 1 servente

Carga horária = 8 horas/dia

Utilizando a equação que determina a produtividade, calcula-se hh (homens hora)

$$(eq.2) \longrightarrow P = \frac{hh}{m^2} = 0,83 = \frac{hh}{300}$$

$$hh = 249 \text{homenshora}$$

$$\frac{249hh}{8hx5} = 6,225 \text{homens}$$

$$1 \text{ equipe} \rightarrow 2 \text{ homens}$$

$$E \rightarrow 6,225 \text{ homens}$$

$$E = 3,1125 \text{ equipes} \Rightarrow \text{arredondando } 3 \text{ equipes}$$

Como a equipe é composta por 2 pedreiros e 1 servente, verifica-se que o número necessário para a execução do serviço de alvenaria corresponde à 3 equipes.

Contudo este cálculo não é suficiente para fornecer um valor balanceado das equipes de produção, sendo necessários ajustes para evitar picos na demanda da mão-de-obra e evitar folgas entre as atividades, provocadas em função do desequilíbrio no ritmo de execução entre as equipes de produção.

Para a aplicação da linha de balanço, como proposto neste trabalho, é necessário seguir o princípio básico de que esta é uma técnica de programação baseada no fato de que a construção

⁴ Nota: Os dados apresentados são fictícios, sendo utilizados apenas para efeito de demonstração do dimensionamento da equipe.

tem um ritmo natural e que qualquer desvio nesse ritmo pode provocar perdas de recursos e de tempo.

No caso das obras objetos de estudo; este ritmo apresentou valores relativamente baixos, (0,537 pavimento/mês para a Obra A e 0,58 pavimento/mês para a Obra B) em virtude principalmente do prazo de conclusão dos empreendimentos. A partir desta informação seria possível dimensionar as equipes de produção por meio do cálculo do produto do ritmo das obras pela durações dos serviços; conforme abordado no item 3.6.2. O cálculo deste produto, aliado ao baixo ritmo observado nas obras, faria com que todas as atividades ficassem dimensionadas para uma equipe de produção, o que não retratava a realidade das obras em estudo.

Outra questão que merece destaque é que a técnica da linha de balanço não prevê a execução de tarefas fora do pavimento tipo (garagens e subsolo entre outros). Este princípio poderia determinar a necessidade de mobilização de novas equipes de produção para execução das atividades da periferia, com o objetivo de manter a continuidade de execução dos serviços e manter o prazo de conclusão dentro do estabelecido, mas a mobilização de novas equipes não era condizente com a realidade da empresa.

As únicas atividades que contaram com duas equipes de produção nas obras em estudo foram: reboco e colocação de piso cerâmico e estas foram mantidas na programação

A adoção deste dimensionamento possibilitou a conclusão das obras nos prazos estabelecidos e a adaptação da programação à realidade da empresa, principalmente com respeito à continuidade e manutenção das equipes nos canteiros, o que demonstra a possibilidade de aplicação da linha de balanço com o objetivo de manter um ritmo de execução das obras.

No caso de edifícios altos, deve-se ter uma atenção especial para as atividades da periferia, uma vez que estas não são consideradas para o cálculo do ritmo (com exceção do tempo da atividade estrutura - subsolos e garagens - que é considerada no tempo de mobilização do canteiro); portanto, no momento da aplicação da técnica, é necessário que se faça um estudo detalhado das interferências das atividades da periferia no prazo de conclusão do empreendimento. A partir disto, deve-se adaptar o dimensionamento do número de equipes ao cotidiano da empresa, buscando sempre manter a continuidade na composição das equipes de produção de modo a evitar a rotatividade excessiva de mão-de-obra.

4.4 UMA ANÁLISE DA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO – TRECHO DO ELEVADOR DE CARGA

Muitos trabalhos relacionados com o tema de programação de obras de edifícios altos adotam o pavimento tipo como unidade principal para a programação, mas não foi observado na literatura sobre o tema como são tratados os serviços nas áreas próximas ao transporte vertical das obras.

O fato é que, na maioria dos edifícios residenciais, as atividades de acabamento nas áreas próximas ao elevador de carga não são executadas em conjunto com o pavimento tipo pois os serviços certamente seriam danificados pelo transporte de pessoas e cargas até o momento da entrega das chaves.

Com o objetivo de retratar este problema na programação, procurou-se adaptar a técnica de linha de balanço à realidade da estratégia de produção da empresa, dividindo as atividades de acabamento do pavimento tipo em quatro partes: a primeira compreende os apartamentos onde o elevador não estava posicionado, a segunda compreende o hall e área do apartamento contígua ao elevador de carga, a terceira compreende a escada e a quarta o elevador do empreendimento.

O desmembramento da unidade básica de produção permitiu a inclusão das pendências da obra na programação - um dos principais motivos da baixa eficiência do processo. Além disso, pode-se verificar que a adoção dessa estratégia não interferiu na determinação do ritmo da obra, visto que as tarefas decorrentes desta divisão foram consideradas para o cálculo do tempo de base dos empreendimentos.

Os Anexo C e D apresentam respectivamente a forma de lançamento e a visualização das atividades de acabamento do trecho do elevador de carga das Obras A e B utilizando a técnica de linha de balanço.

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA TÉCNICA DA LINHA DE BALANÇO NA EMPRESA OBJETO DE ESTUDO

Para verificar a aplicabilidade da técnica da linha balanço nas obras da empresa objeto de estudo, algumas observações foram feitas em canteiro no momento do levantamento dos dados para a programação das Obras A e B. Alguns fatores apresentados a seguir, demonstraram a dificuldade da implantação da técnica junto a empresa, o que evidenciou a necessidade de estabelecer um diagnóstico dos objetivos específicos da organização, antes da proposta de uma técnica voltada ao planejamento e programação.

- Indisponibilidade de um sistema computacional de gerenciamento de projetos capaz de reproduzir a programação.
- Indisponibilidade de profissionais que assumiriam as tarefas de controle sistemático das atividades programadas em canteiro.
- Indisponibilidade de mão-de-obra especializada na área de planejamento e programação de obras e especificamente, falta de conhecimento da técnica da linha de balanço.
- Falta de continuidade na execução das atividades, com impossibilidade da determinação de uma unidade básica de produção (pavimento ou apartamento), fator que dificulta a aplicação dos princípios da técnica da linha de balanço.
- Liberação dos serviços muitas vezes está condicionada ao desenvolvimento das demais obras, uma vez que a empresa trabalha com mão-de-obra própria.

Desta forma, os itens a seguir deste capítulo destinam-se à apresentação da eficácia do acompanhamento de um sistema de programação de obra no empreendimento C da empresa objeto de estudo. Em função dos fatores mencionados acima, a programação não se baseou na técnica da linha de balanço, sendo esta calcada nos princípios das redes PERT e CPM.

4.6 APLICABILIDADE E EFICIÊNCIA DA PROGRAMAÇÃO DA OBRA C

Nesta seção apresentam-se os resultados obtidos com o acompanhamento da programação na Obra C em um período de 12 semanas. Alguns fatores que interferiram no desempenho da programação pré-estabelecida em conjunto com o mestre-de-obra serão discutidos, assim como gráficos e fotos serão apresentados de forma a facilitar a descrição, compreensão e visualização dos fatos ocorridos.

4.6.1 Determinação dos fatores para não cumprimento da programação de médio prazo

Vários fatores interferem no cumprimento dos objetivos estabelecidos na programação de obras. MENDES Jr. (1999), BAÚ; MENDES Jr. (2002), BERNARDES; FORMOSO (2002), citados no

item 3.8, destacam como principais fontes causadoras dos erros na programação da produção: falta de materiais, ferramentas, equipamentos e mão-de-obra, mudanças de projetos, retrabalhos causados por erros de execução, excessivo número de atividades sendo executadas num mesmo local, falta de seqüenciamento na execução dos serviços, acidentes de trabalho, fatores climáticos, problemas nos contratos com empreiteiros, falta de uma boa comunicação dentro dos canteiros de obras e erros originados na própria programação.

Porém, analisando estes trabalhos, observa-se que muitos fatores originam-se nas particularidades de cada organização, especificamente nas áreas de aquisição de recursos, (materiais, equipamentos, ferramentas e mão-de-obra), coordenação de projetos e principalmente do setor de gerenciamento de obras.

A partir do acompanhamento semanal da programação realizada na Obra C, cuja metodologia foi descrita no item 3.8.2, foram verificados fatores que interferiram no cumprimento dos objetivos estabelecidos na programação.

O resumo das observações feitas no canteiro nas doze semanas em que foi colocada em prática a metodologia apresentada no item 3.8 pode ser observada no Anexo E. Com estas observações e a classificação dos principais fatores foi elaborado um gráfico, (Figura 4.1), capaz de demonstrar a incidência de cada um destes problemas.

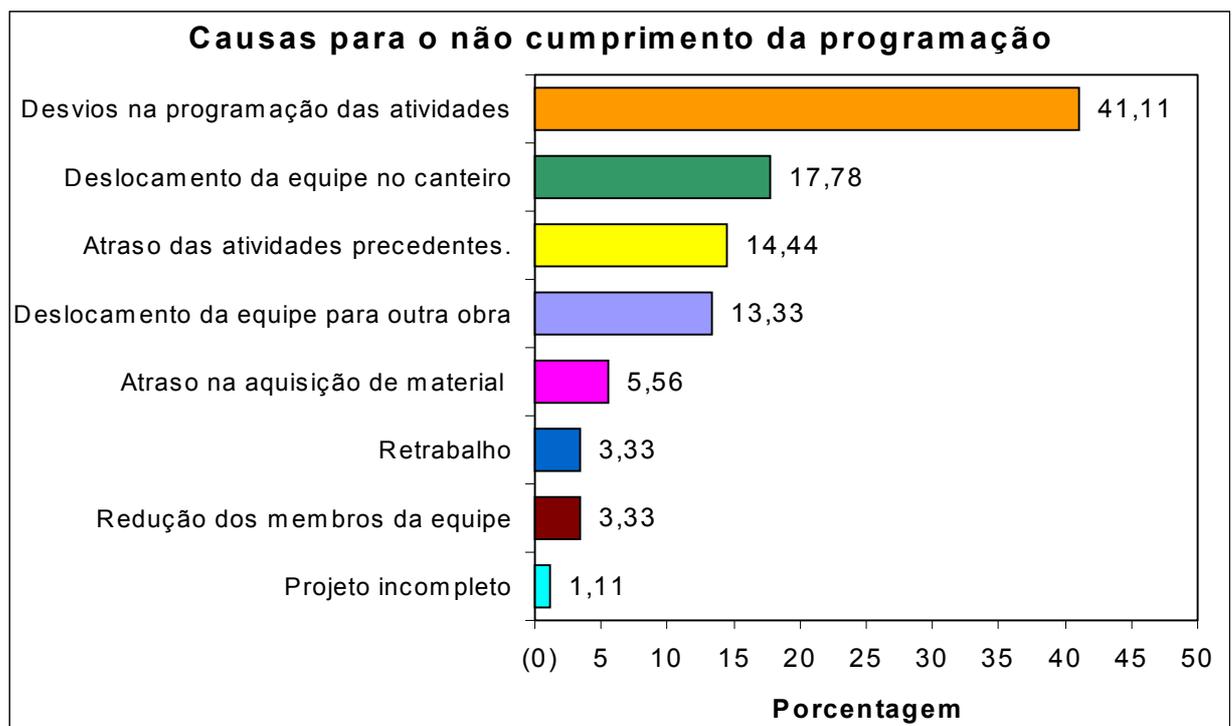


Figura 4.1: Incidência dos principais motivos para o não cumprimento da programação.

Analisando o gráfico, cada um dos fatores identificados como causadores de erros na programação serão comentados a seguir:

- a) Desvios na programação das atividades: este foi o principal fator que causou o não cumprimento da programação semanal das atividades na Obra C, com 41,11% das ocorrências observadas. Comparando este trabalho com as pesquisas realizadas por OLIVEIRA (1999) e BAÚ; MENDES JR., (2002) conclui-se que este é um problema comum na implantação do programação de curto prazo, o qual pode ser minimizado com a transmissão, aos encarregados da obra, das decisões das programações de longo e médio prazo. Desta forma seria possível uma melhor distribuição das tarefas ao longo das semanas em função da disponibilidade das equipes ou uma adequação na composição das equipes às necessidades da obra.

Algumas ocorrências observadas na Obra C originaram-se na falta de comprometimento do mestre na precisão das informações prestadas ao pesquisador. Por exemplo, atividades não previstas, divergência nas durações, divergências nas datas de início das atividades e mudanças na estratégia de ataque das equipes de produção.

- b) Deslocamento das equipes no canteiro: a falta de experiência dos gerentes do canteiro com a planejamento e programação de obras, faz com que as tarefas sejam atribuídas no dia-a-dia colaborando para o aumento da descontinuidade na execução dos serviços afetando o andamento da obra. As ocorrências relacionadas a este problema na Obra C corresponderam a 17,78%.
- c) Atraso das atividades precedentes: problema decorrente principalmente da movimentação das equipes entre os canteiros, gerando descontinuidade entre os serviços. Em alguns serviços considerados chave para a programação, qualquer atraso na sua execução acarretou em prejuízo para a liberação da próxima frente de serviço. As ocorrências relacionadas a este problema na Obra C corresponderam a 14,44%.
- d) Deslocamento de equipes para outras obras: conforme já mencionado, a empresa objeto de estudo trabalha com mão-de-obra própria e poucos são os serviços subcontratados. Com o objetivo de evitar a desmobilização de seus funcionários efetivos existe uma constante movimentação das equipes de produção entre os canteiros de acordo com as necessidades de

cada empreendimento. As ocorrências relacionadas a este problema na Obra C corresponderam a 13,33%.

- e) Atraso na aquisição ou recebimento de materiais: fato comum na indústria da construção cuja responsabilidade pode recair tanto sobre os fornecedores quanto sobre o departamento de compras da empresa (OLIVEIRA, 1999). A aquisição de materiais utilizando como único critério o menor preço pode conduzir à compra de fornecedores não qualificados que não se comprometem com os prazos de entrega. É essencial que os responsáveis pela aquisição de materiais tenham informações confiáveis sobre a quantidade e o momento adequado para a compra dos insumos necessários para a execução dos serviços. Estas informações podem ser observadas em orçamento detalhado, aliado a programação de recursos. Na empresa objeto de estudo, verificou-se que os mestres ou até os funcionários levantavam a quantidade e o prazo para a aquisição de materiais, pois o orçamento e a programação de recursos não estão disponíveis. As ocorrências relacionadas a este problema na Obra C corresponderam a 5,56%;
- f) Retrabalho: observado quando as equipes de produção retornavam aos locais em que os serviços já estavam concluídos para efetuarem reparos, por mudanças no projeto ou para a conclusão do serviço, que por uma série de motivos, não tinha sido finalizados. As ocorrências relacionadas a este problema na Obra C corresponderam a 3,33%;
- g) Redução da composição da equipe de produção: em decorrência do ataque à outras frentes de serviços não programadas, dentro da própria Obra C ou nos demais empreendimentos da empresa;

Analisando as ocorrências que corresponderam a uma porcentagem de 3,33%, tem-se que a redução dos membros da equipe de produção ocorreu principalmente na fase de estrutura da cobertura e da caixa d'água. Nestes locais o número de carpinteiros foi reduzido, prejudicando o prazo de conclusão de acordo com que foi estabelecido no plano de médio prazo. Já na 12ª semana foi observado que a equipe de colocação de contramarcos e forras das portas foi reduzida em função do deslocamento do servente para outra frente de serviço.

- h) Projeto incompleto: problema com origem na elaboração de projetos orientados para a aprovação junto aos órgãos públicos e não ao processo produtivo. O desenvolvimento

necessário para o detalhamento dos projetos ficou estagnado, prejudicando a elaboração do orçamento, da programação e conseqüentemente do controle e produção.

Na Obra C, 1,11% das ocorrências verificadas estiveram relacionadas a este problema. Além de prejudicar a elaboração do plano de médio prazo da obra este fator também dificultou a atividade de estrutura. Na 8ª semana de acompanhamento da programação, em virtude do adiamento da data da concretagem da laje do 11º pavimento, o cronograma estabelecido em conjunto ao mestre-de-obras não foi cumprido.

Deve-se destacar que, em alguns casos foi observada uma dependência das causas e efeitos das ocorrências no desempenho da programação. Desta forma, vários fatores foram atribuídos como causadores dos problemas detectados em canteiro. Ao considerar as particularidades de cada situação, muitas vezes foram registrados vários fatores que as originaram.

Para exemplificar, a observação feita em 03/06/2002 (semana 7) na atividade ramificação da instalação hidráulica pavimento 1 foi registrado pelo pesquisador: *O material não chegou à obra. A equipe foi deslocado para outra obra e também estava revisando as instalação de esgoto dos pavimentos já executados, impossibilitando a mobilidade da frente de serviço até a entrega do material no canteiro.* Foram considerados os seguintes fatores para esta situação:

- a) atraso na aquisição e recebimento de material,
- b) deslocamento da equipe para outra obra por dois dias, pois havia a necessidade de preparar a concretagem em outro empreendimento da empresa,
- c) retrabalho, na mesma semana 7, após o retorno da equipe do outro empreendimento, algumas instalações já concluídas em pavimentos anteriores foram revisadas até que o material chegasse a obra.

A seqüência de fotos a seguir ilustra uma mudança de estratégia de produção na Obra C. Neste caso, manifestou-se a necessidade de antecipar serviços precedentes ao de reboco externo na Obra C, em função da eminente conclusão desta atividade em outro empreendimento da empresa. Se a alvenaria e colocação de contramarcos de uma das fachadas da Obra C não fossem antecipadas - liberando a execução do reboco externo - os funcionários da equipe de reboco não teriam frente de trabalho em nenhuma outra obra da empresa e esta não desejava dispensá-los.



Figura 4.2: Antecipação na execução da alvenaria.

O fato ocorrido refletiu-se na 10ª semana da programação. A equipe de alvenaria foi deslocada para executar a vedação externa do 9º, 10º e 11º pavimentos, apenas em uma das fachadas do edifício.

Observou-se então uma reação em cadeia na programação. A equipe de colocação de contramarcos - que estava realizando atividades no 4º pavimento - foi deslocada para a fixar os contramarcos na única fachada dos pavimentos 9º, 10º e 11º. (Figura 4.3)



Figura 4.3: Descontinuidade da colocação dos contramarcos.

As equipes que apresentaram maior índice de rotatividade dentro do canteiro e entre os empreendimentos, foram as equipes de encanadores e eletricitas. Estes eram deslocados, ora para a preparação da concretagem de lajes em outras obras, ora para a instalação e manutenção dos canteiros e plantões de vendas.

A atividade de reboco teto também sofreu deslocamentos que influenciaram na programação de curto prazo. Esta equipe não executou seus serviços da forma contínua prevista na programação (chapisco teto seguido do reboco teto), em função dos atrasos na atividade predecessora, o encunhamento. Por sua vez, os atrasos na conclusão do encunhamento originaram-se nos constantes deslocamentos do funcionário para atividades que não eram pertinentes a sua ocupação, dentre elas limpeza e auxílio na concretagem. Restava à equipe da atividade seguinte, reboco teto, a execução apenas do chapisco em outros pavimentos, pois a finalização da tarefa não era possível nos pavimentos sem encunhamento.

Vale ressaltar, que o principal motivo para a ocorrência da (des)mobilização está relacionado ao fato de que a empresa procura manter seu quadro efetivo de funcionários.

Avaliando os desvios em função de atrasos na aquisição de materiais (5,56%), observou-se que este problema ficou concentrado no período compreendido entre a 4ª e 7ª semanas. A Figura 4.4 demonstra a estratégia de compra de materiais hidráulicos e elétricos, em que a empresa executa uma unidade para então quantificar os materiais necessários para todo o empreendimento.



Figura 4.4: Foto que demonstra a execução de um apartamento para posterior quantificação e aquisição de materiais hidráulico e elétrico.

Mesmo adotando este procedimento, o responsável pela aquisição atrasou a compra destes materiais prejudicando o andamento do serviço de instalação hidro-sanitária. Para manter a equipe mobilizada dentro do canteiro, a empresa então optou por direcionar estes funcionários para efetuarem reparos nas instalações de esgoto dos pavimentos já concluídos.

Por sua vez, não foi possível prever estes reparos na programação de curto prazo. Estes foram classificados como retrabalho e representam 3,33% das ocorrências que afetaram o desempenho da programação.

No gráfico apresentado a seguir pode ser observada a distribuição das ocorrências que ocasionaram desvios na programação da Obra C, ao longo das doze semanas de acompanhamento

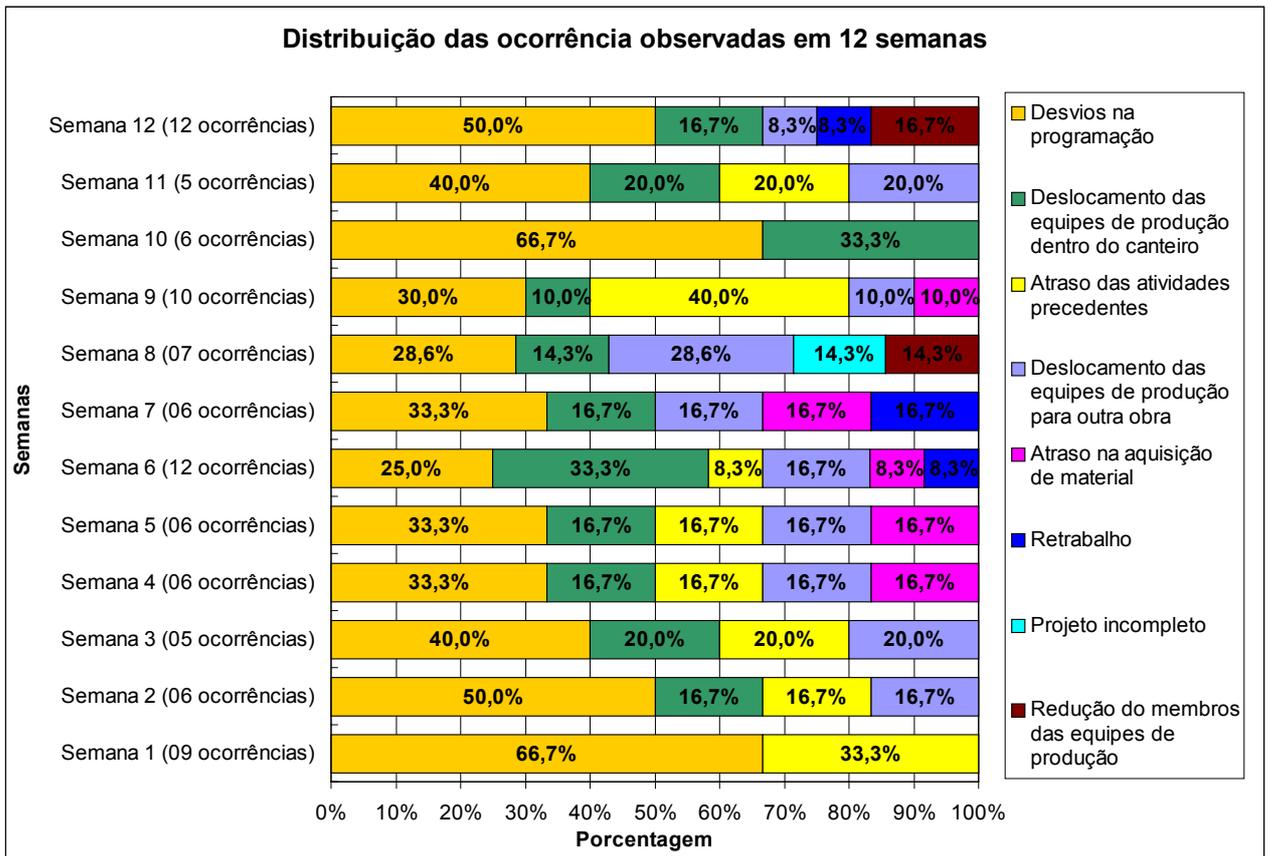


Figura 4.5: Gráfico das ocorrências observadas em 12 semanas.

4.6.2 Análise do percentual de avaliação da programação (PAP)

Este item se propõe a analisar o percentual de avaliação da programação (PAP) das atividades da Obra C. A partir das observações feitas em canteiro e do cálculo do PAP, foi construído um

gráfico (Figura 4.6), que representa o grau com que a programação foi cumprida e a respectiva média, ao longo das doze semanas de acompanhamento.

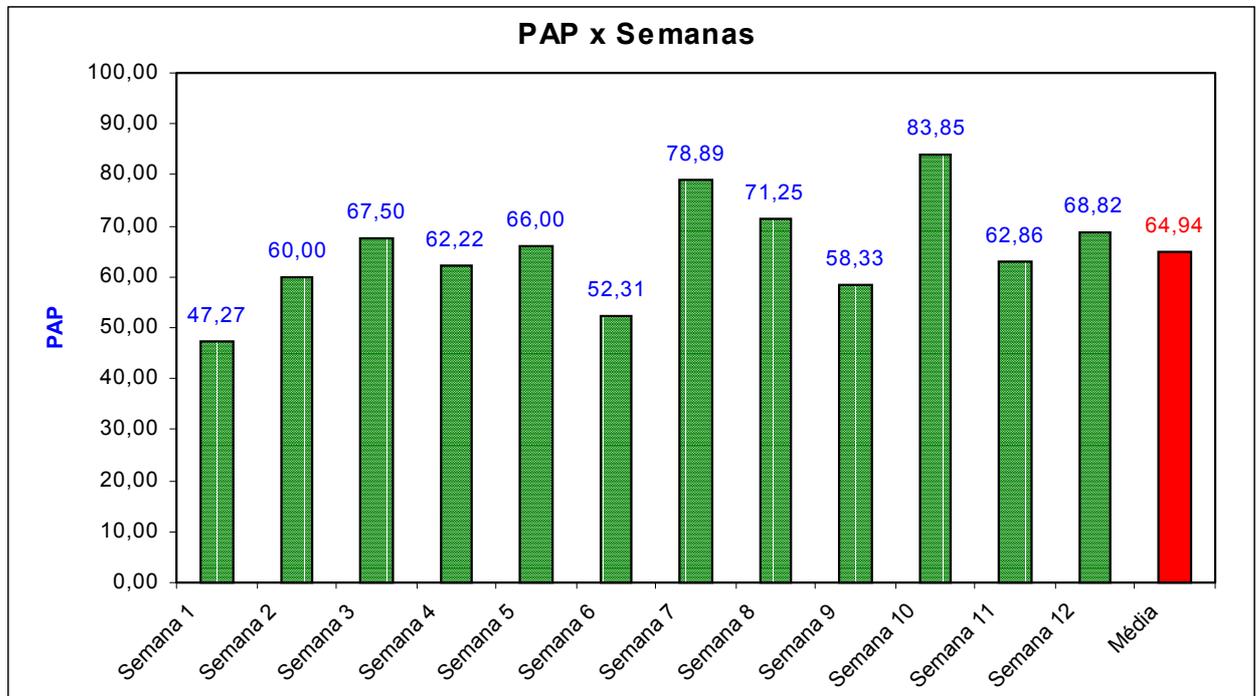


Figura 4.6: Gráfico do percentual de avaliação da programação (PAP).

Analisando os trabalhos baseados no acompanhamento da programação, verifica-se que no início os valores obtidos são relativamente baixos se comparados com as demais semanas de acompanhamento. No caso da obra objeto de estudo este valor correspondeu a 47,27%, sendo que nas demais semanas de acordo com a Figura 4.6, houve um aumento considerável em função da adaptação da programação semanal das atividades ao andamento da obra.

Além da primeira, outras duas semanas que tiveram um rendimento abaixo da média (64,94%), corresponderam a 6ª semana (PAP de 52,31%) e a 9ª semana (PAP de 58,33%). Os fatores que prejudicaram o desempenho da programação nestas semanas originaram-se em função dos desvios programação, deslocamento das equipes de produção dentro do canteiro e também dos atrasos das atividades precedentes.

Foi possível observar que não se estabeleceu uma relação direta entre a quantidade de ocorrências observadas nas semanas de acompanhamento (representadas no Figura 4.5) e o desempenho da programação no que diz respeito a quantidade de atividades programadas e executadas. Um exemplo disto é que na última semana foram observadas 12 ocorrências que

afetaram a programação, mas que função da quantidade prevista e realizada o índice do PAP manteve-se próximo à média das 12 semanas.

O PAP médio (64,94%) refletiu a dificuldade em estabelecer a programação das atividades neste primeiro contato da empresa com as técnicas de programação e controle adotadas. Refletiu também a dificuldade em manter uma base para a sustentação da metodologia na empresa objeto de estudo em função das estratégias de ataque da construtora na Obra C e nos demais empreendimentos

No entanto, ao analisar os resultados levantados pelo pesquisador nas semanas em que a metodologia foi colocada em prática, os funcionários envolvidos com a produção refletiram sobre as atividades relacionadas ao processo de aquisição de materiais, a necessidade de manter a composição das equipes e a continuidade dos serviços, e sobre problemas decorrentes da utilização de projetos incompletos durante a execução dos empreendimentos.

4.7 AVALIAÇÃO DO SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS (MS PROJECT 98)

Neste item será discutido a aplicabilidade do software de gerenciamento de projetos - MS Project 98 – junto ao sistema de programação de obras em linha de balanço; com destaque para o lançamento dos dados, visualização da programação e emissão de relatórios.

4.7.1 Lançamento dos dados da programação

A compatibilidade do MS Project 98 com o sistema operacional Windows permitiu que fosse aproveitado o potencial do software Excel com operações matemáticas. Este fator contribuiu para a escolha destas ferramentas cujo resultado foi a elaboração de planilhas capazes de gerar as informações necessárias para a aplicação da programação.

Porém, com a necessidade de dividir as tarefas por pavimento em função da aplicação da técnica de linha de balanço, o processo de determinação das precedências das atividades ficou prejudicado, devido a impossibilidade da utilização de um dos recursos disponíveis no Excel capaz de fornecer de maneira rápida e precisa estas informações.

A Figura 4.7 apresenta um exemplo da utilização do recurso concatenar - disponível no Excel - na determinação das precedências das atividades para a elaboração da programação de obras.

	A	B	D	F	G
185	184	REVESTIMENTO CERÂMICO PAREDES INTERNAS			
186	185	Revestimento cerâmico paredes internas pav.1	176		
187	186	Revestimento cerâmico paredes internas pav.2	177; 185		
188	187	Revestimento cerâmico paredes internas pav.3	178; 186		
189	188	Revestimento cerâmico paredes internas pav.4	179; 187		
190	189	Revestimento cerâmico paredes internas pav.5	180; 188		
191	190	Revestimento cerâmico paredes internas pav.6	181; 189		
192	191	Revestimento cerâmico paredes internas pav.7	182; 190		
193	192	Revestimento cerâmico paredes internas pav.8	183; 191		
194	193	REVESTIMENTO CERÂMICO PISO E SOLEIRAS			
195	194	Revestimento cerâmico piso e soleras pav.1	185		
196	195	Revestimento cerâmico piso e soleras pav.2	=CONCATENAR(A187;";";A195)		
197	196	Revestimento cerâmico piso e soleras pav.3	187; 195		
198	197	Revestimento cerâmico piso e soleras pav.4	188; 196		
199	198	Revestimento cerâmico piso e soleras pav.5	189; 197		
200	199	Revestimento cerâmico piso e soleras pav.6	190; 198		
201	200	Revestimento cerâmico piso e soleras pav.7	191; 199		
202	201	Revestimento cerâmico piso e soleras pav.8	192; 200		
203	202	INSTALAÇÃO FIAÇÃO ELÉTRICA			
204	203	Instalação fiação elétrica pav.1	117; 144		
205	204	Instalação fiação elétrica pav.2	118; 145; 203		
206	205	Instalação fiação elétrica pav.3	119; 146; 204		
207	206	Instalação fiação elétrica pav.4	120; 147; 205		
208	207	Instalação fiação elétrica pav.5	121; 148; 206		

Figura 4.7: Operação do Excel capaz de fornecer as precedências das atividades.

Para a utilização do recurso, a separação do projeto deve ser realizada por serviços o que facilita o estabelecimento das precedências utilizando a operação matemática acima citada. Porém, no caso da técnica da linha de balanço o projeto é dividido por pavimentos o que impossibilita o seqüenciamento necessário para a aplicação desta operação.

Sem a possibilidade de utilização de um recurso que tornaria praticamente automático o lançamento das precedências dos serviços tornou-se necessária uma atenção redobrada para evitar a ocorrência de erros principalmente em função da grande quantidade de tarefas levantadas. Observa-se então uma primeira ressalva quanto a aplicabilidade do software MS Project 98 na programação de obras utilizando a técnica da linha de balanço.

4.7.2 Visualização da programação

A visualização das atividades ao longo do tempo em seus respectivos locais de execução é fundamental tanto para o controle das obras como para o estabelecimento de um bom sistema de comunicação entre os níveis hierárquicos da empresa, de forma que todos tenham consciência da

importância da conclusão dos serviços sob sua responsabilidade nos prazos estabelecidos na programação e para que todos conheçam as relações de dependência entre as diversas atividades para o cumprimento do prazo de conclusão da obra.

A tabela a seguir apresenta a avaliação da visualização da linha de balanço ao utilizar o software MS Project dentro dos três planos possíveis da programação de obras.

Tabela 4.2: Avaliação do software MS Project 98 na visualização da linha de balanço nos planos de programação (Fonte: elaboração própria).

Plano	Avaliação	Considerações
Plano de longo prazo	Ruim	Em função do grande volume de atividades e do longo prazo de execução das obras, a visualização da linha de balanço e a geração de informações através desta ficam prejudicadas, principalmente ao considerar o dia como escala de tempo. Porém, é possível visualizar nitidamente o fluxo das atividades no tempo; comprovando a aplicabilidade do software junto a esta técnica de programação de obras.
Plano de médio prazo	Boa	Devido a possibilidade de filtrar as atividades num horizonte menor (meses por exemplo), a visualização da linha de balanço é nítida, sendo capaz de gerar informações fundamentais neste plano de programação. Porém, deve-se ter atenção especial com as tarefas cuja durações são pequenas; em virtude da necessidade de reduzir a escala de tempo da programação a representação da duração destas atividades na linha pode ficar prejudicada.
Plano de curto prazo	Muito boa	A visualização do fluxo das atividades no tempo é perfeita e capaz de demonstrar quem, faz o que, onde e quando – informações fundamentais para este plano de programação direcionado ao controle da execução das atividades dentro do canteiro.

Nas programações elaboradas neste trabalho, o período de execução dos empreendimentos é longo e a quantidade de serviços listados é grande, por este motivo a apresentação da linha de balanço global no MS Project não foi possível, em função do grande volume de folhas que seriam necessárias.

Optou-se então por distribuir as tarefas num gráfico espaço (local de execução) X tempo em uma planilha Excel o que possibilitou a visualização global das programações dos serviços dentro dos prazos de execução das obras objeto de estudo. Parte deste gráfico é apresentado a seguir como exemplo (Figura 4.8) e a programação completa das obras A e B pode ser observadas no Anexo D.

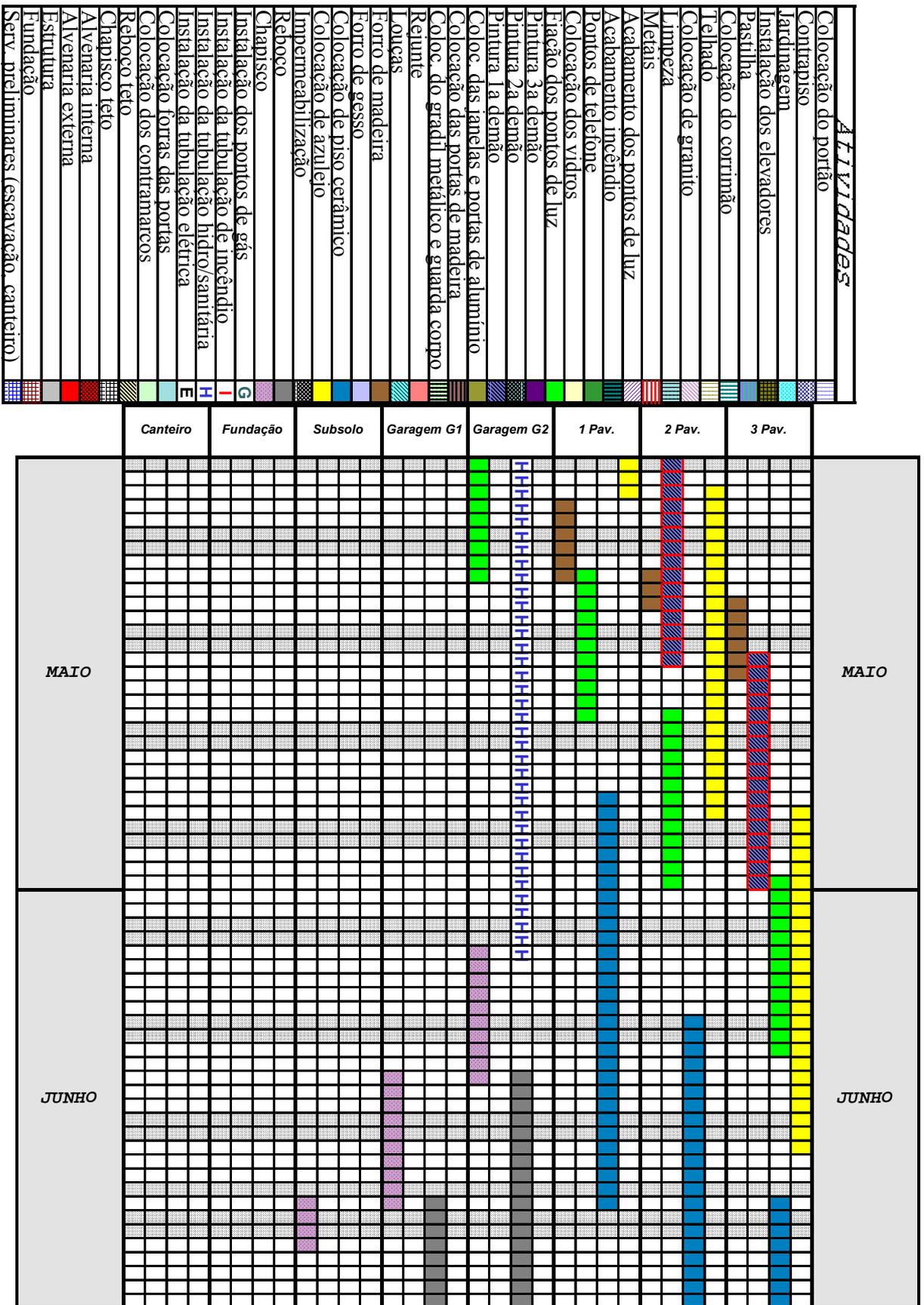


Figura 4.8: Parte do gráfico espaço X tempo representando a linha de balanço.

4.7.3 Emissão de relatórios

Muitos relatórios são emitidos pelo MS Project 98; comprovando sua potencialidade para a utilização em gerenciamento de projetos. Deve-se dar um destaque especial à possibilidade da emissão do relatório de fluxo de caixa, mais conhecido como cronograma físico-financeiro, uma ferramenta fundamental, tanto para a determinação das curvas de agregação de recursos (previsto x realizado), quanto para o controle dos custos das atividades programadas dentro do canteiro de obras.

Porém, por se tratar de uma versão antiga do programa, verificou-se um aspecto negativo no que diz respeito à programação de insumos (materiais) devido a impossibilidade de lançamento destes dados junto ao software nesta versão (MS Project 98).

A Figura 4.9 demonstra a tela de um outro software de gerenciamento de projetos - o Super Project - este é capaz de suprir as necessidades de programação de insumos (materiais), ferramenta não disponível no MS Project 98.

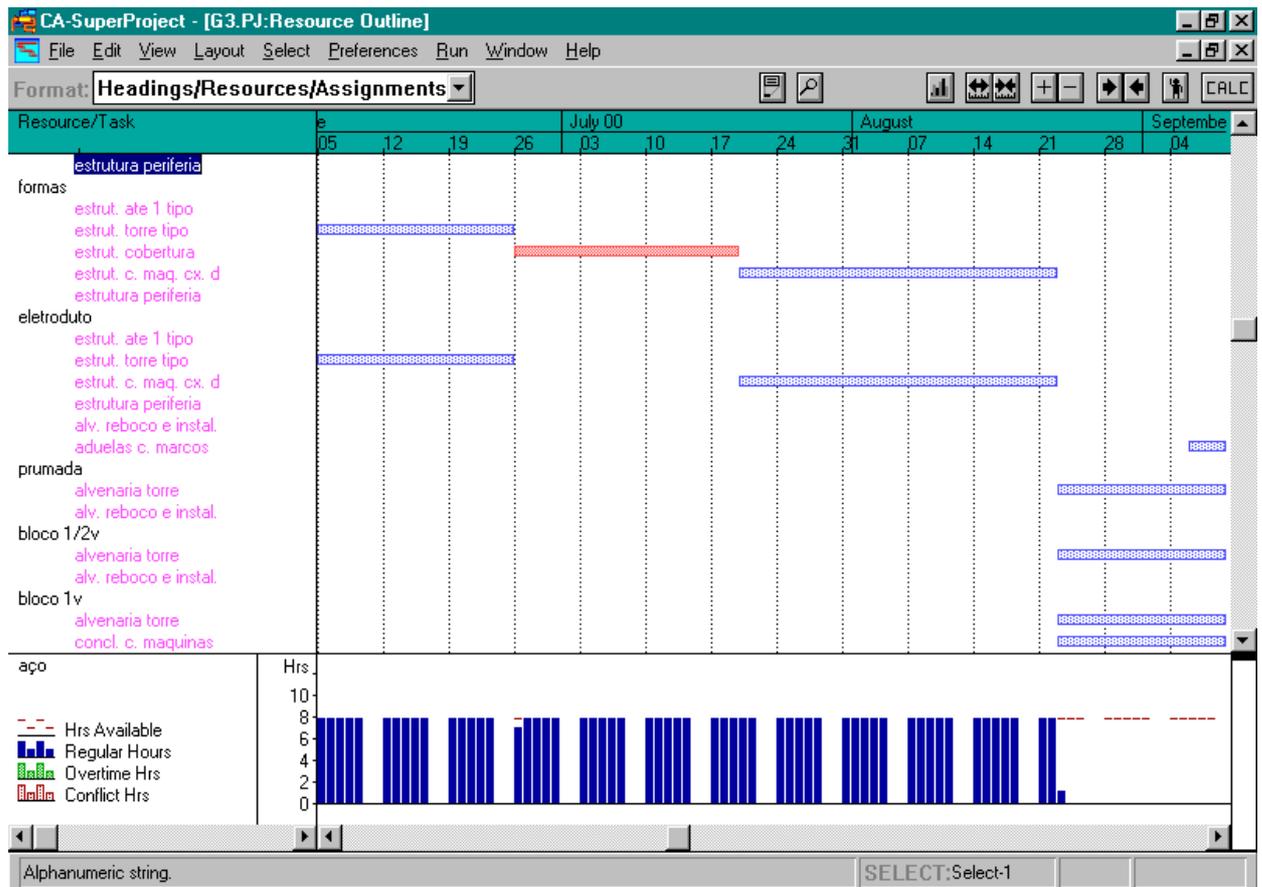


Figura 4.9: Tela do software Super Project; capaz de efetuar a programação de materiais.

Apesar da programação de materiais não ser o objetivo deste trabalho, menciona-se o Super Project e a nova versão do Project (MS Project 2000) como ferramentas capazes de suprirem as necessidades de informações para o gerenciamento de obras, pois permitem a elaboração de orçamentos vinculados ao planejamento e acompanhamento de obras.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo o atendimento aos objetivos gerais e específicos deste trabalho será avaliado e, com base nas questões levantadas na análise de resultados, serão discutidas as principais conclusões sobre planejamento, programação e controle de obras e sobre a técnica de linha de balanço. Ao final do capítulo serão apresentadas sugestões para trabalhos futuros em função das necessidades e problemas verificados no transcorrer da aplicação da metodologia.

Acredita-se que o objetivo geral deste trabalho tenha sido atendido pois foram elaboradas as programações de dois empreendimentos de múltiplos pavimentos utilizando a técnica de linha de balanço com apoio das ferramentas computacionais disponíveis - o MS Project 98 e o Excel. Apenas com a elaboração da programação destas duas obras, praticamente já concluídas, e com a busca intensiva por informações junto aos profissionais envolvidos com a produção, foi possível esclarecer particularidades e detalhes da estratégia de ação da empresa, o que determinou que a técnica da linha de balanço não seria adequada para a programação e acompanhamento da Obra C.

Ao longo do período em que a pesquisa foi desenvolvida, o contato do pesquisador com os funcionários da empresa intensificou-se e deste relacionamento, originou-se uma reflexão sobre a necessidade de desenvolver atitudes, conhecimentos e ações voltadas para uma efetiva gestão de produção. No entanto o aproveitamento dos resultados deste trabalho, na empresa objeto de estudo, depende do comprometimento da organização em minimizar os fatores que potencialmente prejudicam sua atividade produtiva.

5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A PROGRAMAÇÃO DE OBRAS

Por temerem uma burocratização, ou por não acreditar que a programação possa retratar os métodos de trabalho nos canteiros, muitas construtoras ainda não vislumbraram os benefícios que podem ser alcançados com a programação e controle da produção. Realmente, a programação deve retratar a realidade dos canteiros bem como os objetivos e necessidades da empresa. No entanto, buscar um efetivo controle da produção na construção civil não deve ser

entendido como uma burocratização, mas sim como uma atitude essencial para as empresas que buscam uma vantagem competitiva junto ao mercado, pois a programação é uma ferramenta que permitem a definição precisa de custos e prazos de produção.

A aplicação deste trabalho foi fundamental para o esclarecimento de que o ritmo fixado à construção tem uma relação com a origem dos recursos financeiros da empresa e que este fato exerce influência, não apenas na programação, como na técnica adotada para sua elaboração.

Nas obras com financiamento próprio, o ritmo é ditado pelo fluxo de caixa da empresa, com uma conseqüente variabilidade no montante aplicado na construção. Sendo assim, verificou-se a estreita relação destes fato com a continuidade das atividades produtivas e, mesmo havendo comprometimento dos gerentes de canteiro e os operários ligados a produção, muitas tarefas não puderam ser cumpridas de acordo com o previsto, pelos motivos mencionados no item 4.7.1.

Nos empreendimentos construídos com financiamento próprio, verificou-se que a linha de balanço como técnica de programação é inadequada, pois ciclos estáveis de produção não são mantidos. No entanto as vantagens desta técnica, levantadas na literatura e observadas na elaboração da programação das duas primeiras obras, comprovam a eficiência desta ferramenta de programação para empreendimentos onde possam ser atendidos os princípios de repetitividade e continuidade de atividades.

Dentre os objetivos específicos deste trabalho, estabeleceu-se que deveriam ser levantados fatores que ocasionam desvios na execução e/ou conclusão das atividades programadas. Muitos desses fatores foram observados no desenvolvimento do trabalho e discutidos ao longo do capítulo de análise de resultados, dentre os quais podem-se destacar:

- A busca por informações consumiu o maior período da pesquisa e acredita-se que a precisão das informações prestadas ao pesquisador tenha influenciado negativamente nos resultados obtidos pois a empresa não dispunha de orçamentos detalhados, que poderiam auxiliar na elaboração da programação, tampouco estava disponível um histórico de índices de produtividade das equipes de produção.
- Falta de registros sobre os recursos necessários para a execução de atividades, por exemplo um diário de obra, o qual seria capaz de gerar e retro-alimentar as informações sobre o andamento das atividades no canteiro, com vistas a antecipação de problemas.

- Dificuldade em determinar as quantidades de serviços a serem executados, tendo em vista o baixo nível de detalhamento dos projetos e as alterações que eram realizadas nestes.
- Descontinuidade na atribuição de tarefas às equipes de produção.
- Rotatividade interna entre os empreendimentos da empresa, com constantes modificações nas composições das equipes.

Portanto, para a implantação de um sistema de programação de obras não existe receitas prontas para cada tipo de empresa. A implantação do processo tem início na identificação das estratégias e objetivos da empresa e conscientização do corpo técnico e gerencial sobre a importância da programação. Porém, deve-se destacar que é fundamental que este sistema abranja três planos, longo, médio e curto prazo, para que o produto final configure um verdadeiro instrumento de planejamento de obras capaz de refletir a realidade dos empreendimentos.

5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

A aplicação da técnica da linha de balanço como ferramenta de programação nas duas primeiras obras comprovou que a simplicidade na visualização das informações constitui uma eficiente ferramenta de comunicação dentro do canteiro. A técnica permite que, tanto a administração da empresa quanto os profissionais envolvidos com a produção, respondam de maneira imediata, quem deve fazer o que, onde e quando.

A aplicação da metodologia possibilitou o questionamento de alguns conceitos da técnica, objetivo específico deste trabalho. Como exemplo tem-se o dimensionamento das equipes de produção. Tendo em vista que a linha de balanço não prevê a programação dos serviços de acabamento da periferia no cálculo do ritmo, verificou-se que o dimensionamento das equipes para a conclusão do empreendimento dentro do prazo estabelecido ficou prejudicada e para manter a continuidade da execução dos serviços dentro do canteiro é necessário que se façam alguns ajustes no dimensionamento estabelecido pela técnica.

Outra questão que pôde ser observada diz respeito à possibilidade de programar serviços que estão fora da unidade básica de repetição, dentre eles a execução das fachadas, garagens; subsolo, escada e elevador. No entanto tornou-se necessária uma adequação na técnica para que fosse possível programar e visualizar a execução de serviços que, apesar de ocuparem o mesmo

espaço físico da unidade de repetição, não são realizados em conjunto dada a estratégia de produção das empresas em garantir que os serviços próximos as áreas do transporte vertical de carga seja executado na fase final do empreendimento. Este corresponde a um dos principais motivos dos desvios na programação de longo prazo em edifícios de múltiplos pavimentos, em função de não estarem previstos na programação inicial.

A utilização do software de gerenciamento de projetos e das planilhas Excel, demonstraram-se ferramentas fundamentais para a aplicação da técnica, pois estes promoveram uma simplificação na elaboração da programação e facilidade na geração de informações a partir da emissão de relatórios. Porém, deve-se ressaltar alguns aspectos negativos:

- O lançamento das precedências das atividades no software Excel tornou-se laborioso, devido a impossibilidade de utilizar recursos matemáticos capazes de agilizar este processo, uma vez que a técnica exige que a rede de serviços esteja separada por pavimentos e não pelas atividades;
- O longo prazo de execução dos empreendimentos estudados dificultou a visualização da linha de balanço no MS Project, sendo necessária a utilização do Excel, o que não significa que em uma obra com prazo de conclusão menor esta ferramenta não atenda às necessidades e possa ser utilizada com o objetivo de retratar a técnica da linha de balanço. Nos níveis de médio e curto prazo de programação, esta ferramenta demonstrou-se eficaz no quesito visualização.
- Com respeito à determinação de um cronograma de materiais vinculado a programação, o MS Project (98) demonstrou-se ineficaz, sendo necessária a utilização de programas mais avançados como o MS Project 2000 ou Super Project, estes são capazes de gerar estas informações fundamentais para a integração da programação de atividades e recursos.

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONTROLE DAS ATIVIDADES PROGRAMADAS

Avaliar o desempenho de uma programação de médio e curto prazo, por meio do controle semanal das atividades foi definido como um dos objetivos específicos deste trabalho. Nesta etapa, realizada na Obra C, verificou-se a importância destes planos de programação na identificação dos fatores que interferiram no desempenho desta junto a empresa objeto de estudo.

Os problemas verificados e discutidos no capítulo de análise dos resultados são comuns entre as construtoras, outros originam-se em particularidades de cada empresa. Durante o acompanhamento de 12 semanas da programação, elaborada para a Obra C, verificou-se que a rotatividade interna e as decorrentes variações na composição das equipes de produção tem origem no fato de que a empresa mantém um quadro de trabalhadores efetivos, praticamente desde a sua fundação há oito anos.

A empresa destaca-se em manter uma baixa rotatividade de mão-de-obra, pois acredita que as vantagens da manutenção dos funcionários são muitas. Além disso a desmobilização de funcionários traz custos elevados em função da legislação trabalhista brasileira. Porém, este fato exige que a atribuição das atividades no canteiro deve levar em consideração as necessidades (ou etapas) de todas as obras. Conclui-se que apenas uma programação integrada entre os empreendimentos em construção seria capaz de retratar a realidade da empresa objeto de estudo.

5.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo caracteriza-se pela programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica de linha de balanço. Porém, em virtude da grande diversidade das empresas construtoras brasileiras, sugere-se alguns temas para futuros trabalhos:

- a) Comparar a programação utilizando a técnica da linha de balanço entre os diversos sistemas construtivos disponíveis para a execução de edifícios de múltiplos pavimentos,
- b) Verificar a aplicabilidade da técnica da linha de balanço na elaboração da programação de vários empreendimentos de uma mesma construtora,
- c) Verificar a eficácia da implantação do sistema de programação de obras baseado na técnica de linha de balanço em empresas como mão-de-obra contratada e subcontratada,
- d) Determinar os cronogramas de compras e entregas de materiais e equipamentos vinculados diretamente a programação de obras, utilizando como ferramentas a linha de balanço e softwares de gerenciamento de projetos disponíveis no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C.; COELHO R. de Q.; LIMEIRA U. R. **Simulação da linha de balanço em edifício alto através do programa Time line utilizando dados de campo - Estudo de caso.** Florianópolis, 1996. Trabalho apresentado no Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil , 64p. Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos em canteiros de obras: Proposta baseada em estudos de.** 2000, 139p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

ANDREY, P. R. P. Algumas reflexões sobre Lean Desingn. In: IV Seminário internacional sobre “Lean Construction”. **Anais...** São Paulo: Lean Construction Institute - Brasil, 1999.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: Modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios.** 1996, 206p., Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Programação de obras – Uma abordagem sobre técnicas de programação e uso de softwares.** 1988, 143p., Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Arquitetura e Planejamento.

ASSUMPÇÃO, J. F. P; FUGAZZA, A. E. C. Uso de redes de precedência para planejamento da produção de edifícios. In: 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Piracicaba: Unimep, 1996.

BALLARD, G. Lookahead planning: the missing link in production control. In: V Annual Meeting of the International Group for Lean Construction, 1997, Gold Coast Austrália. **Proceedings IGLC’1997**, Gold Coast, 1997.

BARRAZA, G. A.; BACK, W.E.; MATA, F. Probabilistic monitoring of project performance using SS - Curves. **Journal of construction engineering and management**, March/April, p. 142-148, 2000.

BAÚ, N.; MENDES Jr, R. Avaliação da eficiência do planejamento durante a construção – Estudo de caso em empreendimento de edifícios populares de 4 andares. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais** p. 1299-1308, Foz do Iguaçu - Paraná, 2002.

BERNARDES, M.; FORMOSO, C. T. Diretrizes para avaliação de sistemas de planejamento e controle da produção de micro e pequenas empresas de construção. **Anais** p. 1319-1327, Foz do Iguaçu - Paraná, 2002.

BERNARDES; M. M. S.; ALVES; T. C. L.; FORMOSO, C. T. Desenvolvimento de um modelo de planejamento da produção para empresas de construção. **Seminário de planejamento e controle da produção na construção**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná – SINDUSCON; dezembro, 1999.

BRASIL Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat. Portaria n. 134 de 18 de dezembro de 1998. Disponível em: <<http://www.pbqp-h.gov.br>>. Acesso em 25 de junho de 2002.

CARVALHO, M. S. **Método de intervenção no processo de programação de recursos de empresas construtoras de pequeno porte através do seu sistema de informação - proposta baseada em estudos de caso**. 1998, 169p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

CHEHAYEB, N. N., ABOURIZK, S. M. Simulation - based scheduling with continuous activity relationships. **Journal of construction engineering and management**, March /April, p. 107-115, 1998.

CHOO, H. J.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. Workplan: Constraint-based database for work package scheduling. **Journal of construction engineering and management**, May/ June, p. 151-160, 1999.

COELHO, R. de Q. **Programação de obras repetitivas com software de gerenciamento de projetos Time line 6.5 for Windows baseada na técnica de linha de balanço - Estudo de caso**. 1998, 153p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil.

COELHO, R. de Q.; VARGAS, C. L. S.; HEINECK L. F. M. Simulando a técnica da linha de balanço com recursos de programas de gerenciamento de projetos. In: 16^o Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Piracicaba: Unimep, 1996.

CONTE, A. S. I. Planejando a obra em ambiente enxutos - tendência e diretrizes. In: IV Seminário internacional sobre "Lean Construction". **Anais...** São Paulo: Lean Construction Institute - Brasil, 1999.

COSTA, M. L.; ROSA, V. L. do N. **Primeiros passos da qualidade no canteiro de obras 5S no canteiro**. São Paulo, SP: O Nome da Rosa, 95p.,1999.

DANTE, S. A. R. da S.; GUELPA, F.V. Métodos de programação de empreendimentos: Avaliação e critérios para seleção. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP**; BT/PCC/106; 21p. São Paulo: Escola Politécnica; Departamento de Engenharia Civil da Universidade de São Paulo, 1993.

FERNADEZ. J. A. da G.; HEINECK, L.F.M. Modelo gráfico para apresentação de diagramas de precedência de serviços em obras civis numa escala cronológica. In: 16^o Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Piracicaba: Unimep, 1996.

FISCHER M. A., AALAMI F. Scheduling with computer - interpretable construction method models. **Journal of construction engineering and management**, December, p. 337-347, 1996.

FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L. F. Developing a model for planning and controlling production in small sized building firms. Guarujá. **Proceedings IGLC'98**, Guarujá/SP, 1998.

HARMELINK, D.; ROWINGS, J. E. Linear scheduling model: Development of controlling activity path. **Journal of construction engineering and management**, July/August, p. 263-268, 1998.

HEGAZY, T.; WASSEF, N. Cost optimization in projects with repetitive nonserial activities. **Journal of construction engineering and management**, May/June, p. 183-191, 2001.

HEINECK, L. F. Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil. **Anais**, p. 167-173, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

HEINECK, L. F. M. Curvas de agregação de recursos no planejamento da edificação - aplicações a obras e a programas de construção. **Caderno de engenharia CE - 31/89** Porto Alegre: Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil/ UFRS, 1989.

HEINECK, L. F. M.; MACHADO R. L. A geração de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo. In: Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho. **Anais...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; Universidade de Fortaleza, 2001.

ICHIHARA, J. A. **Um método de solução heurística para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos - tipo.** 1998, 219p., Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Technical report 72**, Stanford, EUA; CIFE, 75p., 1992.

KRETZER, C. F.; LEAL, J. R.; HEINECK L. F. M. Micro-Programação: Um sistema de administrar a produção na construção civil - Estudo de caso. In: 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Piracicaba: Unimep, 1996.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction management and economics**, v. 5, n. 3, May, p. 243-266, 1987.

LOSSO, I. R.; ARAÚJO, H. N. de. Application of the line of balance schedule methody: Case study. In: 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Piracicaba: Unimep, 1996.

LOSSO, I. R. **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custos: Estudo de caso em uma empresa de construção**. 1995, 145p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil.

LU, M., ABOURIZK, S. M. Simplified CPM/PERT simulation model. **Journal of construction engineering and management**, May/June, p. 219-226, 2000.

MACEDO, M. L. A aplicação do método da linha de balanço na coordenação da execução de canteiros de habitações unifamiliares. In: Simpósio Latino Americano de Racionalização da Construção e sua aplicação às Habitações de Interesse Social. **Anais** p. 777-786, São Paulo, 1981.

MACHADO, R. L. **O planejamento de antecipações: uma proposta de planejamento e controle da produção para sistemas produtivos da construção civil**. 2001, 109p., Proposta para obtenção de título de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.

MADERS, B. **Técnica de Programação e controle da construção repetitiva – linha de balanço. Estudo de caso de um conjunto habitacional**. 1987, 145p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

MARCHESAN, P. R. C. **Modelo integrado de gestão de custo e controle da produção para obras civis**. 2001, 148p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

MATTILA, K. G.; ABRAHAM, D. M. Resource leveling of linear schedules using integer linear programming. **Journal of construction engineering and management**, May/June, p. 232-244, 1998.

MAZIERO, L. T. P. **Aplicação do conceito da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas. Um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação.** 1990, 147p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós graduação em Engenharia de Produção.

MENDES JR. R., HEINECK, L. F. M. Dados básicos para programação de edifícios com linha de balanço - Estudo de caso. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais**, p. 687 - 695, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

MENDES JR., R. **Modelo integrado de planejamento.** Curitiba, 1994. Texto utilizado no 1º curso do Modelo integrado de planejamento - MIP. Centro de Estudos de Engenharia Civil Inaldo Ayres Vieira, Universidade Federal do Paraná.

MENDES JR., R. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos.** 1999, 252p., Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção.

MENDES JR., R; VARGAS, C. L. S. **Programação de Obras com a Técnica de Linha de Balanço.** Curitiba, 1999. Apostila do Curso de Programação de Obras. Curso de Especialização de Engenharia Civil - Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.

MURGEL, S. R. **Planejamento e gerência de empreendimentos (conceitos e instrumentos) Programação de obras.** 1981, 121p., Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil.

OLIVEIRA, K. A. Z. **Desenvolvimento e implantação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção – proposta baseada em um estudo de caso.** 1999, 150p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, F.; FORMOSO, C. T. Sistemas de indicadores de qualidade e produtividade da construção civil. **Manual de utilização**, 2^a edição. Porto Alegre 1995.

OLIVEIRA, P. V. H.; JUNGLES A. E. Implementação de um processo de planejamento de obras em uma pequena empresa. In: Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho. **Anais...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; Universidade de Fortaleza, 2001.

PEER, S. Network analysis and construction planning. **Journal of the construction division**, v. 100, n. CO3, September, p. 203-210, 1974.

PRADO, D. **Usando o MS project 2000 em gerenciamento de projetos**. Belo Horizonte, MG: Editora Desenvolvimento Gerencial, 264p.,1998.

RUSSEL, A. D.; WONG, W. C. M. New generation of planning structures. **Journal of construction engineering and management**, v. 119, n. 2, June, p. 196-2214, 1983.

SANTOS, A.; MENDES JR., R. Planejando um conjunto de 77 residências utilizando a linha de balanceamento e last planner. In: Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho. **Anais...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; Universidade de Fortaleza, 2001.

SÃO THIAGO, E. C. P.; SOARES, C. A. P. Ferramentas de programação utilizadas no planejamento de construção civil. In: SEMENGE 99. **Artigo técnico...** Niterói, 1999.

SCHMITT, C. M.; HEINECK. L. F. M. O encontro da teoria com a prática no planejamento e controle da produção: A experiência com empresas construtoras no ceará.. In: Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e organização do trabalho. **Anais...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; Universidade de Fortaleza, 2001.

SCHMITT, C. M. Programação e controle de obras. **Apostila**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Dezembro , 56p, 1992.

SCOMAZZON, B. R.; SOIBELMAN, L.; SILVA, N. Planejamento, programação e controle de obras repetitivas Técnica da linha de balanço - Estudo de caso. **Caderno de engenharia CE - 13** Porto Alegre: Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil/ UFRS, 1985.

SHAKED, O.; WARSZAWSKI, A. Knowledge - based system for construction planning of high - rise buildings. **Journal of construction engineering and management**, June, p. 172-182, 1995.

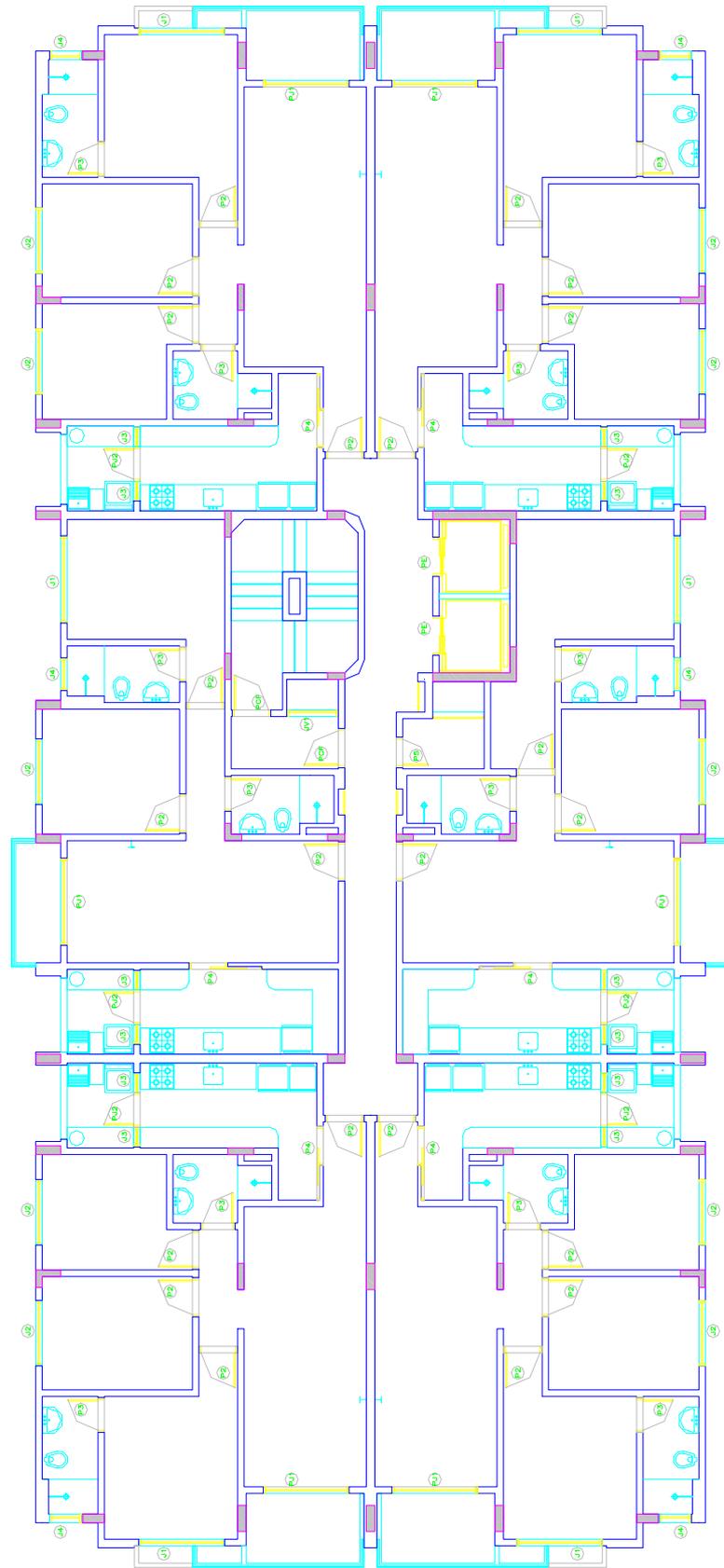
THOMAS, H. R.; RAYNAR, K. A. Scheduled overtime and labor productivity: quantitative analysis. **Journal of construction engineering and management**, June, p. 181-188, 1997.

TOLEDO, R. de. **Identificação de fatores que influenciam o processo de inovação tecnológica no sub-setor de construção de edifícios da grande Florianópolis**. 2001, 242p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil.

Obra A:

O quadro a seguir corresponde a uma planilha Excel elaborada para apresentar os dados relativos às obras, onde estão determinadas a data de início e término do empreendimento, (fornecido pelo engenheiro da empresa); o prazo de conclusão; as áreas relativas ao empreendimento (determinados em projeto); o número de paradas do elevador e o prazo de execução deste (valores estes fornecidos pela empresa prestadora do serviço).

PROGRAMAÇÃO DE OBRAS (LNHA DE BALANÇO)		
		Obra A
Dados Gerais do Empreendimento		
Data de Início da Obra:	11/05/98	
Data de Término Prevista:	23/08/01	
Duração Prevista	36	meses
Área Total do Terreno:	1.553,22	m2
Área Real do Empreendimento:	10.265,11	m2
Área Equivalente de Construção:	10.212,77	m2
Número de Blocos:	1	
Número de Pavimentos Tipos de cada Bloco:	12	
Área Total de cada Bloco:	10.206,21	m2
Área do Pavimento Tipo:	540,96	m2
Área do Térreo (Garagem G1):	1.093,80	m2
Área do Térreo (Garagem G2):	1.013,57	m2
Área do Subsolo:	1.143,66	m2
Área do Ático:	381,10	m2
Casa de Máquinas:	41,28	m2
Reservatório Superior:	41,28	m2
Área Construída da Periferia:	6,56	m2
Área de Serviços Complementares:	52,34	m2
Número de Paradas do Elevador:	16	
Prazo de Montagem do Elevador:	65	dias
Elevador		
Número de Paradas	Prazo de Montagem Dias	
4	10	48
11	20	65
21	30	81



Planta pavimento tipo Obra A.

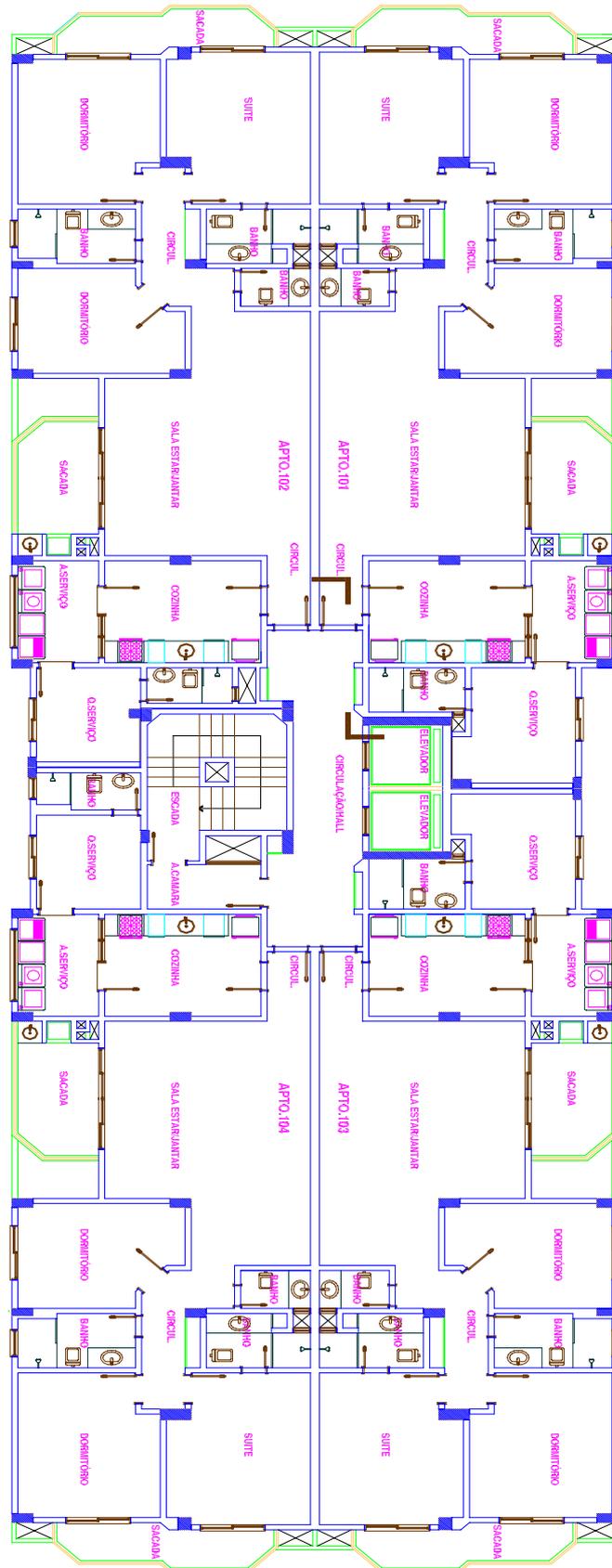


Fachadas do edifício Obra A.

Obra B:

O quadro a seguir apresenta os dados da Obra B, onde estão determinadas a data de início e término da obra; o prazo de conclusão, as áreas relativas ao empreendimento, o número de paradas do elevador e o prazo de execução deste.

PROGRAMAÇÃO DE OBRAS (LINHA DE BALANÇO)		
		Obra B
Dados Gerais do Empreendimento		
Data de Início da Obra:	17/01/00	
Data de Término Prevista:	22/11/02	
Duração Prevista	32	meses
Área Total do Terreno:	1.713,61	m2
Área Real do Empreendimento:	10.024,22	m2
Área Equivalente de Construção:	9.616,10	m2
Número de Blocos:	1	
Número de Pavimentos Tipos de cada Bloco:	11	
Área Total de cada Bloco:	9.595,24	m2
Área do Pavimento Tipo:	571,20	m2
Área do Térreo (Garagem G1):	1.370,20	m2
Área do Subsolo:	1.370,20	m2
Área do Ático:	519,40	m2
Casa de Máquinas:	26,12	
Reservatório Superior:	26,12	
Área Construída da Periferia:	20,86	m2
Área de Serviços Complementares:	408,12	m2
Número de Paradas do Elevador:	14	
Prazo de Montagem do Elevador:	65	dias
Elevador		
Número de Paradas	Prazo de Montagem Dias	
4	10	48
11	20	65
21	30	81



Planta pavimento tipo Obra B.

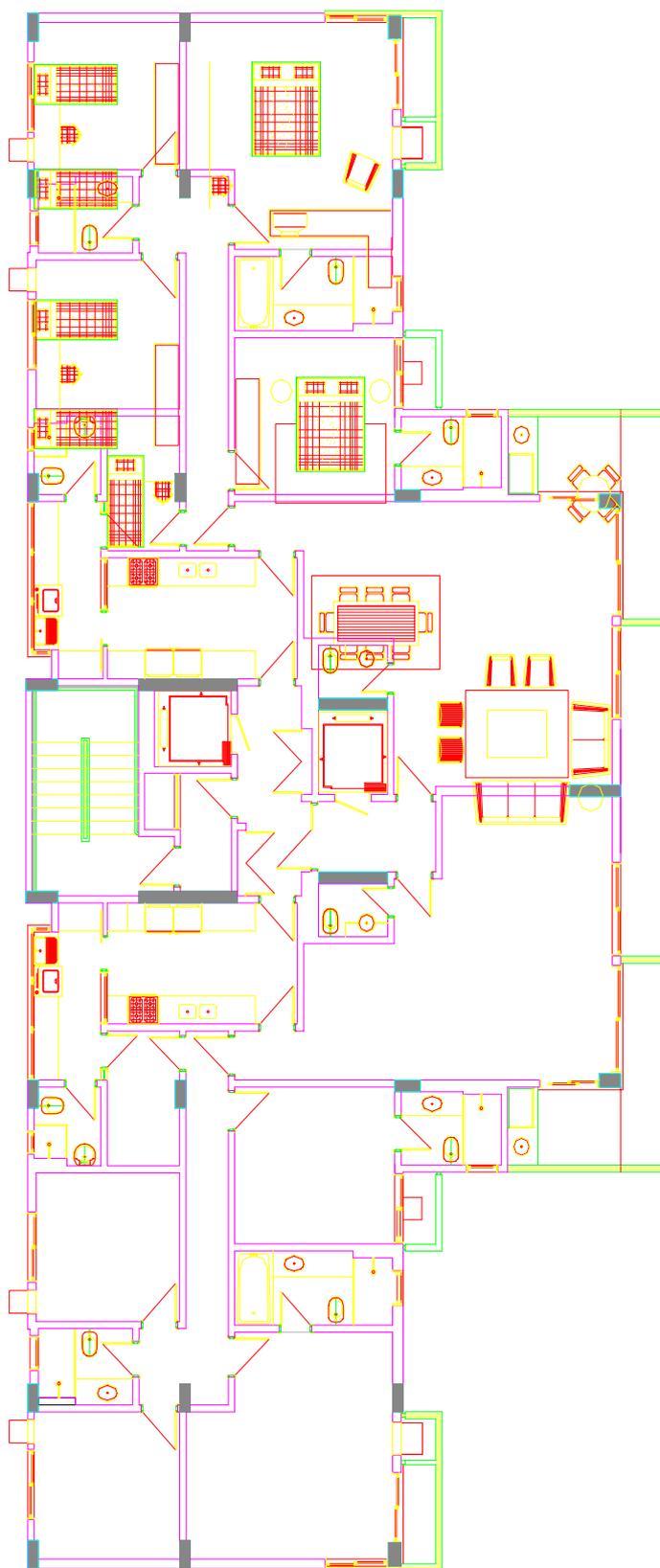


Fachadas do edificio Obra B.

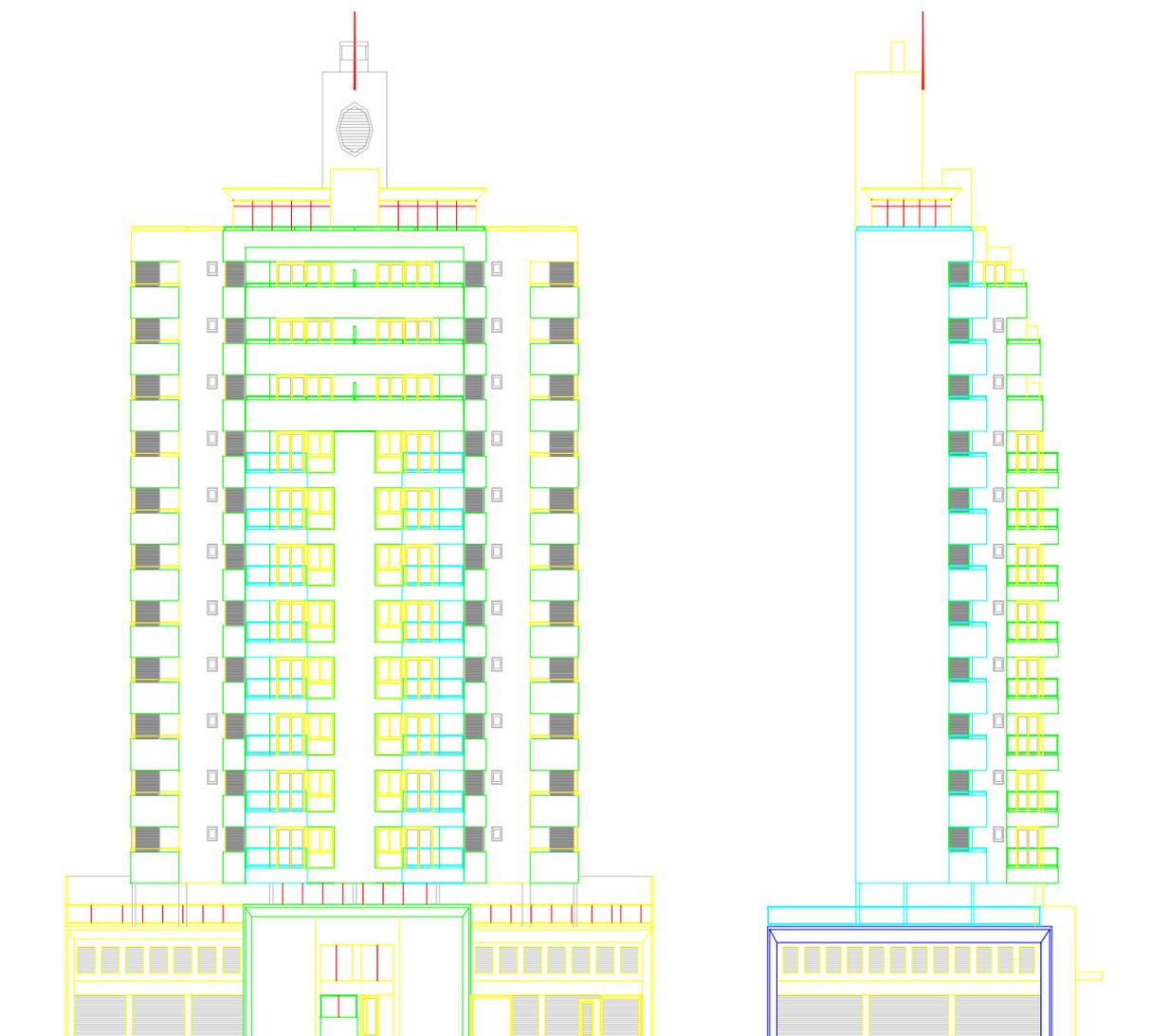
Obra C:

O quadro a seguir apresenta os dados relativos da Obra C, onde estão determinados os dados do empreendimento.

PROGRAMAÇÃO DE OBRAS (LINHA DE BALANÇO)		Obra C
Dados Gerais do Empreendimento		
Data de Início da Obra:	19/09/01	
Data de Término Prevista:	17/11/03	
Duração Prevista	24	meses
Área Total do Terreno:	1.278,30	m2
Área Real do Empreendimento:	7.557,65	m2
Área Equivalente de Construção:	6.649,73	m2
Número de Blocos:	1	
Número de Pavimentos Tipos (Iguais):	8	
Numero de Pavimentos Tipos (Diferentes)	3	
Número de Pavimentos por Bloco:	11	
Área Total de cada Bloco:	6.649,73	m2
Área do Pilotis:	391,93	m2
Área do Pavimento Tipo (1 ao 8):	391,93	m2
Pavimento Tipo (9):	380,06	m2
Pavimento Tipo (10):	377,13	m2
Pavimento Tipo (11):	360,58	m2
Área do Térreo (Garagem G1):	776,72	m2
Área do Térreo (Garagem G2):	895,35	m2
Área do Ático:	308,85	m2
Casa de Máquinas:	6,02	m2
Reservatório Superior:	17,65	m2
Área de Serviços Complementares:	907,92	m2
Número de Paradas do Elevador:	14	
Prazo de Montagem do Elevador:	65	dias
Elevador		
Número de Paradas	Prazo de Montagem Dias	
4	10	48
11	20	65
21	30	81



Planta pavimento tipo, (1^o ao 8^o pavimentos), Obra C.



Fachadas do edificio Obra C.