

TÉCNICA DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA CONSTRUÇÃO  
REPETITIVA - LINHA DE BALANÇO  
ESTUDO DE CASO DE UM CONJUNTO HABITACIONAL

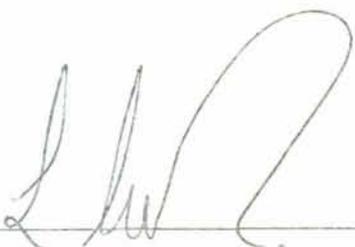
BERENICE MADERS

Dissertação apresentada ao corpo docente do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA

Porto Alegre

Maio de 1987

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



---

Prof. Luiz Fernando M. Heineck  
Orientador



---

Prof. José Carlos Ferraz Hennemann  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Eng.Civil

BANCA EXAMINADORA

- Prof. Luiz Fernando M. Heineck (Orientador)  
Ph.D. pela Univ. of Leeds, Inglaterra
- Prof. Francisco Kliemann Neto  
Doutor pelo Institut National Polytechnique  
de Lorraine, França
- Prof. Helio Greven  
Doutor pela Univ. Técnica de Hannover, Alemanha

"Aprender é descobrir aquilo que você já sabe;  
fazer é demonstrar que você o sabe;  
ensinar é lembrar aos outros que eles sabem  
tanto quanto você..."

(RICHARD BACK)

Ao meu esposo e a minha  
mãe

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, por seu auxílio financeiro.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, especialmente ao Sr. Luiz Fernando Heineck pelo seu encorajamento e orientação em momentos decisivos.

A minha mãe, por guiar-me nos caminhos da educação e por proporcionar-me esta oportunidade e a meus familiares, pela compreensão e estímulo.

A meu esposo, pelo seu carinho, compreensão e apoio nos momentos difíceis.

A meu pai, pelo seu exemplo de luta e pela sua correção de caráter que até hoje é motivo de satisfação e orgulho.

A meus colegas de curso, nas pessoas dos amigos Idone e Sanatiel, pela sua amizade sincera e auxílio nos momentos de dúvida.

Aos auxiliares de pesquisa, pela sua valiosa colaboração, nas pessoas dos amigos Harley Scardoelli e Ricardo Karsten.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMO.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	xx
INTRODUÇÃO.....	1
Justificativas da Realização do Trabalho.....	1
Objetivos do Estudo.....	3
Metodologia e Segmentação do Trabalho.....	4
1. A CONSTRUÇÃO HABITACIONAL E SUA ADMINISTRAÇÃO.....	6
1.1. O Aspecto Sócio-Econômico da Indústria da Construção.....	6
1.2. Generalidades sobre a Construção Habitacional.....	8
Caracterização das Entidades Envolvi- das na Execução destes Empreendimentos.....	8
1.3. Importância da Administração no Setor da Edificação.....	10
1.4. A Construção de Conjuntos Habitacionais.....	12
2. GENERALIDADES SOBRE TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO.....	15
2.1. Aspectos da Programação Usual em Obras.....	15
2.2. Importância da Programação e do Controle de Obras.....	16
2.3. Aspectos Teóricos das Principais Técnicas de Programação e Controle.....	20
2.3.1. Gráfico de Gantt ou Diagrama de Barras.....	21
2.3.2. Redes de Planejamento.....	23
2.3.3. Técnica da Linha de Balanço.....	25

3. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO.....	28
3.1. Apresentação dos Aspectos Gerais da Técnica.....	28
3.1.1. Aspectos Teóricos do Fluxo de Produ- ção.....	30
3.1.2. O Modelo Simulado da Construção.....	32
3.2. Propriedades Técnicas.....	34
3.3. Representação de um Programa ATRAVÉS da Linha de Balanço.....	37
3.3.1. Estágios e Instrumentos de Aplicação da Técnica da Linha de Balanço.....	38
3.3.1.1. Estágios de Aplicação da Linha de Balanço.....	38
3.3.1.2. Instrumentos BÁSICOS e APLICAÇÃO cação da Técnica da Linha de Balanço.....	44
3.4. Metodologia para o Traçado da Linha de Balanço como Meio de Programação.....	47
3.4.1. Seqüência Lógica das Atividades na Unidade de Repetição.....	48
3.4.2. Determinação da Planilha Objetivo.....	52
3.4.3. Método Gráfico de Programação da Linha de Balanço.....	54
3.4.4. Método Analítico de Construção do Diagrama da Linha de Balanço.....	57
3.4.5. Determinação de Recursos.....	63
3.4.5.1. Fator Multiplicação de Recursos.....	65
3.4.5.2. Utilização de Recursos e Ociosidade.....	68
3.4.5.3. Curvas de Mobilização de Recursos.....	74
3.4.6. Ritmo Natural dos Trabalhos.....	78
3.4.7. Balanceamento das Equipes.....	88
3.5. Programação de Recursos.....	91
3.6. Comparação entre Programação Paralela e Programação de Recursos.....	98
3.7. O Efeito da Repetição - Curva de Aprendizagem.....	103
3.8. Folgas na Programação.....	106
3.8.1. Atividades Neutras.....	109

3.8.2. Estágios Neutros.....	110
3.9. Programação dos Suprimentos.....	113
3.9.1. Materiais.....	113
3.9.2. Equipamentos. ....	114
3.10. Programação de Conjuntos de Unidades Diversi- ficadas.....	115
3.11. Programação da Construção Repetitiva em Múl- tiplos Andares.....	117
3.12. A Linha de Balanço como Instrumento de Controle.....	127
4. APLICABILIDADE DA LINHA DE BALANÇO AOS CONJUNTOS HABITACIONAIS - UM ESTUDO DE CASO.....	139
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	168
5.1. Comparação das Técnicas de Programação e Controle.....	168
5.2. Vantagens e Desvantagens da Utilização da Linha de Balanço.....	169
5.3. Conclusões.....	171
5.4. Sugestões para Futuros Trabalhos.....	173
BIBLIOGRAFIA.....	175

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 2.1 - Gráfico de barras .
- FIGURA 2.2 - Gráfico de barras interligadas .
- FIGURA 2.3 - Planejamento com redes - redes em flechas .
- FIGURA 2.4 - Diagrama de precedências - redes em blocos .
- FIGURA 2.5 - Diagrama da linha de balanço .
- FIGURA 3.1 - Analogia da L.B. à linha de produção .
- FIGURA 3.2 - Analogia da L.B. ao cronograma de barras .
- FIGURA 3.3 - Fila simples .
- FIGURA 3.4 - Fila simples com atividades simultâneas .
- FIGURA 3.5 - Fila cíclica 1 .
- FIGURA 3.6 - Fila cíclica 2 .
- FIGURA 3.7 - Fragmentação do projeto em atividades - Rede lógica unitária .
- FIGURA 3.8 - Alocação de equipes .
- FIGURA 3.9 - Definição do ritmo de trabalho - Parâmetros externos .
- FIGURA 3.10 - Ritmo acelerado - maior número de equipes menores .
- FIGURA 3.11 - Ritmo lento - menor número de equipes maiores .
- FIGURA 3.12(a) e (b) - Calibragem das durações .
- FIGURA 3.13(a) - Planilha objetivo .
- FIGURA 3.13(b) - Rede unitária .
- FIGURA 3.13(c) - Planilha de progresso .
- FIGURA 3.14 - Rede lógica .
- FIGURA 3.15 - Rede lógica - estabelecimento de prazos .

- FIGURA 3.16(a) e (b) - Diagrama do programa de entregas .
- FIGURA 3.17 - Gráfico das quantidades em função do tempo .
- FIGURA 3.18 - Faixa de produção .
- FIGURA 3.19 - Repetição da rede unitária .
- FIGURA 3.20 - Programação paralela - método gráfico .
- FIGURA 3.21 - Rede unitária de atividades - método analítico .
- FIGURA 3.22 - Programação paralela - diagrama L.B. para método analítico .
- FIGURA 3.23 - Fator multiplicação de recursos para atividade de escavação .
- FIGURA 3.24(a) - Programação para atividade colocação de paviflex .
- FIGURA 3.24(b) - Programação para atividade execução de contrapiso .
- FIGURA 3.25 - Curva de mobilização para atividade execução da cobertura .
- FIGURA 3.26(a) - Curva de mobilização por atividade .
- FIGURA 3.26(b) - Curva de mobilização geral .
- FIGURA 3.27 - Aumento do ritmo natural de produção com a multiplicação dos recursos .
- FIGURA 3.28 - Redução do período produtivo com a multiplicação dos recursos .
- FIGURA 3.29 - Atividades programadas fora do ritmo natural .
- FIGURA 3.30 - Atividade em ritmo natural com emprego de uma equipe .
- FIGURA 3.31 - Rede unitária das atividades modificadas para programação de recursos .
- FIGURA 3.32 - Diagrama da linha de balanço para programação de recursos .
- FIGURA 3.33 - Curva de alocação de recursos - p. recursos .

- FIGURA 3.34 - Comparação entre programação paralela e de recursos - Variação de tempo unitário de construção.
- FIGURA 3.35 - Comparação entre programação paralela e de recursos - Improdutividade.
- FIGURA 3.36(a) - Programação paralela com ritmo mais acelerado.
- FIGURA 3.36(b) - Programação paralela com ritmo menos acelerado.
- FIGURA 3.37 - Curva de efeito aprendido.
- FIGURA 3.38 - Efeito dos atrasos não previstos.
- FIGURA 3.39 - Programação dos estágios a mesma razão de produção com inserção de estágios neutros.
- FIGURA 3.40 - Programação dos estágios segundo seu ritmo natural.
- FIGURA 3.41 - Estágios de construção programados a diferentes ritmos.
- FIGURA 3.42(a) - Programação de um conjunto de blocos de apartamentos.
- FIGURA 3.42(b) - Programação de conjunto de blocos com obra grossa acelerada.
- FIGURA 3.43 - Rede lógica de execução do pavimento.
- FIGURA 3.44 - Programa principal de execução - Jardim Guanabara.
- FIGURA 3.45(a), (b), (c) e (d) - Programas complementares.
- FIGURA 3.46 - Programa L.B. de progresso.
- FIGURA 3.47 - Programa L.B. de progresso real.
- FIGURA 3.48 - Quadro modelo de controle.
- FIGURA 3.49 - Quadro programa.
- FIGURA 3.50 - Quadro controle de progresso.
- FIGURA 4.1 - Projeto de implantação do conjunto habitacional Gravataí - Área A.
- FIGURA 4.2 - Cronograma geral real da obra.
- FIGURA 4.3 - Cronograma de previsão da obra.

- FIGURA 4.4 - Programa de execução das casas.
- FIGURA 4.5 - Cronograma de execução da empresa B.
- FIGURA 4.6 - Cronograma de execução da empresa C.
- FIGURA 4.7 - Cronograma de execução da empresa A.
- FIGURA 4.8 - Curva de alocação de mão-de-obra.
- FIGURA 4.9 - Curva de alocação para os trabalhos em terra e fundações.
- FIGURA 4.10 - Curva de alocação para alvenaria.
- FIGURA 4.11 - Curva de alocação para cobertura e reservatórios.
- FIGURA 4.12 - Curva de alocação para revestimentos e tubulações.
- FIGURA 4.13 - Curva de alocação para esquadrias e pavimentos.
- FIGURA 4.14 - Curva de alocação para as atividades de acabamento.
- FIGURA 4.15 - Comparativo de mão-de-obra alocada para alvenaria, reboco e colocação de eletrodutos e canalizações.
- FIGURA 4.16 - Comparativo de mão-de-obra alocada para reboco, pisos externos, cercas e arremates.

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 3.1 - Programação paralela - método analítico.
- TABELA 3.2 - Tabela dos fatores multiplicativos de recursos.
- TABELA 3.3 - Tabela de tempos improdutivos.
- TABELA 3.4 - Tabela de recursos.
- TABELA 3.5 - Tabela de consumos - programação paralela.
- TABELA 3.6 - Tabela de ritmos.
- TABELA 3.7 - Tabela de constituição das equipes.
- TABELA 3.8 - Programação de recursos - método analítico.
- TABELA 3.9 - Tabela de consumos - programação de recursos.
- TABELA 3.10 - Apresentação de tipos para atividade alvenaria.
- TABELA 3.11 - Ponderação das durações.
- TABELA 3.12 - Programa Jardim Guanabara - alocação de recursos.
- TABELA 4.1 - Tabulação de dados sobre escavação e fundações.
- TABELA 4.2 - Tabulação de dados sobre alvenaria.
- TABELA 4.3 - Tabulação de dados sobre cobertura e reservatório.
- TABELA 4.4 - Tabulação de dados sobre as instalações.
- TABELA 4.5 - Tabulação de dados sobre o reboco e forró.
- TABELA 4.6 - Tabulação de dados sobre pisos e esquadrias.
- TABELA 4.7 - Tabulação de dados sobre a pintura.
- TABELA 4.8 - Tabulação de dados sobre complementação, limpeza e arremates.

## LISTA DE SÍMBOLOS

- R - razão de construção (casas/semana)
- U - razão de progresso da atividade (casas/semana)
- g - tamanho real da turma da atividade (homens)
- $g_1$  - tamanho real da turma exigida para programação paralela (homens)
- $g_2$  - se  $g_1$  é maior do que uma equipe,  $g_2 = g_1 = Q$  (homens)
- G - tamanho teórico da turma exigida para razão de progresso da atividade igualar a razão de construção
- Q - tamanho da equipe da atividade (homens)
- M - conteúdo de homens-hora da atividade
- N - razão de progresso natural da atividade (casas/semana)
- $N_1$  - razão de progresso natural da atividade, quando  $g = g_1$  (casas/semana)
- $N_2$  - razão de progresso natural da atividade, quando  $g = g_2$  (casas/semana)
- S - duração da atividade medida desde o início da primeira casa ao seu início na última casa
- $S_n$  - "S" quando a atividade é programada em sua razão de progresso natural (dias)
- $S_p$  - "S" quando a atividade é programada na razão de construção (dias)
- $S_1$  - "S" quando a atividade é programada a  $N_1$  (dias)
- $S_2$  - "S" quando a atividade é programada a  $N_2$  (dias)
- T - tempo produtivo por casa para uma atividade (dias)

- U - razão de progresso da atividade (casas/semana)
- W - média de homens-hora improdutivos para uma atividade (homens-hora)
- X - tempo de espera de uma equipe entre o término de uma casa e início da próxima (dias)
- Y - número integral de equipes que imediatamente excedem o tamanho teórico da turma
- z - número de equipes igual ao tamanho teórico da turma
- s - número de dias de trabalho da semana.

## LISTA DE ABREVIATURAS

- APEs - Associações de Poupança e Empréstimo
- BNH - Banco Nacional da Habitação
- CC - Construção Civil
- CE - Caixas Econômicas
- CH - Conjuntos Habitacionais
- CHIS - Conjuntos Habitacionais de Interesse Social
- CHPP - Conjuntos Habitacionais de Promoção Privada
- COHAB - Companhia de Habitação
- CPM - Método do Caminho Crítico
- FEE - Fundação de Economia e Estatística - Secretaria de Coordenação e Planejamento/R.S.
- ICC - Indústria da Construção Civil
- INOCOOP - Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas/São Paulo
- LB - Linha de Balanço
- METROPLAN - Fundação Metropolitana de Planejamento
- PERT - Técnica de Programação e Controle da Construção pelo Caminho Crítico
- PROMORAR - Programa de Erradicação da Sub-habitação
- SBPE - Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo
- SCI - Sociedade de Crédito Imobiliário
- SFH - Sistema Financeiro da Habitação.

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma técnica de programação e controle da construção repetitiva denominada Linha de Balanço. É uma técnica, surgida na indústria fabril, onde a produção em série e em grande escala exige a organização dos métodos de produção e a racionalização do trabalho.

O estudo, inicialmente, modela o trabalho de construção de unidades repetitivas, salientando os problemas de organização e administração destes empreendimentos. Num segundo momento, são apresentados os princípios teóricos da técnica com aplicações práticas da programação. Por fim, é analisada a metodologia usual de construção de conjuntos habitacionais através de um estudo de caso e, observadas as condições de aplicação da técnica da Linha de Balanço, não exigindo modificações muito profundas na atual ação gerencial neste tipo de obra.

As conclusões esboçadas confirmam as vantagens da técnica da Linha de Balanço para estes empreendimentos e propõem a sua utilização na organização do trabalho nos canteiros repetitivos.

## ABSTRACT

This research work is dedicated to the presentation of a building construction programming and control technique called Line of Balance, specially suited to repetitive sites, as the ones that might be found on low-income housing. This technique is not yet known or documented in the portuguese speaking literature as to make it accessible to practioners and public authorities.

This technique was originated in the manufacturing industry. The thesis discusses the rationalisation and organisation procedures needed on housing sites in order to make the application of this novel technique a succesful exercise.

The thesis begins by putting forward evidence on housing demand and on how the building industry organizes itself to produce houses in massive quantities. Available programming and control techniques such as bar charts, PERT/CPM and simulation are discussed in the light of their suitability to repetitive construction.

The line of balance technique is throughly presented and discussed on its theoretical practical aspects in chapter 3 that constitutes the core of the thesis.

At the end a case study where the line of balance programme of work might have been applied is discussed. The actual low-income housing site of some 800 dwellings was built using conventional bar chart programmes of work; notwithstanding, data gathered on the sequence of work throughout the site, on the duration and precedence of activities, on the intensity and rythm of work from unit to unit leads one to conclude that line of balance would not conflict seriously with the way this site was tackled, at least for the underground and carcassing activities. In other words, this novel technique might be used without calling for deep modifications of the management

procedures now in use on building sites of repetitive nature.

The thesis concludes by pointing the advantages and disadvantages of the new programming and controlling technique as a background for further studies on its applicability on housing construction sites, since the case study demonstrated its feasibility as far as it does not go against the managerial concepts and uses of the existing programming and administrative procedures employed in this sort of sites.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A inexistência de uma linguagem técnico-prática consolidada para a construção civil em nosso meio, que atenda tanto a estudos de natureza técnica e científica quanto a sua divulgação no meio empresarial, faz necessário o estabelecimento de alguns conceitos e definições a serem usados ao longo deste trabalho de pesquisa.

### Serviços de Construção Civil

Correspondem a produção e montagem de componentes constituintes das edificações e demais obras de engenharia civil, incluindo:

- a) transporte, estocagem e beneficiamento de materiais em obra;
- b) produção de componentes pela construtora (pré-moldados);
- c) montagem de instalações especiais dos produtos de construção (elétrica, hidro-sanitária, de força, etc.);
- d) trabalhos auxiliares no canteiro;
- e) acabamentos e reparos.

Na verdade, correspondem aos grandes itens da orçamentação, ou seja, alvenaria, instalação elétrica, pintura, etc.

### Atividade

Corresponde ao conjunto de trabalhos executados em obra por uma mesma equipe profissional e que podem ser feitos continuamente, sem interrupções. Por exemplo, os trabalhos do eletricitista de colocação dos eletrodutos, caixas de passagem e pontos

de luz e finalmente da colocação da fiação nos eletrodutos.

#### Operação ou Tarefa

Corresponde a noção elementar de trabalho em engenharia, por exemplo: colocação de prumos ou linhas para manter a linearidade, decapagem do terreno, medições, marcações, etc.

#### Componentes de Construção

São produtos bastante elaborados, como esquadrias, lajes pré-fabricadas, elementos estruturais, estacas, aparelhos sanitários, etc., que fazem parte do produto final, cumprindo funções específicas.

#### Materiais de Construção

São produtos industriais pouco elaborados que compõem as partes da edificação, por exemplo, tijolos, cimento, vidros, agregados, fios, tubos, etc.

#### Empreendimento

Combinação de recursos humanos e materiais acionados juntos com a finalidade de atingir objetivos definidos. Quando tais objetivos foram atingidos, ele estará concluído (MURGEL<sup>49</sup>).

#### Conjunto Habitacional

Trata-se de um empreendimento de construção, essencialmente residencial, onde é produzida uma quantidade significativa de unidades (casas e/ou apartamentos), com grande repetitividade dos processos usados em cada uma e com proximidade física e continuidade temporal de obras que caracterizem a unicidade do empreendimento (IPT/SP)<sup>42</sup>.

### Planejamento de um Empreendimento

Consiste na organização geral do empreendimento, a qual se apoia num mecanismo de reavaliação permanente das condições de progresso do projeto, com a finalidade de serem alcançados os objetivos da empresa que são: obter a rentabilidade prevista para o empreendimento, executar os trabalhos dentro dos níveis desejados de alocação de mão-de-obra e de equipamentos, e respeitar os prazos contratuais.

### Programação de um Empreendimento

Consiste na previsão das atividades e de suas inter-relações de antecedência e seqüência, além de suas respectivas durações e datas de execução.

A programação é um instrumento do planejamento, pois é quem diz quando as coisas devem acontecer.

### Programa

É a relação das atividades, suas interdependências e prazos de execução, tendo por finalidade um determinado objetivo.

### Razão de Construção, de Produção ou Ritmo de Trabalho

Corresponde a velocidade com que as atividades ou tarefas são desenvolvidas. Normalmente é expressa em termos de homens-hora de trabalho por unidade de construção (HHs/casa, HHs/pavimento tipo, etc.).

### Razão de Entrega ou Ritmo de Entrega

Corresponde a velocidade com que as unidades concluídas (casas prontas, por exemplo) são entregues. Representa a cadência de entrega das casas, ou apartamentos, ou pavimentos em relação ao tempo. É expressa por uma relação do número de

unidades entregues por unidade de tempo (10 casas/semana) ou pelo tempo decorrido para entregar uma unidade (0,1 semana/casa).

#### Ritmo Natural de Trabalho

É definido pelo volume de serviços realizados por uma equipe padrão na unidade de tempo. Este ritmo representa o inverso da produtividade da equipe.

#### Turma

Conjunto de equipes designadas para execução de uma determinada atividade nas unidades do projeto.

#### Equipe

Conjunto de profissionais, oficiais e serventes reunidos para execução de uma determinada atividade nas unidades do projeto.

## INTRODUÇÃO

### Justificativas da Realização do Trabalho

A idéia da realização deste trabalho, especificamente ligado à construção habitacional, surgiu da conscientização dos graves problemas sociais, relacionados a habitação, que o país enfrenta e do importante papel que representa o setor de edificações na tentativa de solucioná-los.

Vive-se um processo desordenado de urbanização acrescido e aliado a um deficit habitacional crescente. Estudos realizados pela Metroplan<sup>2 3</sup> (Fundação Metropolitana de Planejamento), publicados no final de 1984, revelaram que será prevista a necessidade de 135.817 novas moradias para as classes mais baixas da população até o ano de 1987, apenas na Região Metropolitana de Porto Alegre, a fim de eliminar a carência habitacional existente e fazer frente a demanda que se deverá criar.

Este déficit de moradias é enfrentado através do setor habitacional da construção civil. Para tanto, a construção preparou-se como setor produtivo, expandindo os seus empreendimentos em uma maior escala, na tentativa de reduzir os preços finais dos imóveis à população demandante.

Este aumento de escala significou um maior número de unidades construídas por empreendimento, surgindo os chamados Conjuntos Habitacionais.

O processo de produção desses conjuntos habitacionais, surgidos da nova orientação no tratamento da questão habitacional, começou a apresentar problemas quanto a sua gestão. Estes problemas, que vão desde uma organização deficiente da produção até a fatores externos desfavoráveis ao processo, implicam em baixa produtividade nos canteiros de obra, fazendo com que o objetivo de diminuição de custo dos empreendimentos, através de uma maior escala de produção, não seja al-

cançado em sua totalidade.

As questões envolvidas no processo produtivo dos conjuntos habitacionais vão muito além da tentativa de redução de custos por moradia com eventual repasse da economia ao adquirente. A construção de um maior volume de moradias nos empreendimentos traz consigo maior complexidade na execução do trabalho, exigindo das empresas uma maior organização tanto ao nível da administração geral da empresa, quanto ao nível operacional, no tocante à gerência dos canteiros de obra.

A necessidade de uma organização mais eficiente no canteiro de obras, preocupada com a manutenção dos prazos e com o aproveitamento mais eficiente dos recursos, fica clara quando o empreendedor depara-se com um volume de trabalho tão grande quanto o que encerram os conjuntos habitacionais, com um período de construção e um plano de recursos pré-fixados para o desenvolvimento da obra.

O tema focado nesta pesquisa, a Técnica de Programação e Controle da Linha de Balanço, é apresentada como uma alternativa a mais na administração do processo produtivo nos canteiros de obras dos conjuntos habitacionais.

Os vários usos da L.B. fazem dela uma ferramenta prática para planejamento, programação e controle da construção de unidades repetitivas. Ela possui uma forma de apresentação dos resultados da programação que lhe empresta clareza e facilidade de entendimento, transmitindo com simplicidade informações a respeito da cronologia e posicionamento do trabalho em obra. Como instrumento de supervisão da construção, facilita a análise e comparação dos estágios reais de execução dos trabalhos com o que foi programado. Tem grande uso na avaliação de mudanças no planejamento e programação da execução destes trabalhos.

Esta dissertação foi elaborada com a intenção de apresentar um método de ação administrativa para os empreendimentos que supra a carência de uma melhor organização e gerência dos trabalhos de construção, garantindo, assim, uma diminuição nos custos da construção e um conseqüente aumento na

possibilidade de aquisição da casa própria.

### Objetivos do Estudo

Este estudo situa-se como um trabalho dedicado à abordagem dos problemas de organização e eficácia da administração da produção nos canteiros de obras de conjuntos habitacionais.

Assim, seu objetivo principal é a apresentação da Técnica da Linha de Balanço, tentando enfocá-la dentro de um contexto geral que representa o dia-a-dia da construção civil no Brasil.

Os objetivos gerais que orientaram o desencadeamento do estudo estão listados a seguir.

i) Determinação de parâmetros que representem os fluxos produtivos das diversas atividades que a execução destes empreendimentos encerra, através do acompanhamento e/ou análise de dados destas obras. Estes parâmetros reproduzem os procedimentos usuais de gerência destes grandes canteiros de obras e definem os princípios orientadores dos trabalhos, ou seja, a metodologia geral que rege o processo produtivo. A confrontação destes dados com os princípios da Técnica da Linha de Balanço trará possibilidades de verificação das condições de aceitação e êxito desta técnica no meio empresarial.

ii) Elaboração de uma publicação:

- que leve ao meio científico e técnico, o conhecimento desta técnica de programação e controle de obras;
- que auxilie aos promotores públicos (COHABs e COOPERATIVAS) e privados na programação e supervisão dos empreendimentos;
- que sirva de instrumento didático para o ensino de técnicas de planejamento, programação e controle nas Escolas de Engenharia.

## Metodologia e Segmentação do Trabalho

O desenvolvimento desta pesquisa deu-se em várias etapas, desde a revisão da bibliografia reunida no tema e em assuntos afins, até a confrontação dos princípios estabelecidos pela técnica da L.B. com a sistemática usual de conduzir as obras, conhecidas da análise e observação de alguns canteiros.

Os capítulos I e II tentam caracterizar o setor da construção no Brasil e esboçar ligeiramente o tipo de comportamento dos empresários na administração das obras, principalmente a forma com que são feitos o planejamento e a programação das obras. O capítulo I trata especificamente da importância social e econômica da construção, dos aspectos administrativos das obras e faz uma ligeira apresentação do tipo de empreendimento a que se prendeu a pesquisa. O capítulo II faz uma análise dos aspectos da programação rotineira das obras, destaca a importância de possuir-se um sistema de programação e controle, efetivo e apresenta em linhas gerais algumas das técnicas de programação e controle existentes.

O capítulo III trata do conhecimento teórico da técnica. Nele são apresentados os princípios e outras informações sobre a mesma. Este embasamento teórico e a familiarização com as aplicações da técnica em países estrangeiros se deu através da pesquisa bibliográfica realizada.

O capítulo IV é um capítulo de análise do sistema gerencial das obras estudadas. São obras que se desenvolveram na região metropolitana de Porto Alegre e que merecem atenção nesta pesquisa devido a sua identificação com as obras para as quais a técnica é proposta. São apresentados os dados reais de execução do projeto submetido a estudo no capítulo III, sendo estes confrontados com os princípios da L.B. e com os resultados de exercícios de programação realizados. Neste capítulo são tecidas comparações e observadas as semelhanças aos princípios estabelecidos pela L.B.

estabelecidos pela L.B. para que no capítulo final sejam apresentadas as conclusões.

## 1. A CONSTRUÇÃO HABITACIONAL E SUA ADMINISTRAÇÃO

### 1.1. O Aspecto Sócio-Econômico da Indústria da Construção

Além de seu papel social de amenizadora do déficit habitacional, a construção com fins residenciais também exerce o importante papel de um instrumento regulador da economia nacional, em função de sua grande relevância como atividade econômica.

A evolução econômica do Brasil mostra que ocorreu um processo de desenvolvimento cíclico das indústrias e, desde a década de 70 até hoje, o setor da construção como um todo, revelou sua significativa participação:

- na renda interna, em torno de 6%;
- na formação bruta de capital fixo, em torno de 50%;
- na representatividade da população empregada, em torno de 30% desta (FEE/84) <sup>26</sup>.

A indústria da construção começou a adquirir importância no processo de desenvolvimento brasileiro desde o governo Kubitschek. Neste período, cresceu a taxas semelhantes ao do crescimento médio da economia como um todo, consolidando-se como indústria (FEE/84) <sup>26</sup>. Desde então ficou marcada a sua grande sensibilidade às alterações da política econômica, tendo sido usada como um instrumento essencial à retomada do crescimento econômico.

Para MASCARÓ <sup>49</sup>, o papel da construção no desenvolvimento econômico é muito grande, e isto fica evidenciado na sua afirmação: "Ou há construção, ou não haverá crescimento econômico". Sua assertiva fica justificada quando apresenta dados que confirmam o grande poder multiplicador do setor da construção na economia, mostrando que, quando a economia de conjunto cresce quatro vezes, o setor da construção cresce seis vezes.

O poder multiplicador da construção está intimamente relacionado as suas características funcionais como indústria ou seja:

- pouca utilização de capital na produção, quando comparada às outras indústrias;
- pequena demanda de bens importados;
- intensa absorção de mão-de-obra com pouca ou nenhuma especialização;
- grande variedade dos insumos utilizados, provenientes de diversas origens, o que aquece outros setores da economia;
- grande dispersão geográfica da produção.

Sob o ponto de vista de sua dimensão social, o setor de edificações se faz importante, pois além da habitação ser um dos bens de maior necessidade, há, também, o seu caráter de grande gerador de empregos. Além dos empregos gerados diretamente pelo setor deve-se ter em conta aqueles gerados indiretamente, em atividades vinculadas à produção habitacional como: indústrias de materiais de construção e do mobiliário, comercialização de imóveis e financiamentos. Pode-se dizer que a cada operário empregado diretamente na construção são empregados ou existem trabalhando em setores conexos a construção outros dois (MASCARÓ<sup>49</sup>).

Este aspecto social da construção habitacional e da construção em geral fica reafirmado quando esta é vista como uma atividade econômica predominantemente urbana, que serve de amortecedora das tensões sociais nas cidades, pois absorve considerável parcela de mão-de-obra não qualificada e constitui-se no primeiro emprego de grande parte dos trabalhadores, principalmente dos migrantes internos (FEE, 1982<sup>26</sup>).

## 1.2. Generalidades sobre a Construção Habitacional

Este trabalho tratará especificamente da construção de conjuntos habitacionais. Aqui, um conjunto habitacional será considerado tanto um conjunto de unidades embriões, para as camadas sociais de menor poder aquisitivo, como os denominados condomínios de luxo: Villages, vilas, jardins e parques residenciais, etc., para as camadas mais abastadas da sociedade. Isto é, conjuntos de casas, apartamentos ou mistos que determinem uma característica de repetição e um caráter predominantemente residencial, embora possam incluir áreas de lazer e de prestação de serviços comunitários.

A citação abaixo, tirada do trabalho sobre conjuntos habitacionais realizado pelo IPT-SP/75<sup>12</sup>, vem reafirmar o papel importante desempenhado pelos conjuntos habitacionais na solução das deficiências no setor de moradias no Brasil: "Os conjuntos habitacionais têm sido apontados como a tentativa mais racional de resolver o problema do déficit habitacional. No entanto, apesar de representar uma solução para a questão da moradia, estes conjuntos habitacionais têm se tornado mais um problema a ser acrescentado à crise habitacional, pois inferem questões como a organização do espaço urbano, a qualidade e durabilidade das moradias, a capacidade financeira dos adquirentes e outras".

Estes problemas, acima referidos, podem ser amenizados através de um planejamento consciente destas obras, desde sua concepção, na fase de projeto e escolha do local para implantação, até as etapas finais de sua execução.

### Caracterização das Entidades envolvidas na Execução destes Empreendimentos

Para a deflagração da construção de um conjunto habitacional propriamente dito, condomínios ou qualquer outro empreendimento do gênero, faz-se necessário o envolvimento de alguns agentes como: o promotor, o financiador, o construtor e o beneficiário final ou adquirente.

Ao promotor cabe organizar, implantar, promover e acompanhar o desenvolvimento do programa de construção. Quando a promoção partir da iniciativa privada, tem-se os Conjuntos Habitacionais de Promoção Privada (CHPP), que atendem, em geral, segmentos populacionais da classe média. A promoção de empreendimentos para os segmentos mais pobres da população é feita, exclusivamente, por órgãos públicos: são os Conjuntos Habitacionais de Interesse Social (CHIS). (ENK<sup>2.9</sup>).

Estes conjuntos habitacionais são financiados pelo Sistema Financeiro da Habitação, através de seus agentes financeiros; as Companhias de Habitação, as Cooperativas de Habitação, as Associações de Poupança e Empréstimo (APES), as Sociedades de Crédito Imobiliário (SCIs), as Caixas Econômicas, Bancos Comerciais e outros (BNH - Linhas de Financiamento)<sup>4</sup>.

Muitas vezes, esses agentes financeiros são também, os agentes promotores dos empreendimentos, recebendo créditos para produção e comercialização das unidades habitacionais.

Estes conjuntos habitacionais são frutos dos vários programas de habitação que fazem parte da política habitacional do antigo B.N.H. Estes programas estão voltados para as diversas camadas sociais demandantes por habitação e são organizados em Carteiras de Operação específicas, as denominadas unidades de execução da política da habitação.

A preocupação deste trabalho é especificamente a otimização do processo produtivo e por isso a ênfase será dada nas relações de produção das unidades habitacionais, isto é, nos aspectos relativos à organização e à administração da produção junto à empresa construtora responsável pela execução do empreendimento.

### 1.3. Importância da Administração no Setor da Edificação

São várias as diferenças estruturais e de funcionamento da construção civil para as outras indústrias. Sua produção atomizada e diversificada, a heterogeneidade dos seus insumos, o tipo de utilização da mão-de-obra e a dispersão geográfica da produção impedem que sua produção alcance níveis tecnológicos mais elevados, como ocorre nas outras indústrias (FEE, 1982)<sup>26</sup>

Por outro lado, a atuação da construção, especialmente a habitacional, se dá num contexto onde os riscos e a competitividade são elevados, a comercialização da produção está relacionada à demanda local e a lucratividade das empresas comparada às outras indústrias é baixa (FEE, 1982<sup>26</sup> e MASCA-RÕ<sup>49</sup>).

Face a este contexto restritivo e pouco estimulador onde atua o setor da construção é que ele se caracteriza por ser, talvez, o setor mais conservador da indústria, que reage à implantação de quaisquer novas técnicas, principalmente na área de organização do trabalho, especificamente no que diz respeito ao planejamento e gerenciamento da construção. Os empresários da construção preferem a adoção de instrumentos convencionais de planejamento e programação de obras, até então usados, mesmo que estes não revertam em respostas positivas.

Para suscitar maior interesse na questão do planejamento e administração direta das obras é importante que se saliente o papel de administrador que o engenheiro desempenha na condução de suas obras e a necessidade de implementação de técnicas de planejamento para o êxito das mesmas, no que se refere à otimização de custos e prazos. Está claro que o planejamento adequado do trabalho, durante a fase de projeto, e o controle efetivo na fase de execução, são parâmetros de importância para o término dos trabalhos na forma mais econômica e com a maior rapidez (ARDITI<sup>1</sup>).

Para a empresa de construção, as estratégias de ação devem ocorrer buscando-se a compatibilização de recursos e potencialidades da empresa na adoção dos rumos a seguir, dentro de um contexto onde os imperativos produtivos são o ambiente em que operam estas empresas e a tecnologia que as mesmas devem usar (MACEDO<sup>15</sup>).

Na realidade, a conduta diária das obras a revela como uma atividade de produção onde métodos confusos e emergenciais são utilizados e onde as decisões são relegadas a operários pouco qualificados como contra-mestres e mestres, que possuem pouca visão gerencial. Assim, a má utilização dos recursos e da própria mão-de-obra refletem muito mais uma falha gerencial do que as desqualificações da mão-de-obra. A organização, as instruções, os materiais, os equipamentos e ferramentas destinados à execução da atividade produtiva são de inteira responsabilidade da gerência de obras que também deveria definir os métodos de trabalho a serem observados.

As dificuldades apresentadas para a condução de uma ação gerencial eficaz, que leve ao alcance dos objetivos de maior produtividade e rentabilidade nos empreendimentos, estão fundamentadas nas peculiaridades do processo produtivo da construção civil e do contexto em que este desenvolve-se. Os principais problemas enfrentados pelo setor, segundo ENK<sup>20</sup>, são:

a) sistemas gerenciais com estruturação falha, propiciando pouca flexibilidade e eficiência da ação gerencial na produção;

b) falta de profissionais treinados em planejamento no setor da construção;

c) inércia natural das empresas à adoção de inovações, aspecto conservador do setor;

d) forma inadequada de pagamentos dos trabalhos que inibem melhorias na gerência e não premiam a produtividade;

e) falta de padrões de produtividade que sirvam de orientação, em função da diversificação das envoltentes da produção;

f) dificuldades de escolha e adoção de novas técnicas por falta de estudos de análise econômica e operacional das mesmas e por falta de treinamento dos profissionais;

g) conflitos nos canteiros devido à simultaneidade de processos, equipes, equipamentos, etc. Diluição das responsabilidades pelos serviços executados, em função dos diversos empreiteiros atuando no canteiro de obras;

h) fluxo de recursos financeiros irregular e incerto.

Os efeitos de uma organização do trabalho mais elaborada e mais preocupada com os fatores relevantes da produção induzirá a uma otimização de recursos, que se refletirá em uma maior produtividade do setor. Este acréscimo de produtividade será compartilhado por todos os envolvidos no processo produtivo. Para os empresários, repercutirá em redução de custos e maior domínio do processo produtivo; para os operários em redução das jornadas e melhores condições de trabalho; para os proprietários ou adquirentes dos imóveis em menores preços dos produtos finais.

#### 1.4. A Construção de Conjuntos Habitacionais

A idéia principal desta pesquisa é estudar as questões relativas ao planejamento e programação das obras, que possam trazer efeitos sociais benéficos, como a redução de custos, e que facilitem e orientem a administração destes empreendimentos.

O gerenciamento da construção de conjuntos habitacionais no Brasil é desenvolvido de modo similar ao de qualquer outro de menor porte no setor de edificações residenciais. Os conjuntos, pela sua maior dimensão e maior complexidade técnica, econômica e urbana, vêm agravados os problemas gerenciais inerentes à atividade construtiva (ENK<sup>20</sup>, 1984).

O montante de recursos que a construção de um conjunto habitacional envolve é muito grande: este e outros fatores fazem com que o risco destes empreendimentos seja alto, principalmente naqueles de iniciativa social, com promoção de ór-

gãos públicos, devido a forma de pagamento das faturas.

A iniciativa a ser tomada é a de promover o aprimoramento da gerência da construção destes conjuntos, utilizando-se da economia de escala propiciada pelo aumento do nível produtivo de forma que se atinja a otimização na utilização dos recursos disponíveis. Desta atitude resultariam benefícios, tais como:

- minimização dos custos de implantação dos conjuntos habitacionais com uma maior lucratividade às empresas;

- minimização dos custos diretos de mão-de-obra em função da racionalização dos projetos, repetição das atividades e conseqüente aumento de produtividade;

- minimização dos custos indiretos dos conjuntos habitacionais e escritório central da empresa, pela redução do prazo das obras;

- minimização dos custos do quadro gerencial através de uma estrutura empresarial mais adequada ao porte do empreendimento e com maiores condições de atuação;

- minimização dos desperdícios e dos efeitos de escassez de materiais em obra através da sistematização do suprimento e utilização dos recursos;

- minimização da ocorrência de transtornos, esperas e indefinições através da promoção de um melhor ambiente de trabalho, com um canteiro mais organizado e uma seqüência de atividades bem definida.

Para garantir estes benefícios advindos de um bom sistema gerencial, uma série de cuidados devem ser tomados, tanto no planejamento quanto na execução das atividades, como por exemplo:

- evitar a dispersão dos recursos, tais como materiais, equipamentos e mão-de-obra, uma vez que estes canteiros de obra são extensos;

- ter sempre em mente o efeito multiplicador dos problemas e imprevistos, em função do elevado volume de atividades, ou seja, da escala de produção;

- estabelecer uma programação criteriosa das atividades e implantá-la aliada a um sistema de supervisão e controle capaz e atuante.

## 2. GENERALIDADES SOBRE TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO

### 2.1. Aspectos da Programação Usual em Obras

A mais usual e simples técnica de programação de obras, o Gráfico de Barras, foi introduzido por GANTT, no início deste século. Surgiram então, as técnicas de redes, para a indústria bélica e química, na década de 50. Estas técnicas foram trazidas ao uso da construção na década de 60 proporcionando um maior controle e maior coordenação em projetos complexos. Nesta década de 60, foi grande a produção de trabalhos escritos sobre o tema de Redes de Análise e a utilização da técnica nas empresas americanas e européias de construção. O processo de difusão continuou até os primeiros anos da década de 70, quando atingiu o ápice e um patamar constante, para logo depois, nos anos finais da mesma, iniciarem-se as críticas severas e a diminuição da produção científica na área. Estas críticas fundamentavam-se, principalmente no fato de que os aspectos teóricos da técnica não estavam embasados na indústria da construção e que esta havia, apenas, sido sumariamente adaptada às condições particulares deste tipo de atividade (ARDITI, BIRREL<sup>1, 8</sup>).

Já a Técnica da Linha de Balanço, embora tenha sido criada na década de 40, para que a indústria bélica americana tivesse suas atividades melhor programadas e controladas, apenas começou a ter seus princípios aplicados na construção nos anos 60, quando, também, apareceram as primeiras publicações a este respeito na Inglaterra e EEUU. Estas publicações relatando a utilização da técnica para a construção repetitiva seguiram aparecendo na década de 70. E, ainda na década de 70, continuaram as produções científicas no tema da L.B., propagando o uso e alguns aperfeiçoamentos à técnica (ROESCH<sup>5 9</sup>).

Além destas técnicas, muitas outras surgiram, como a Programação Dinâmica, a Técnica da Simulação, etc., modelos matemáticos que tentam reproduzir o trabalho de construção e prever o efeito, no empreendimento, de opções administrativas na cronologia e custo da construção.

Entretanto, mesmo havendo um número muito grande de instrumentos de planejamento e programação da construção, as empresas continuam a usar, quase que exclusivamente o Gráfico de Barras, que foi universalmente consagrado por esta indústria.

Quanto à técnica da L.B., acredita-se que esta seja quase desconhecida no Brasil, em função das pouquíssimas referências existentes à mesma em livros e publicações especializadas na área de construção, em currículos de escolas de engenharia e do desconhecimento de sua utilização no meio empresarial.

## 2.2. Importância da Programação e do Controle de Obras

Este estudo enfocará, especificamente, o aspecto operacional da execução das obras e a relevância de uma organização eficiente do trabalho para um bom encadeamento do processo produtivo.

A busca de todas as empresas no setor de construção, cada vez mais, e principalmente nos dias atuais em que o setor atravessa uma de suas crises mais agudas, tem sido a da otimização do processo produtivo da construção mediante um melhor aperfeiçoamento dos recursos e uma redução do período de produção. Neste sentido, tentativas de reformulação do processo de construção tem sido feitas, através da adoção de novas tecnologias de construção que vão desde a racionalização do processo com o uso da alvenaria de blocos até as técnicas mais sofisticadas de pré-fabricação. Deste modo, os canteiros de obra tem sido transformados em verdadeiros pátios de montagem de componentes e muitas partes do processo tem sido transferidas às fábricas. No entanto, estas soluções buscadas não têm resolvido a contento os problemas de produtividade e lucratividade

almeçados pelos empresários (ENK<sup>20</sup>).

A situação enfrentada pelas empresas e empresários da construção na adoção destas técnicas não convencionais de edificação é a de:

- altos investimentos de capital em equipamentos de montagem e produção;
- uma mão-de-obra sem especialização e pouco treinada;
- problemas de projetos mal definidos, por inexperiência dos próprios profissionais;
- atrasos e interrupções do processo produtivo por falta de uma organização, e coordenação das atividades mais efetivas;
- uma difícil comercialização dos produtos, função de seu desempenho deficiente, críticas à utilização destas técnicas mais modernas na construção e baixo poder aquisitivo da população.

Entretanto, esta forma de incrementar a produtividade não é coroada de sucesso, pois o meio buscado para atingi-la esbarrou nas mesmas lacunas do processo tradicional de construção, ou seja, a falta de uma eficiente organização e programação do trabalho. O uso destas novas técnicas construtivas não vem acompanhada de uma nova prática organizacional e a ação seguida é quase a mesma das práticas anteriores, isto é, uma vez terminado o planejamento global das atividades e selecionados os equipamentos de maior porte, fica a cargo dos mestres, contra-mestres e, às vezes, até de simples operários, a definição da rotina de trabalho diária, a escolha de ferramentas e equipamentos menores, a determinação do tamanho das equipes de trabalho e, principalmente, a determinação da maneira de executar as diferentes tarefas (FONDAHL<sup>22</sup>). Mesmo em obras maiores, onde atuam engenheiros residentes, não há uma planificação e programação mais criteriosa, sendo as ações e soluções adotadas emergencialmente motivadas pela circunstâncias próprias dos trabalhos e pelo surgimento de problemas.

O objetivo das técnicas de planejamento e programação é a de proporcionar que os trabalhos em obra realizem-se de forma mais organizada, evitando-se muitos problemas que podem ser previstos ou pressupondo-se ações corretivas aos distúrbios inevitáveis. Desta forma, os serviços aconteceriam em bases mais econômicas e poder-se-ia determinar os fatores organizacionais condicionantes do processo produtivo.

Mas a programação em si mesma não trará benefícios à produção se não estiver baseada em fatos reais, do dia-a-dia em obra. Para que tanto o planejamento quanto a programação estejam fundamentados na realidade das obras, o profissional ou equipe responsável por sua concepção deverá dominar o processo produtivo da construção. Este domínio sobre a produção significa conhecer cientificamente as características do trabalho na construção, o que torna-se possível pela análise de informações obtidas através de métodos de controle das atividades desenvolvidas em obra.

ROSSO<sup>61</sup> chama atenção em seu trabalho para o espírito fatalista reinante nas empresas de construção em relação às possibilidades de uma melhor organização do trabalho através de técnicas de planejamento e programação e atribui estas reações às experiências fracassadas no uso de alguns instrumentos de programação, que não representavam a realidade da produção em obra.

Quando analisa a produtividade nos canteiros, ROSSO<sup>62</sup> destaca que 1/4 do tempo gasto em obra é improdutivo, sendo que 93% dele é causado por deficiências de planejamento, programação e coordenação das obras. Estas deficiências de planejamento manifestam-se tanto ao nível da programação de sua execução, quanto ao nível de projeto.

A produtividade em obra vem a ser o parâmetro que mede o sucesso da execução de um empreendimento, pois mede a eficiência de aplicação dos fatores de produção através da sua relação básica insumo/produto. É este incremento de produtividade, que é buscado pelas empresas de construção, que se debatem em tentativas de racionalização do processo de construção.

Este acréscimo é perdido frente aos problemas encontrados na execução dos canteiros de obra, quando fatores externos e internos quebram a continuidade do processo produtivo, demonstrando que o planejamento, a coordenação e a programação eficientes eliminam realmente os tempos ociosos e podem aumentar a produtividade.

ROSSO<sup>62</sup> ao comentar o estudo de improdutividade desenvolvido por Peer e North, salientou que os tempos improdutivos gerados por deficiências na organização do trabalho são provocados, principalmente, pela falta de coordenação e programação do fornecimento, transporte e entrega dos materiais e componentes e pelo seqüenciamento errôneo das atividades que provocam erros de execução e interferências no processo de construção.

A continuidade do processo de construção é fruto, em maior parte, da ação gerencial e portanto de um planejamento e programação bem elaborados. Segundo ROSSO<sup>61</sup>, "se o planejamento e a programação das obras são, via de regra, deficientes, isto deve-se ao fato de serem encarados mais como uma arte do que como uma ciência, uma habilidade pessoal onde prevalecem mais a capacidade de improvisação do que a organização, mais a prática do canteiro do que o conhecimento técnico e científico do processo de produção".

Apesar da existência de uma programação criteriosamente concebida, são inevitáveis os atrasos, os imprevistos e as tomadas de decisões que contradizem, algumas vezes, o planejamento e a programação originais. Portanto, uma programação sem controle é ineficaz e um controle sem atualização é inefetivo.

A grande variabilidade com que convive a construção dificulta a previsão de durações de execução das atividades em obra e obriga a adoção de técnicas de controle através das quais os desvios da programação possam ser identificados e que proporcionem a atualização destes programas.

A natureza empírica e a variabilidade que caracterizam a indústria, a alta rotatividade da mão-de-obra com que esta trabalha, o ambiente em que se desenvolvem as atividades - ao ar livre, sujeitas as influências das intempéries, pelo

menos nos estágios iniciais da obra - e a incerteza dos financiamentos justificam a necessidade de um sistema de controle dos trabalhos em obra que reflita o progresso real alcançado, os desvios e atrasos, bem como as causas das situações enfrentadas em obra.

Um sistema de controle compreensível, que registre o progresso alcançado e o dispêndio de mão-de-obra e de outros recursos utilizados fornecerá informações valiosas - que facilitarão alterações ao nível do desempenho e estimularão as ações apropriadas a serem tomadas, permitindo, desta forma, que os problemas de produção dos sistemas sejam expostos.

É através deste sistema efetivo de controle que se terá dados mais fidedignos para realimentar a programação, pois estes dados representam o próprio empreendimento de que se está tratando. Estas informações obtidas através do controle irão fornecer dados para futuras programações e para os estudos sobre a atividade construtiva que visem identificar parâmetros de produtividade e fatores interferentes no fluxo produtivo, com o fim último de dominar o processo de produção da indústria da construção, transformando-as em conhecimentos científicos.

### 2.3. Aspectos Teóricos das Principais Técnicas de Programação e Controle

As técnicas de programação e controle consideradas universalmente como as mais comuns e as mais amplamente usadas na indústria da construção, serão apresentadas a seguir. Estas técnicas são o gráfico de Gantt (diagrama de barras), o gráfico de barras interligadas, as redes de análise e a linha de balanço, quando tratar-se, especificamente, de obras repetitivas.



A FIGURA 2.1 apresenta o método de utilização do diagrama de barras para efetivação do controle do processo da construção. Observa-se que neste gráfico existem duas linhas de barras para cada atividade, a linha superior representando o programa desta atividade no tempo e a inferior o que realmente foi executado desta mesma atividade até a data de controle.

O diagrama de barras é o instrumento de programação de maior uso na I.C. É usado, também, como mecanismo de apoio na programação realizada através de técnicas mais sofisticadas, proporcionando uma apresentação mais simples e clara destes programas.

#### O Diagrama de Barras Interligadas:

A FIGURA 2.2 mostra a representação de um programa através do gráfico de Gantt com barras interligadas. Estas ligações - barras verticais no diagrama - representam as interdependências entre as atividades que elas vinculam, estabelecendo as precedências entre as mesmas. Isto é, a segunda atividade só poderá ser executada após o término da primeira e ao seu final, dará condições de que se inicie a terceira.

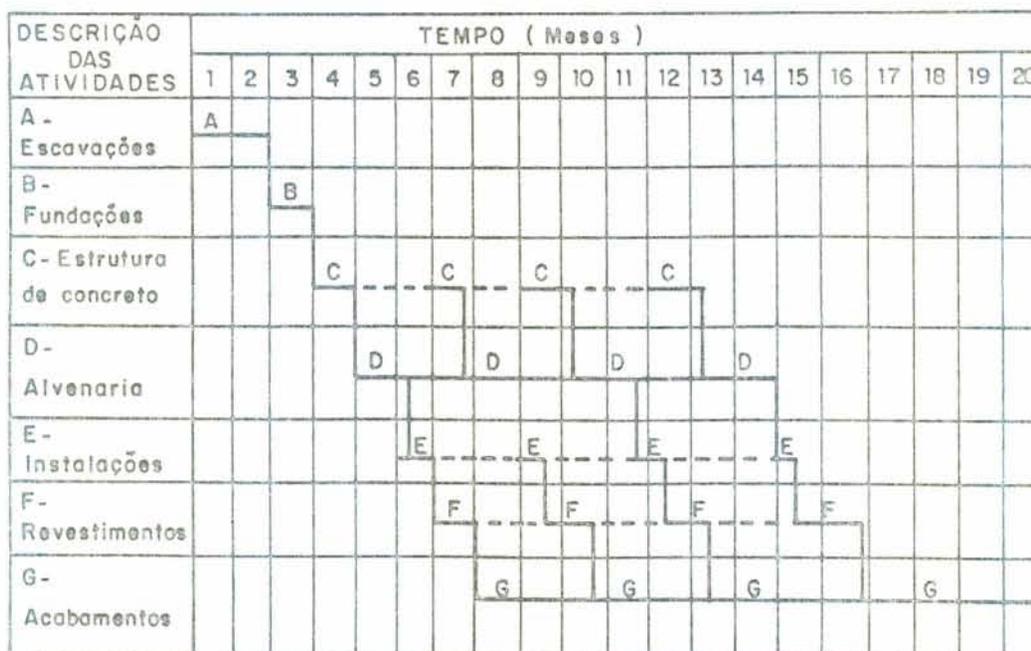


FIGURA 2.2 - Gráfico de barras interligadas.

Estas ligações que ilustram as dependências existentes entre as atividades, auxiliam no controle, pois permitem que se possa fazer uma análise de como os atrasos nas primeiras atividades interferirão nas suas sucessoras.

### 2.3.2. Redes de Planejamento

Desde o surgimento das técnicas de análises com redes e do início de seu uso na construção civil, elas têm evoluído e se diversificado em um número de técnicas que representam interações bastante complexas com a finalidade de melhor representar o processo construtivo. São muitas as técnicas de redes e diversos os seus usos. Na I.C. as técnicas do PERT (Técnica da Avaliação e Controle de Programas) e do CPM (Método do Caminho Crítico) foram usadas, obtendo-se, no entanto, resultados pouco satisfatórios (ARDITI<sup>1</sup>). As análises de aplicação destas técnicas tem provado a sua validade e seus grandes benefícios na fase inicial do planejamento da construção, quando a lógica de execução do empreendimento é estabelecida, proporcionando a coordenação entre os diversos projetos e o conhecimento das perspectivas financeiras da empresa (HEINECK, TRIMBLE<sup>3,7,65</sup>).

A técnica de redes constitui-se numa das mais sofisticadas técnicas de planejamento e programação. Apresenta as atividades organizadas em Diagramas de Flecha ou de Precedência, com determinação de folgas entre atividades e alocação de recursos a estas atividades. Possui programas computacionais bastante aperfeiçoados que proporcionam inúmeras escolhas de respostas produzidas através dos cálculos de alternativas de duração e recursos destas atividades (Figura 2.3 e 2.4) (STRADAL)<sup>6,3</sup>.



FIGURA 2.3 - Planejamento com redes - redes em flechas.

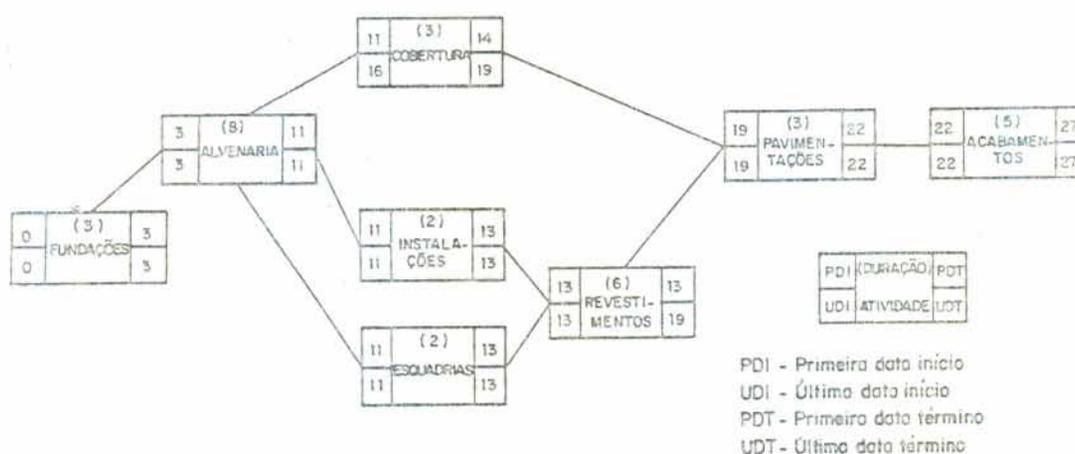


Figura 2.4 - Diagrama de precedência - rede de blocos.

As durações atribuídas às atividades das redes podem ser determinísticas ou probabilísticas. No primeiro caso, são estimativas de tempo feitas sem um tratamento científico rigoroso, baseadas em algum dado de referência que se possua. No estabelecimento de durações de caráter probabilístico estabelece-se as durações das atividades mais prováveis de ocorrerem; assim, um tratamento estatístico destes dados de durações é realizado. Quando do tratamento estatístico dos dados em geral, fica clara a natureza estocástica das durações das atividades e sua produtividade.

Os programas computacionais de análise com redes facilitam o estabelecimento do planejamento e programação da atividade construtiva. São rápidos e rigorosos em suas respostas às alternativas de solução. Apresentam vantagens, principalmente, nas situações em que o processo construtivo apresenta-se complexo e necessita de uma avaliação mais detalhada ao nível das tarefas e atividades da obra. Neste contexto tem encontrado um campo mais fértil de aplicação nas grandes obras.

### 2.3.3. Técnica da Linha de Balanço

Esta é uma técnica de programação e controle de unidades repetitivas cuja relação clássica é tempo/atividade (semelhante ao Diagrama de Barras). Baseia-se, também, no conceito que a produção máxima é encontrada quando o trabalho progride tão rapidamente quanto possível num fluxo contínuo e com a especialização dos operários em suas tarefas. Isto é, o conjunto de atividades é repetido em todas as seções de trabalho (casas, pavimentos-tipo, apartamentos, etc.) em uma seqüência pré-fixada, sendo estas atividades desempenhadas pelas mesmas equipes especializadas.

A Linha de Balanço segue o princípio da determinação de uma razão de produção ou ritmo de trabalho para as atividades que deverá ser mantida ao longo do projeto. Esta razão é expressa em termos do número de unidades executadas na unidade de tempo (ex.: 2 casas/semana) ou tempo gasto para execução em cada casa (ex.: 3 dias/casa).

Este ritmo de trabalho é imposto em função do prazo contratual de conclusão do projeto e das durações de atividades e duração total da unidade. As durações são definidas num cálculo iterativo do balanceamento de recursos necessários e disponíveis e dos ritmos de trabalho a serem impostos às atividades. No capítulo III estes temas são tratados com maior profundidade. Todas estas informações, a forma de obtê-las e representá-las são explicitadas.

Os programas da linha de balanço compreendem uma série de barras, uma para cada atividade, inclinadas em relação ao eixo horizontal em função de sua razão de produção. Esta apresentação demonstra a dependência das atividades, suas durações e as seções do projeto onde devem ocorrer as atividades em um dado momento (FIGURA 2.5).

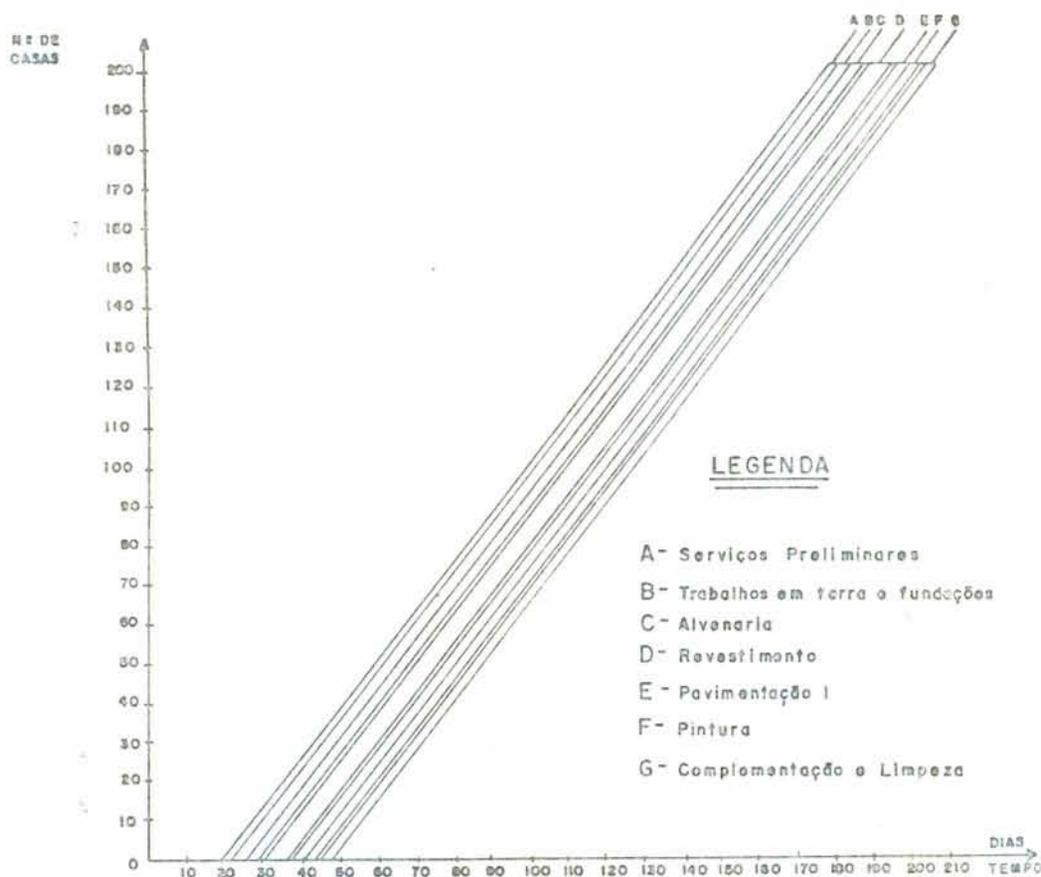


FIGURA 2.5 - Diagrama da linha de balanço.

Na aplicação da técnica da linha de balanço para planejamento e programação da obra, o administrador tem condições de organizar o seu trabalho em obra não só em termos de quando, mas também em termos de onde e como.

A partir do diagrama da linha de balanço tem-se condições de estabelecer os períodos em que as atividades devem ocorrer nas diversas unidades, definindo-se, assim, o parâmetro "quando".

Com a análise dos fatores do local de obra, dos objetivos que se queira atingir e de outros fatores que possam interferir no desenvolvimento da obra, define-se, através de um estudo preliminar, o parâmetro "onde", representando no gráfico da L.B. qual deverá ser a seqüência de construção das unidades.

O parâmetro "como" refere-se à determinação dos recursos a serem utilizados na execução dos serviços e à defini-

ção da movimentação destes recursos através das seções de trabalho do canteiro de obras. Esta proposição da utilização dos recursos dar-se-á através da análise das atividades em função do ritmo de trabalho a ser imposto às mesmas, dos meios necessários à manutenção deste ritmo e dos índices de produtividade esperados na execução das atividades.

Estas características dos programas L.B. tornam-nos instrumentos para programação da construção repetitiva e meios de avaliação do progresso da construção.

### 3. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

#### 3.1. Apresentação dos Aspectos Gerais da Técnica

A Linha de Balanço, aqui também denominada L.B., é uma técnica de programação e controle de produção em grande escala. Foi originalmente desenvolvida para o planejamento, programação e controle do ciclo produtivo das indústrias manufatureiras, através da determinação dos recursos necessários (homens e máquinas) e da velocidade de produção para cada estágio da manufatura, com o objetivo de atingir-se uma determinada razão de produção (taxa produtiva) (STRADAL e CACHA<sup>63</sup>).

A construção repetitiva tem muito em comum com a produção fabril, apesar de algumas diferenças significativas poderem ser ressaltadas. A principal diferença que se pode aqui apresentar é a da mobilidade dos produtos, isto é, em uma fábrica, estes movem-se através de uma linha ou esteira de produção e os operários participantes do processo produtivo são estacionários. Na construção, o produto é fixo e as equipes de produção é que se movem ao longo da linha de produção formada por estes produtos (casas, seções de uma estrada, etc.) que representam, neste caso, os estágios de produção (Fig.3.1).

Para que a Linha de Balanço seja efetiva no planejamento da produção, as seguintes características devem estar presentes:

- maior parte do trabalho que permita a fragmentação em atividades repetitivas;
- tamanho do empreendimento que permita o desenvolvimento do fluxo produtivo satisfatório;
- pré-planejamento do trabalho já executado ou viabilidade de sua execução imediata;

- condições de um controle periódico da produção serem favoráveis;

- possibilidades de alteração do projeto, que facilite o processo produtivo (e que possa ser considerada).

Estas características são necessárias em função do balanceamento da Linha de Produção, uma das considerações feitas na técnica. A meta é equilibrar os volumes de trabalho para que a sua razão de produção tenda a ser a mesma.

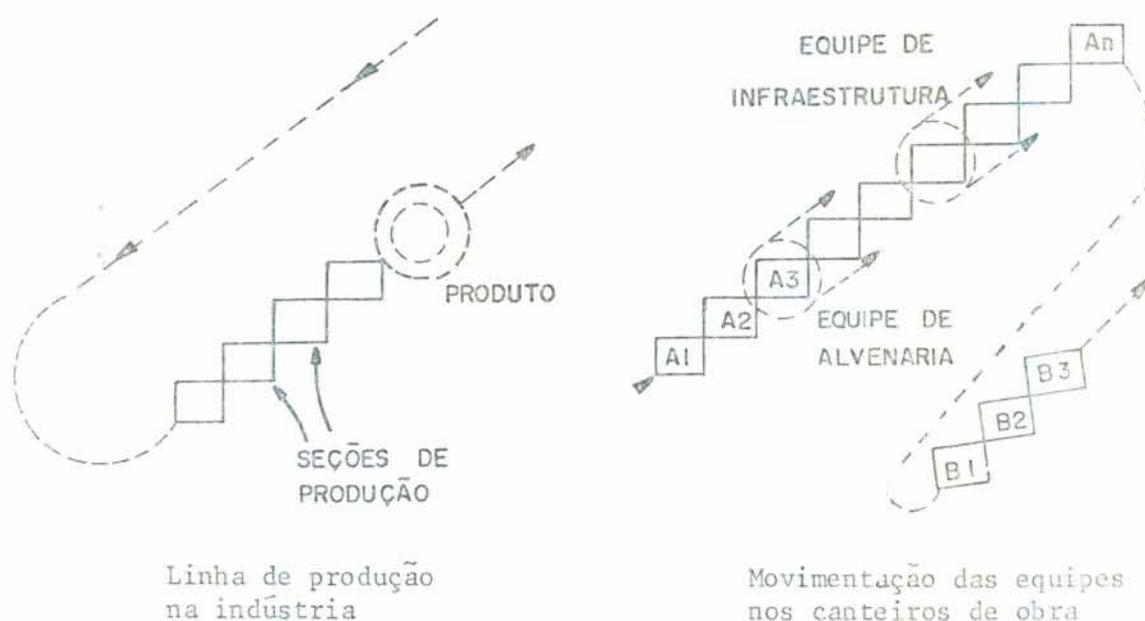


FIGURA 3.1 - Analogia da L.B. à Linha de Produção.

Outra analogia que pode ser feita à L.B. é a sua representação semelhante à do Gráfico de Barras tradicional. A diferença existente entre estes dois gráficos reside na inclinação das barras representativas das atividades, função da razão de produção programada para as mesmas.

Os programas da L.B. também diferem dos Gráficos de Barras por apresentarem a seqüência das atividades principais e sua ordem de precedência, também, por possibilitarem a análise do risco de colisão entre os diversos fluxos produtivos (vide FIGURA 3.2).

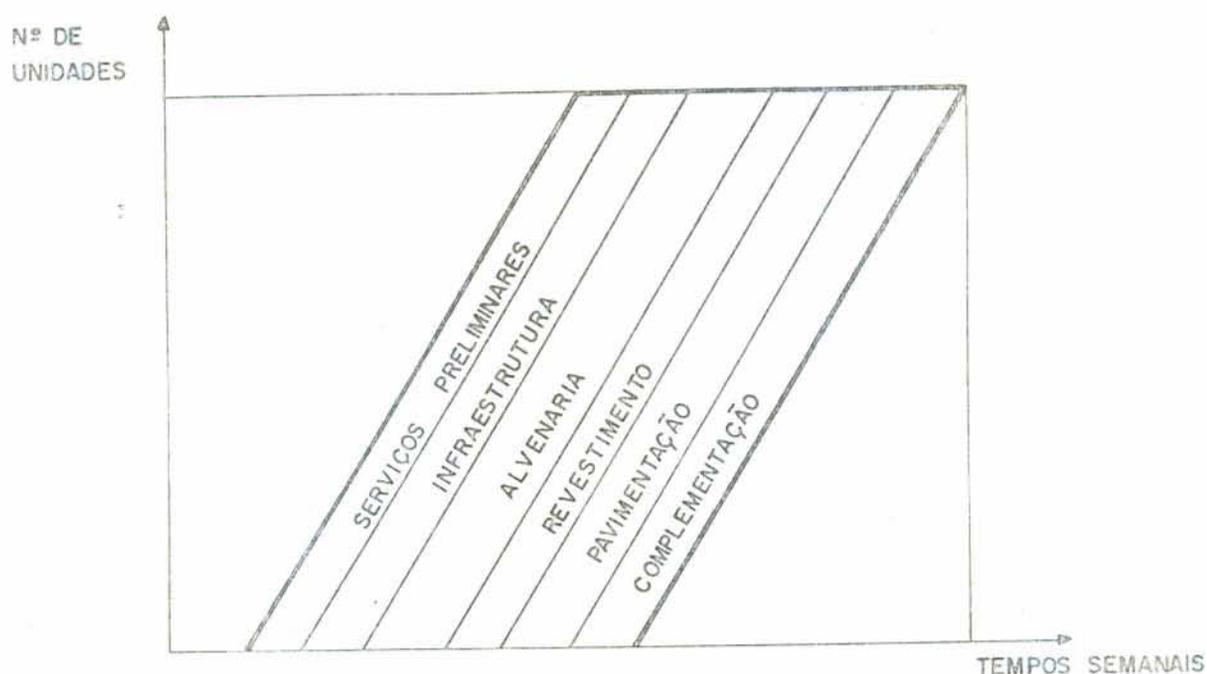


FIGURA 3.2 - Analogia da L.B. ao cronograma de barras  
- Gráfico de Barras Inclinadas -

### 3.1.1. Aspectos Teóricos do Fluxo de Produção

Para o entendimento das bases do problema do fluxo produtivo, tem-se lançado mão de vários modelos matemáticos. Neste aspecto, o Modelo da Teoria das Filas tem sido de grande auxílio. Esta teoria é aplicável a uma grande quantidade de situações, algumas sendo filas óbvias, como por exemplo, filas de ônibus, filas no caixa de supermercados, filas nos guichês de um banco, etc.

Este modelo teórico das filas também aplica-se à Linha de Montagem de uma fábrica e à Construção. Na primeira, os fregueses são os produtos que esperam para serem trabalhados pelo operário, que faz o papel de servidor. Um conjunto de filas estabelece-se, pois os produtos aguardam para serem servidos por uma série de operários.

A analogia feita por NUTTALL<sup>52</sup> (1961) para a construção de casas inglesas, pode ser feita, também, à construção de casas no Brasil. Por exemplo, após a complementação da infraestrutura, todas as casas aguardam as equipes de al-

venaria para que executem seu trabalho. Quando está erguido o esqueleto da casa, esta passa das mãos dos pedreiros para os carpinteiros que executam a estrutura do telhado e após a telhadura. Então, as diversas equipes dos distintos instaladores (elétricos, hidráulicos, etc.) realizam seu trabalho, e assim por diante. A casa é fragmentada de uma equipe à outra e espera, após o término de cada atividade ou operação, pelo início dos trabalhos da próxima equipe.



FIGURA 3.3 - Fila simples.

Há situações mais complexas em que se tem mais de uma equipe de profissionais trabalhando simultaneamente em um local (FIGURA 3.4), ou o mesmo profissional atuando em dois momentos diferentes em um mesmo local (FIGURA 3.5). Um exemplo destes casos é apresentado na FIGURA 3.5 que modela a atuação da equipe de alvenaria na construção de um prédio de dois pavimentos. Estes profissionais executam seu trabalho no primeiro pavimento, esperam pela execução das formas de lajes e vigas e pela sua concretagem e voltam a atuar na alvenaria do segundo pavimento. Aqui ocorre a formação de séries de fluxos parcialmente cíclicos, o que torna muito complexa a aplicação da Teoria das Filas.

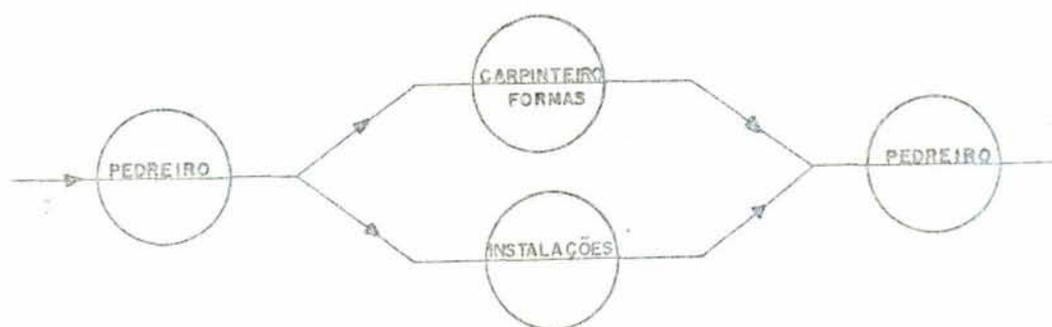


FIGURA 3.4 - Fila simples com atividades simultâneas.

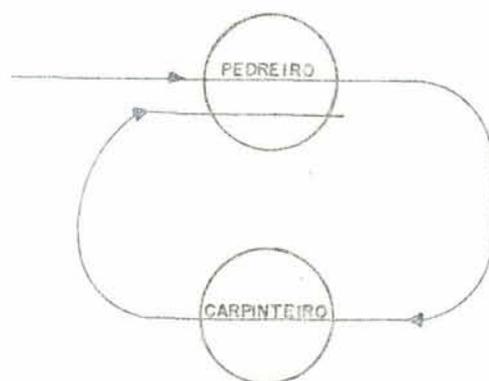


FIGURA 3.5 - Fila cíclica 1.

### 3.1.2. O Modelo Simulado da Construção

Um planejamento e programação da produção efetivos e o seu respectivo controle só são possíveis com um entendimento dos mecanismos que regulam o fluxo produtivo. Assim, embora inapta para a complexidade real de certos processos, a Teoria das Filas constitui-se num valioso instrumento para sua modelagem. No entanto, se desejar-se uma avaliação quantitativa dos fatores influentes no fluxo produtivo e de seus efeitos dever-se-á lançar mão de técnicas mais abrangentes como a da Simulação.

A Técnica da Simulação é de maior uso no estudo do planejamento da produção, pois proporciona que se tenha uma idéia de como qualquer plano de produção em particular é semelhante ao trabalho real de construção (NUTTALL<sup>52</sup>, 1961).

O modelo fornecido pela Técnica da Simulação se adapta muito bem às sobreposições de processos, isto é, adapta-se às operações que formam uma série de filas cíclicas.

Um exemplo de modelo com filas cíclicas é o da construção de casas de dois pavimentos, onde a alvenaria desenvolve-se até o nível da primeira laje, quando, então, necessita-se o trabalho do carpinteiro para execução das formas de vigas e lajes deste pavimento.

Após a concretagem desta estrutura, é iniciada a alvenaria do segundo pavimento, executada até o nível dos beirais, onde novamente a equipe de carpintaria é requisitada para os trabalhos do telhado e alguns arremates. Os trabalhos de colocação de ladrilhos e azulejos podem, então, serem iniciados, sendo necessária a presença da equipe de ladrilhistas. Por fim, são realizados os arremates finais pelos carpinteiros. A FIGURA 3.6 ilustra perfeitamente a precedência existente entre estas atividades e identifica a característica cíclica do fluxo produtivo.

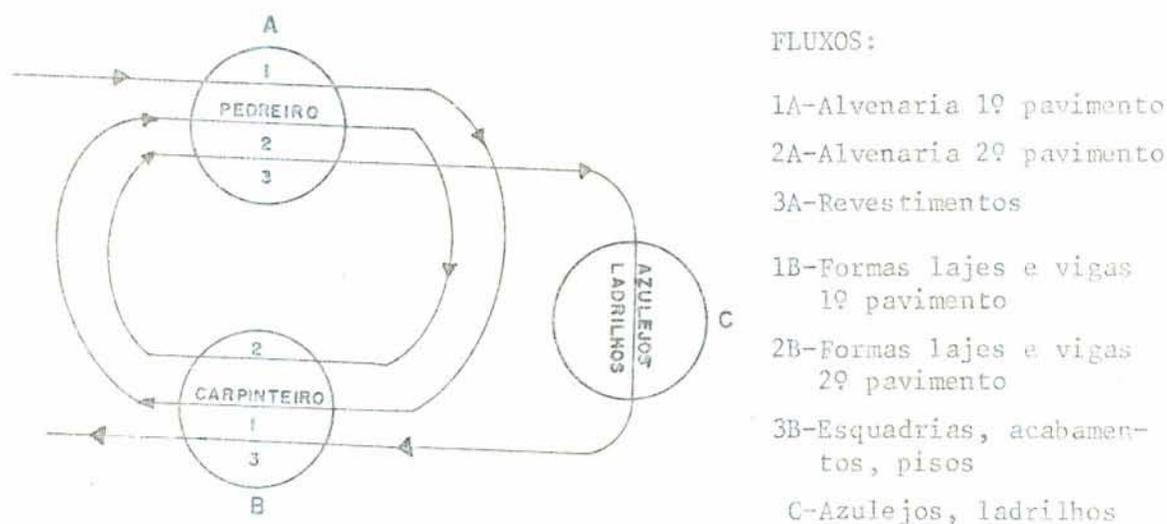


FIGURA 3.6 - Fila cíclica 2.

Também, em relação à variabilidade dos tempos de execução das atividades, a Teoria da Simulação alcança bons resultados. Usa distribuições de dados de tempo de amostras

coletadas e de sorteio de números randômicos para estimar os tempos a serem usados na programação da construção.

Estes dois modelos matemáticos - Teoria das Filas e Simulação - são instrumentos valiosos para a análise qualitativa e quantitativa do fluxo produtivo das construções, principalmente as de caráter repetitivo. Constituem-se em meios de auxílio importante para a aplicação da Técnica da Linha de Balanço que trabalha essencialmente com estes fluxos de produção.

### 3.2. Propriedades da Técnica da Linha de Balanço

Na atual complexidade da tecnologia, muitos produtos (projetos, serviços, etc.) envolvem várias atividades ou simplesmente várias tarefas, muitas das quais são subcontratadas. Isto faz com que a cronologia e a coordenação sejam extremamente importantes. Obviamente, algumas destas atividades, num processo de produção, são especialmente vitais ou porque são atividades que caracterizam situações de estrangulamento do fluxo de trabalho, como aquelas do caminho crítico, ou porque elas são relativamente grandes em magnitude.

Um programa de construção, pela sua importância na administração de uma empresa, ao nível mais geral, e no sucesso do empreendimento, a um nível particular, deve ser capaz de:

- 1) tratar tanto das atividades repetitivas do projeto, quanto das não repetitivas;
- 2) ser aplicável a diversas tipologias de projetos;
- 3) dar enfoque aos recursos diretos que o empreendimento envolve e aos custos de obtenção destes recursos;
- 4) dar enfoque aos custos indiretos associados às atividades construtivas;
- 5) considerar os efeitos do aprendizado e de tempos improdutivos nos prazos de execução.

A Técnica da Linha de Balanço está apta a programar tanto o emprego de mão-de-obra, quanto equipamentos e materiais. Ajusta-se a diferentes tipos de projetos e facilita a consideração e análise de influências de custos indiretos, efeitos de aprendizado e outros; por isso pode-se lograr êxito ao utilizá-la na programação de empreendimentos. Além disso adota o princípio básico para a efetividade de programas de construção que é a consideração do arranjo sequencial das atividades do projeto, ou seja, a rede lógica que ordena a execução das mesmas.

Evidências de casos estudados pela NBA - National Building Agency, em algumas construções desenvolvidas em cidades inglesas, indicaram um acréscimo substancial na produtividade em função do uso da técnica da L.B. para programação e controle das obras. Esta proporcionou o arranjo da mão-de-obra em equipes equilibradas e garantiu a execução das atividades críticas dentro dos prazos estabelecidos (LUMSDEN<sup>44</sup>).

A padronização dos projetos, principalmente nos conjuntos residenciais, permite que a construção siga de uma forma repetitiva, possibilitando que eficiências de tempo e custo sejam alcançadas. Essa eficiência pode ser obtida através do balanceamento das equipes de trabalho entre si e destas com os demais recursos (ASHLEY<sup>2</sup>).

Com um planejamento equilibrado da mão-de-obra e dos outros recursos, como possibilita a L.B., o gerente de obras pode alcançar uma continuidade na execução de todas as atividades das unidades repetitivas, maximizando a produtividade de mão-de-obra e equipamentos. O êxito deste planejamento depende de uma combinação de intuição, fruto da experiência de quem planeja, e da análise precisa da relevância dos fatores em questão, que se aliam a técnicas quantitativas.

A idéia da otimização dos processos de construção admite que um aumento substancial de produtividade pode ser alcançado quando as equipes trabalham contínua e permanentemente nos projetos organizados em seções que representam um arranjo de processos construtivos que um projeto engloba.

Assim, cada tarefa ou atividade define um fluxo produtivo e a construção como um todo é vista como um grande conjunto destes fluxos.

A técnica da L.B. pode ser dita como a técnica das Linhas de Fluxo. Nela está inserida a noção de fluxos produtivos associada à idéia dos ritmos de produção dos mesmos. A construção é mostrada como um fluxo rítmico de linhas de produção e a continuidade do trabalho é garantida, pois em sua concepção cada equipe tem um fluxo ininterrupto de trabalho com uma velocidade de trabalho constante de seção à seção do projeto.

A caracterização dos ritmos produtivos para cada atividade ou tarefa é levada à construção como um todo, estabelecendo-se uma razão de entrega (ou ritmo de produção), isto é, em um projeto repetitivo, quantas unidades devem ser finalizadas a cada período (ex.: 1 casa/dia, 1 pavimento/semana, 1 quadra/mês, etc.).

No segmento do trabalho, poder-se-á verificar as potencialidades da técnica da L.B. como orientadora da aquisição de materiais e componentes de construção, da utilização de equipamentos e da alocação de mão-de-obra para a realização dos trabalhos. A partir dos diagramas L.B. uma variedade de conclusões e novos diagramas podem ser originados, como:

- diagrama do modelo de movimentação das equipes de trabalho no canteiro;
- curva de alocação de mão-de-obra e o número de equipes distintas necessárias para manter a razão produtiva desejada;
- diagrama de alocação e utilização dos equipamentos em obra;
- diagrama de aquisição e utilização de materiais em obra, baseado no orçamento e cronologia das atividades, nos fluxos de caixa da empresa, etc.;

Durante a construção, a L.B. é capaz de detectar as atividades em atraso em relação ao programa e estabelecer o efeito provável nas operações subsequentes do processo. Também proporciona um meio de prever-se os efeitos de medidas corretivas para atingir-se o objetivo original do programa. Como instrumento de análise a Técnica da L.B. proporciona que se estabeleça com muita rapidez, e para qualquer projeto, o estado atual do mesmo, constituindo-se num útil veículo de informações sobre o andamento da obra.

A efetividade do controle provido pela técnica em uma situação repetitiva possibilita tanto ao administrador, quanto ao operário, um padrão preciso de medida dos seus desempenhos. Não há dúvidas de que a chave para o êxito de uma atividade, onde o benefício total do trabalho repetitivo pode ser encontrado, está na habilitação do administrador em abastecer os operários com os materiais na velocidade em que são consumidos na construção, e em saber estimular o operário a manter o ritmo de trabalho desejado.

### 3.3. Representação de um Programa através da L.B.

Os objetivos da programação imposta pela Linha de Balanço são:

- encontrar o ritmo de entrega programado para as unidades;
- manter um ritmo de trabalho repetitivo constante;
- manter a movimentação da mão-de-obra e equipamentos de forma contínua através das seções do projeto, a fim de que uma força produtora equilibrada seja mantida e empregada plenamente;
- tirar benefícios do trabalho repetitivo.

Para alcançar estes objetivos, a técnica da L.B. utiliza-se da eleição de uma unidade de repetição, do seqüenciamento lógico das atividades nesta unidade e da determinação de um ritmo de entrega ou ritmo de trabalho nestas unidades.

São vários os estágios de preparação e os instrumentos utilizados na definição de um programa de trabalho através da L.B. Eles serão apresentados a seguir, dando-se a ênfase necessária a cada um deles.

### 3.3.1. Estágios e Instrumentos de Aplicação da Técnica da L.B.

A metodologia empregada para a formulação de um programa da L.B. compreende quatro (4) estágios:

- fragmentação do projeto em atividades;
- alocação de equipes para realização destas atividades;
- determinação de um ritmo de entrega das unidades ou velocidade de trabalho;
- adequação das durações das atividades particulares a este ritmo.

A partir destes quatro estágios surgem os instrumentos básicos de aplicação da técnica, que levam à expressão final - o diagrama da L.B.

#### 3.3.1.1. Estágios de Aplicação da L.B.

Neste item, os quatro estágios de aplicação da técnica da L.B. são descritos com maiores detalhes.

1º ESTÁGIO - O projeto é dividido em suas atividades ou operações componentes. Por exemplo, a construção de uma casa pode ser dividida em uma série de atividades: fundações, alvenaria, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas, colocação de esquadrias, revestimentos, pavimentação, pintura e outras.

Desta fragmentação do projeto em atividades resulta a rede unitária básica.

Antes da subdivisão do projeto em atividades e/ou operações, um estudo criterioso do mesmo e uma definição do processo construtivo a ser utilizado devem ser realizados (FIGURA 3.7).

2º ESTÁGIO - Estas operações ou atividades são, então, designadas a equipes de trabalho responsáveis, exclusivamente, pela sua execução; ou seja, equipes de pedreiros, carpinteiros, instaladores elétricos e hidráulicos, pintores e outros.

A constituição das equipes dá-se em função do volume de trabalho que encerram as atividades e segundo a forma usual em que se agrupam os profissionais na formação de equipes de trabalho (FIGURA 3.8).

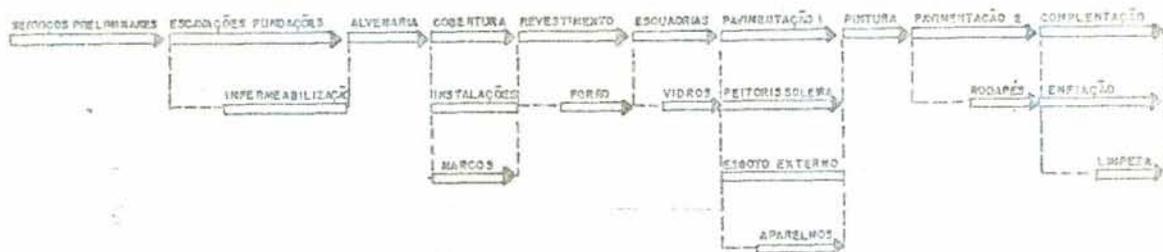


FIGURA 3.7 - Fragmentação do projeto em atividades - Rede Lógica Unitária.

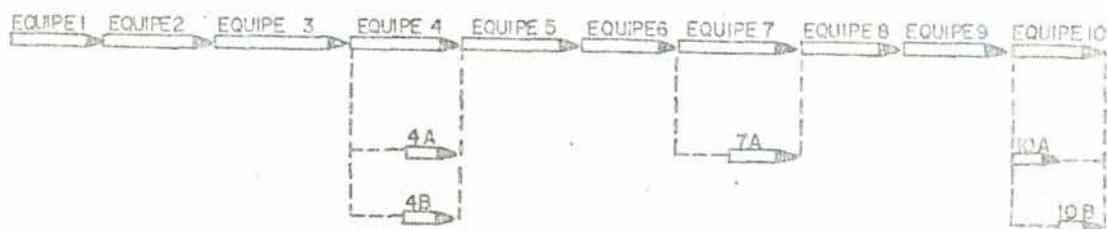


FIGURA 3.8 - Alocação de equipes.

3º ESTÁGIO - Os ritmos de produção ou velocidades de trabalho são estabelecidos através de parâmetros como: número de seções de trabalho do empreendimento, duração do trabalho em cada seção, prazo de término do empreendimento e condições empresariais e de mercado para contratação de operários. Isto é, para a determinação do ritmo de produção alguns passos devem ser seguidos:

a) divisão do empreendimento ou projeto global em seções de trabalho, ou seja, casas, pavimentos, apartamentos, etc., estabelecendo-se, assim, a unidade de repetição a ser adotada;

b) determinação das durações das atividades de cada equipe de trabalho em cada seção, isto é, delimitação do tempo necessário para que cada equipe especializada complete seu trabalho na unidade de repetição.

A duração de cada atividade na unidade produtiva (casa, apartamento, pavimento) é função de três variáveis:

- os ritmos naturais destes profissionais ao executarem estas atividades, ou seja, a produtividade alcançada por operários diretamente envolvidos nestes trabalhos, expressa em HHs/m<sup>2</sup>, HHs/m, etc., e

- as noções empresariais de dimensionamento de equipes, ou seja, a experiência em alocar os recursos, suficientes e necessários em relação ao conteúdo de trabalho e prazos a serem cumpridos;

- os ciclos produtivos determinados pela tecnologia construtiva utilizada.

c) a definição de um prazo de término do empreendimento ou entrega das unidades totalmente concluídas (FIGURA 3.9).

Dois situações podem ocorrer na determinação da razão de produção do empreendimento:

1) um ritmo unitário de produção mais lento, resultando em um ritmo de entrega das unidades mais acentuado, com unidades concluídas sendo entregues em maior número por unidade de tempo. Nesta situação, os trabalhos em cada seção são mais prolongados, a entrega de unidades começa após decorrido um longo período e as equipes de trabalho são menores.

Assim, a manutenção do ritmo de trabalho programado dá-se através da alocação de uma quantidade maior de equipes por atividade (FIGURA 3.10);

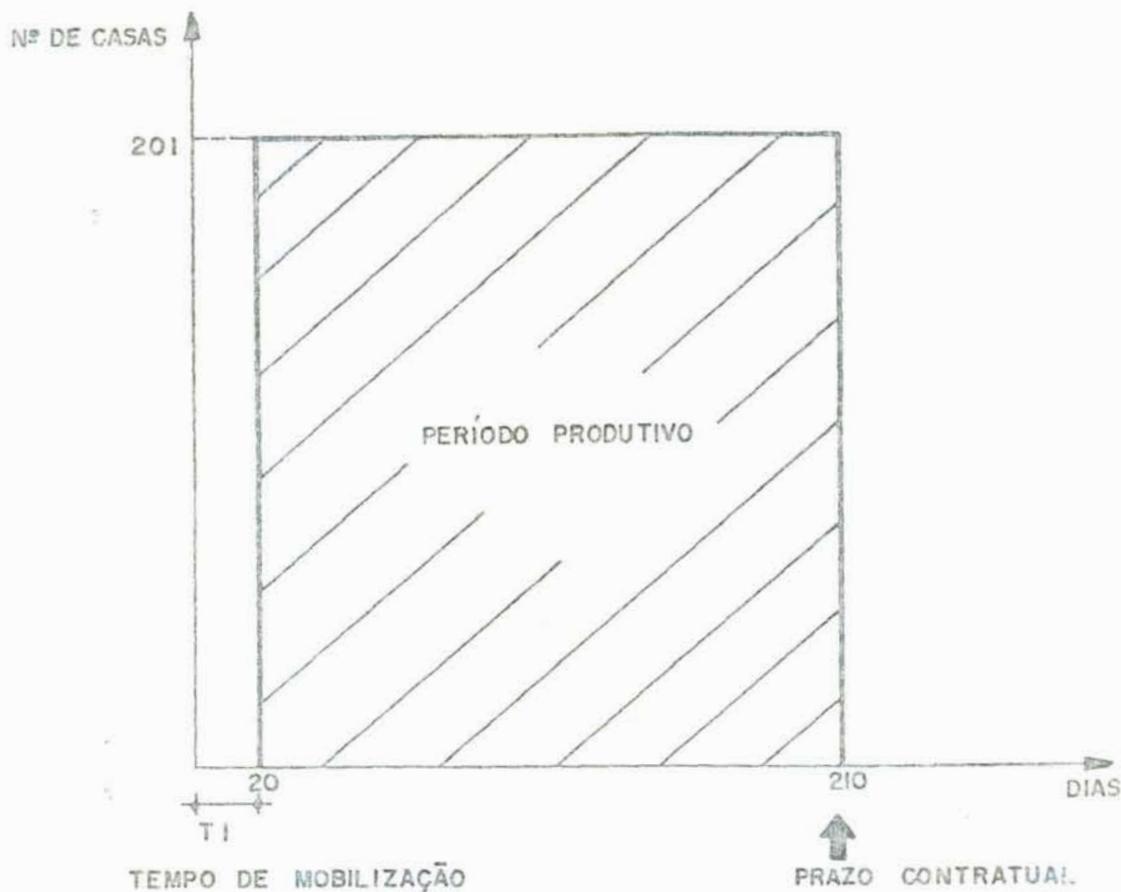


FIGURA 3.9 - Influência dos parâmetros externos na definição do ritmo de trabalho.

2) um ritmo unitário de produção mais rápido, resultando em um ritmo de entrega das unidades menos acentuado, com unidades concluídas sendo entregues em menor número por unidade de tempo. Neste caso, a entrega das unidades começa mais cedo, pois o período de produção das unidades é mais curto, devido ao maior número de profissionais por equipe.

A manutenção do ritmo de trabalho programado dá-se através da adoção de um menor número de equipes por atividade (FIGURA 3.11).

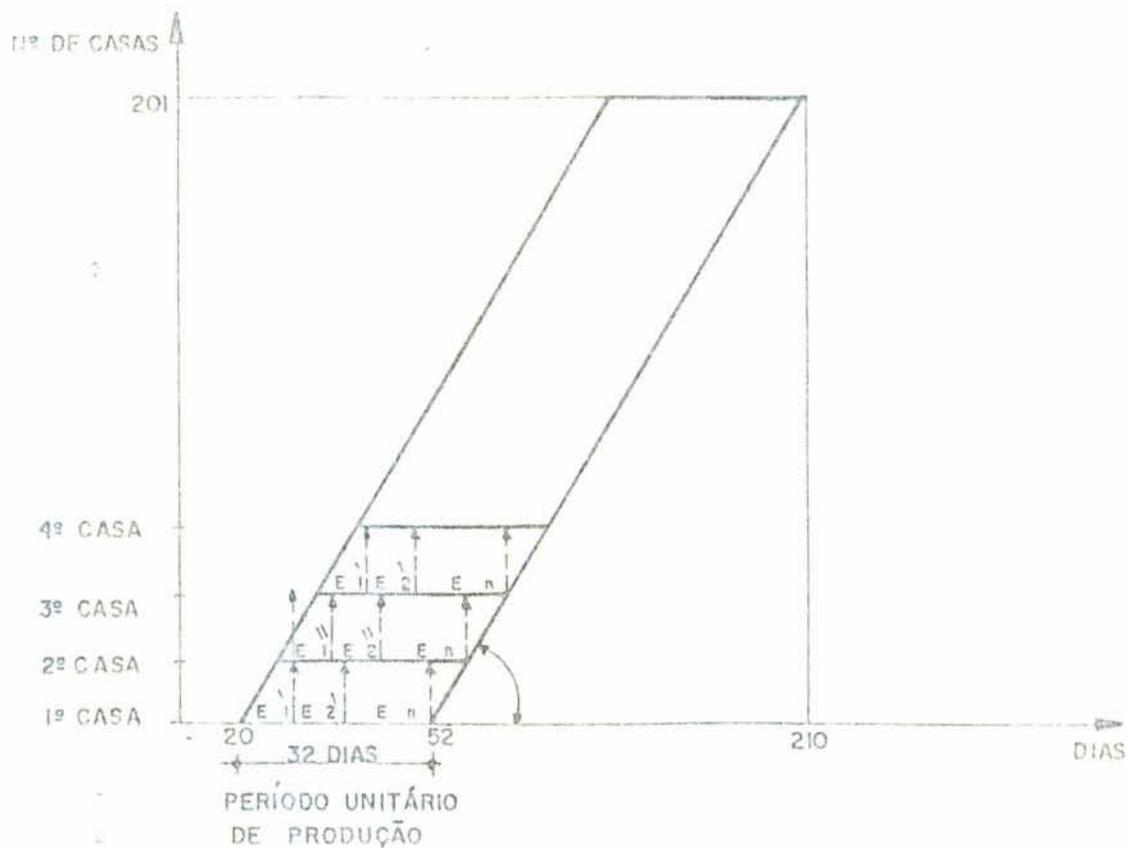


FIGURA 3.10 - Ritmo acelerado de entrega. A equipe E1 só estará disponível para o trabalho na 3ª unidade.

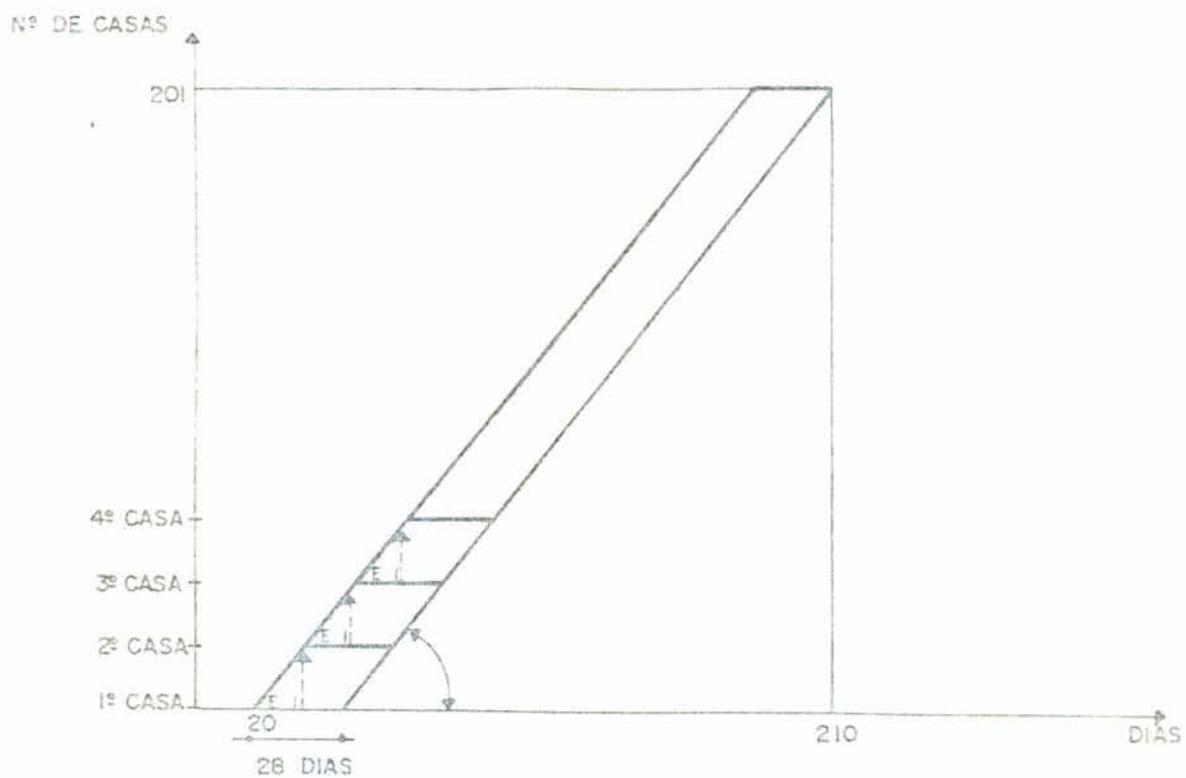


FIGURA 3.11 - Ritmo lento de entrega. A equipe E1 está disponível para trabalhar já na 2ª unidade.

4º ESTÁGIO - Na elaboração da rede unitária, as precedências técnicas entre atividades determinam que algumas delas desenvolvam-se paralelamente, ou seja, tenham realização simultânea. Dentre estas atividades paralelas, aquelas de duração mais prolongada tornam-se o principal ciclo de tempo ou o módulo cíclico. Este módulo é importante na construção repetitiva, pois estas atividades mais longas transformam-se em críticas e são o único processo contínuo do empreendimento ou projeto, por não admitirem folgas.

Para eliminar as folgas do processo, todas as outras atividades paralelas devem ter seus tempos ou durações adequadas à duração das críticas. Desta forma tenta-se eliminar a descontinuidade do processo (FIGURA 3.12).

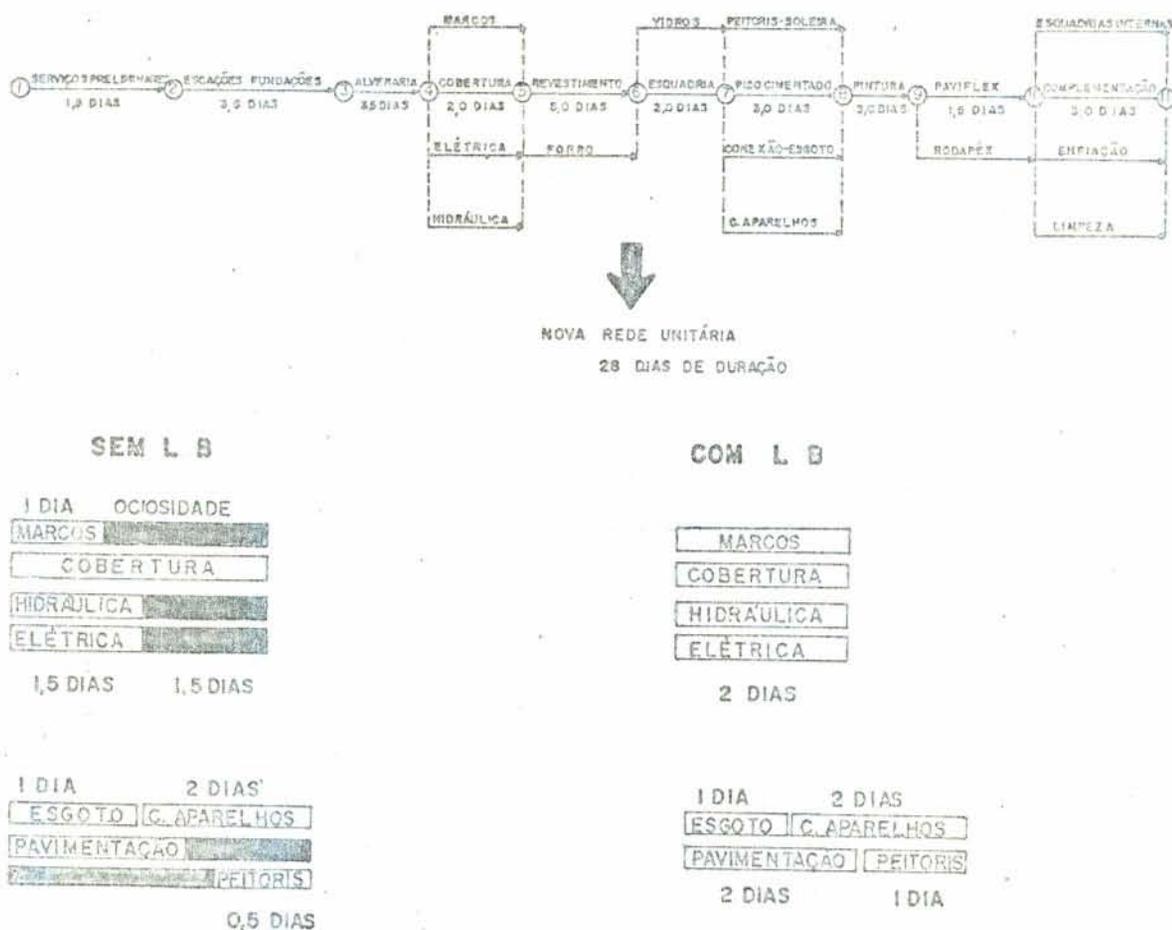


FIGURA 3.12 - Adequação das atividades paralelas.

A ampliação da duração das atividades paralelas dá-se pela redução do tamanho das equipes, aproximando-se, assim, o seu ciclo repetitivo de um fluxo contínuo.

A partir do cumprimento dos quatro estágios iniciais de aplicação da técnica da L.B., resultam dois dos instrumentos básicos relacionados à programação com L.B.: o programa de entrega das unidades (ou planilha objetivo) e a rede CPM unitária. A elaboração do programa L.B. será realizada em função dos dados fornecidos por estes dois instrumentos (FIGURA 3.13(a) e 3.13(b)).

O terceiro instrumento básico para aplicação da técnica da L.B. é o diagrama de progresso (ou planilha de progresso) que representa o trabalho realizado em obra até determinado instante considerado. É a L.B. com a função específica de controlar a execução do programa.

A passagem por estes estágios de aplicação, a geração dos instrumentos básicos e a formulação dos programas L.B., fecham o ciclo desta técnica como mecanismo de programação e controle da construção repetitiva.

### 3.3.1.2. Instrumentos Básicos para Aplicação da Técnica da L.B.

Como foi dito na seção anterior, os instrumentos básicos relacionados intimamente à aplicação dos conceitos da Técnica da Linha de Balanço são três: a planilha objetivo, a rede CPM unitária e a planilha de progresso. As definições e particularidades de cada instrumento serão apresentadas a seguir.

PLANILHA OBJETIVO - ou programa de entrega, nada mais é do que um cronograma de entregas das unidades concluídas. Representa a razão em que as unidades devem ser finalizadas, ou seja, "n" unidades por um período de tempo. A razão de entrega é representada diagramaticamente na planilha objetivo, onde o eixo vertical é marcado com o número de unidades a serem concluídas e o eixo horizontal é marcado em períodos

de tempo (FIGURA 3.13(a)).

REDE CPM UNITÁRIA - diagrama lógico que mostra a seqüência de execução das atividades a serem finalizadas antes da conclusão da unidade. Trata-se de uma rede lógica simplificada que expressa um plano de construção, representando as atividades consecutivas do projeto unitário e o tempo estimado para sua execução (FIGURA 3.13(b)).

PLANILHA DE PROGRESSO - ou de controle, trata-se de um diagrama que indica o andamento de cada atividade em cada unidade construtiva, a qualquer momento. A planilha indica o que devia ter sido realizado em cada atividade e em cada unidade construtiva - o programado pela Linha de Balanço - e o progresso real das atividades. Seu eixo horizontal é marcado com o tempo e o eixo vertical representa o número acumulado de unidades a serem concluídas ou as seções e lotes do empreendimento que devem ser executadas até a data de avaliação.

A FIGURA 3.13(c) é a planilha de progresso para a décima oitava semana de execução de um projeto. No eixo horizontal desta planilha estão marcadas as atividades constituintes da rede unitária. O eixo vertical coincide com o eixo da planilha objetivo e tem marcadas as unidades do projeto. A linha fina superior desta figura representa o estágio programado para cada atividade na data de controle e as barras verticais o estágio real destas atividades nesta data.

Outro exemplo de planilha de progresso é o apresentado na FIGURA 3.50 da página 139. Neste tipo de gráfico as atividades são representadas pelas linhas inclinadas em relação a um par de eixos, onde são identificados o tempo e o local de trabalhos.

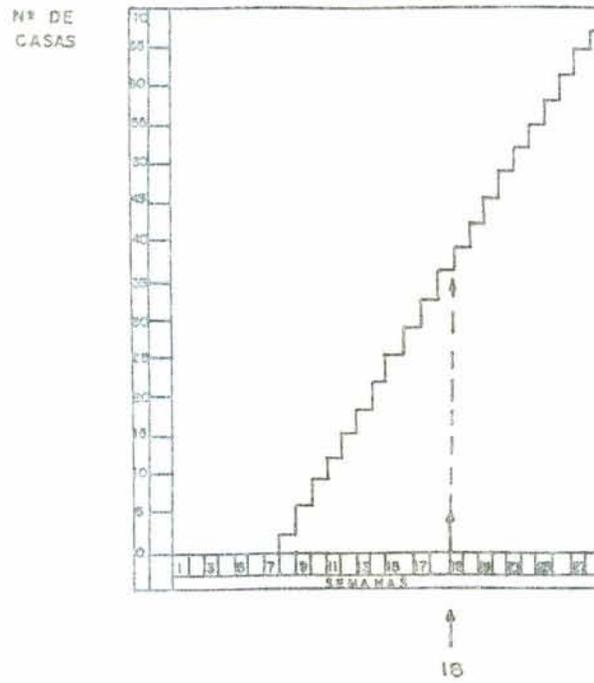


FIGURA 3.13(a) - Planilha objetivo.  
Razão de entrega -  
3 unidades/semana.

DIAS DE TRABALHO ANTES DO TÉRMINO DA UNIDADE (SEMANA DE 8 DIAS)



FIGURA 3.13(b) - Rede unitária.

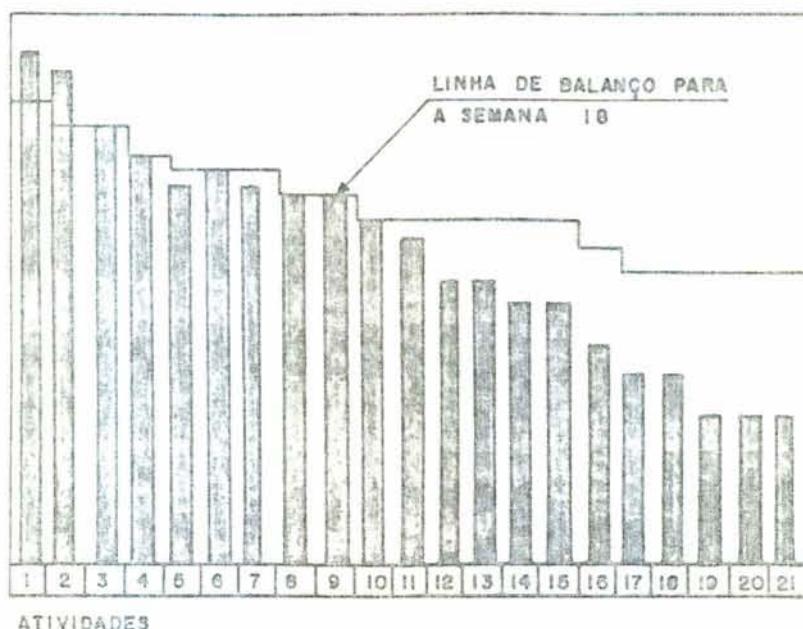


FIGURA 3.13(c) - Planilha de progresso.

#### 3.4. Metodologia para o Traçado da Linha de Balanço como Meio de Programação

A metodologia a ser adotada na programação de um empreendimento através da L.B. está diretamente ligada ao tipo de programa que se deseja obter. Os dois principais métodos de programação da L.B. são:

- O Método de Programação Paralela
- O Método de Programação de Recursos

Na programação paralela, a razão de produção, definida pelo ritmo de entrega adotado, é imposta a todas as atividades, exceto aquelas cujo ritmo máximo de trabalho é menor que a razão de produção. A FIGURA 3.20 mostra um programa de construção de 200 casas definido pelo método de programação paralela.

Na programação de recursos cada atividade é programada com sua razão de produção natural, a qual está próxima da razão de construção desejada. A FIGURA 3.32 mostra o programa de construção das 200 casas quando o método adotado é o da programação de recursos.

Uma comparação entre estes dois métodos de programação é estabelecida nas próximas seções do trabalho, após a apresentação detalhada de cada um deles.

### 3.4.1. Seqüência Lógica das Atividades na Unidade de Repetição

Como ficou exposto anteriormente, as redes lógicas constituem-se em um dos instrumentos de que a técnica da L.B. se utiliza. Sua função específica é a de programar a seqüência de atividades em cada unidade do conjunto de unidades do projeto.

As informações básicas que uma rede pode fornecer são:

a) a lógica estabelecida no seqüenciamento das atividades;

b) o número e categoria dos operários necessários a cada atividade, através de:

- conteúdo de homens-hora das atividades
- tipo de operários que executam-nas
- tamanho das equipes
- limitações estabelecidas para o tamanho da turma.

No caso de atividades subcontratadas, a duração da atividade e quaisquer limitações na razão de produção devem ser estabelecidas;

c) necessidade de folgas na programação. Estas folgas são incluídas para evitar qualquer interferência entre as turmas em função de desvios na programação.

As redes unitárias, quando concebidas para auxiliar o traçado do diagrama L.B., são consideradas como uma série linear de estágios. Nestes casos, a montagem da rede unitária exige certos cuidados:

a) um número máximo de atividades ser programado em paralelo e mínimo em série dentro de um mesmo estágio;

b) cada estágio deve conter, tanto quanto possível, o trabalho de um profissional oficial;

c) onde as atividades participantes de um estágio interagem, deve-se, onde possível, programar a execução do trabalho por equipes mistas ou por homens treinados em várias especialidades, ou seja, transformar as atividades do estágio em uma só;

d) quando uma mesma equipe, em um estágio, executar diversas atividades em cada unidade de repetição e cada atividade necessitar uma visita preparatória, este "looping" deve ser planejado.

Considere-se um projeto de construção de 200 casas. A FIGURA 3.14 a seguir, mostra a rede lógica unitária da sequência de atividades na construção de uma das casas, aqui considerada a unidade de repetição do projeto.

Esta rede foi traçada conforme a maneira usual e racional de execução das atividades em obra. Suas durações ou prazos de realização são estimativas baseadas em dados de ritmos de trabalho dos operários e nos recursos necessários e disponíveis para sua execução.

Como a técnica da L.B. é gerada, também, a partir de um programa de entregas, quando analisar-se a rede com o objetivo de dar suporte à construção do diagrama L.B., devemos nos deter no evento final.

Para facilitar o estabelecimento dos prazos das outras atividades em função do evento final, processo similar ao do cálculo de tardes dos eventos na técnica de redes deve ser usado. Neste cálculo, ao evento final é atribuído o instante zero e os demais prazos são obtidos a partir daí (FIGURA 3.15).

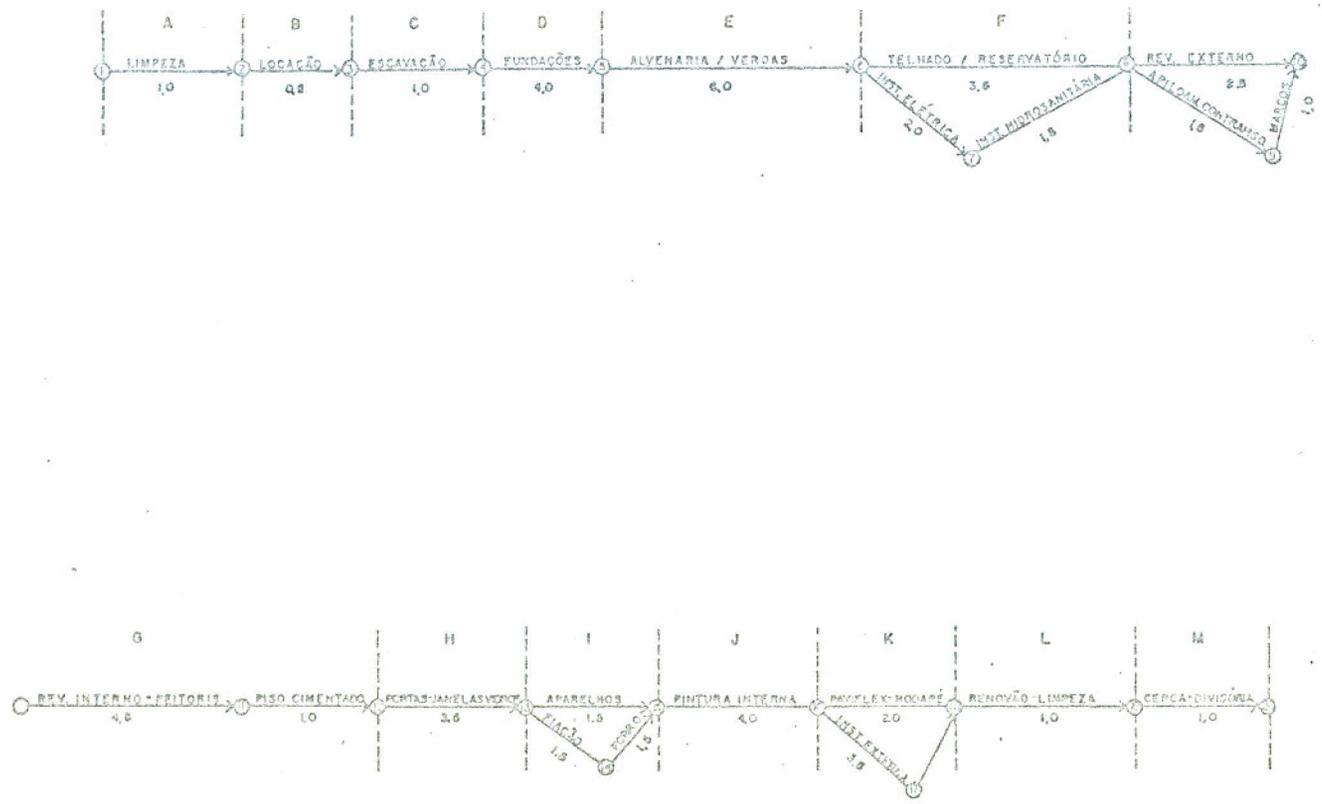


FIGURA 3.14 - Rede lógica

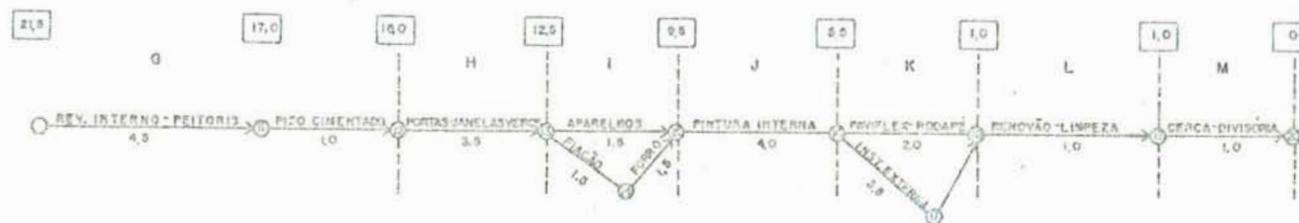


FIGURA 3.15 - Rede l3gica - Estabelecimento de prazos.

### 3.4.2. Determinação da Planilha Objetivo

Na seção anterior estabeleceu-se que o programa de execução de uma casa toma 40 dias de trabalho, sendo o prazo contratual para a construção de 200 casas de 210 dias, ou seja, cerca de 150 dias de trabalho. A razão de entrega das casas concluídas, necessária para que se mantenham os prazos, será de aproximadamente 9 casas/semana, considerando-se um período de trabalho semanal de 48 horas (semana de 5 dias, com 9,6 horas diárias de trabalho).

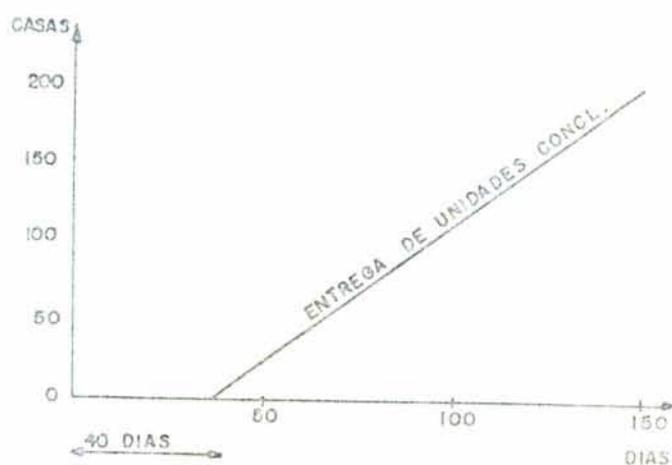


FIGURA 3.16(a)

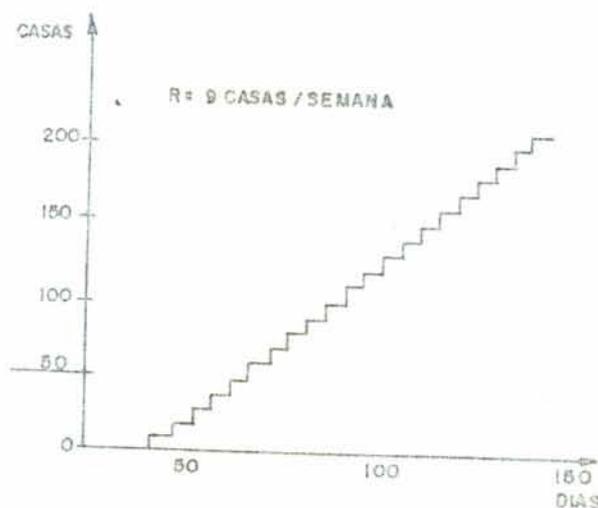


FIGURA 3.16(b)

A FIGURA 3.16(a) apresenta uma representação diagramática do programa de entregas, a ordenada expondo a quantidade de casas concluídas em qualquer instante de tempo do programa e a abscissa correspondendo ao eixo dos tempos, datas em que as unidades prontas devem ser entregues. A FIGURA 3.16(b) apresenta uma outra representação do programa de entregas ou planilha objetivo, embora signifique a mesma coisa em essência.

Uma vez estabelecido o ritmo de entrega das unidades concluídas, as quantidades associadas a qualquer tempo podem ser determinadas. São as chamadas quantidades da Linha de Balanço.

A equação que define estas quantidades da L.B. em função do tempo pode ser confundida com a de uma reta, se considerar-se constante a razão de entrega ou taxa produtiva. Assim,

$$Q = rt + c, \quad (3.4.1)$$

onde:  $Q$  = quantidades da Linha de balanço,  
 $t$  = tempo no qual se deseja conhecer o número de quantidades concluídas,  
 $r$  = razão de entrega ou ritmo de produção,  
 $c$  = uma constante.

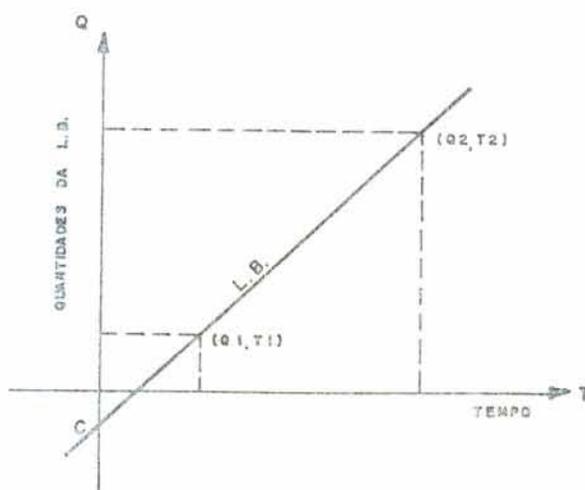


FIGURA 3.17 - Gráfico das quantidades em função do tempo.

A equação de quantidades no exemplo da FIGURA 3.17 é:

$$Q_1 = rt_1 + c \quad \text{para o instante } t_1 \quad (3.4.2)$$

considerado

e

$$Q_2 = rt_2 + c \quad \text{para o instante } t_2 \quad (3.4.3)$$

Trabalhando a equação obtêm-se outras equações:

$$t_2 = t_1 + \frac{(Q_2 - Q_1)}{r} \quad (3.4.4)$$

e

$$Q_2 = r(t_2 - t_1) + Q_1. \quad (3.4.5)$$

Logo, conhecendo-se os valores de  $Q_1$  em  $t_1$  e a razão de entregas exigida "r", podemos conhecer  $Q_2$ , ou, alternativamente, o instante  $t_2$  em que a quantidade  $Q_2$  deve ser atingida.

### 3.4.3. Método Gráfico de Programação da Linha de Balanço

Considere-se a planilha objetivo que define a entrega de nove (9) casas por semana e confronte-se este programa à rede unitária. Verifica-se, então, que os serviços preliminares de escavação terão que iniciar 40 dias antes da entrega da primeira casa, os serviços de alvenaria terão que iniciar trinta e três (33) dias antes e assim por diante, até chegar aos serviços finais de acabamento e limpeza que deverão iniciar dois (2) dias antes da entrega da unidade (FIGURA 3.15).

Uma extensão da análise destes tempos pode ser levada à questão dos materiais e equipamentos, pois a data limite para início de cada atividade corresponderá, também, ao prazo limite para que os respectivos materiais e equipamentos estejam entregues no local da obra.

Considerando-se que a utilização dos materiais e equipamentos necessários à execução da primeira atividade se dê a uma taxa constante, igual à razão de produção, pode-se

traçar a linha de entrega de materiais e equipamentos para esta atividade. Esta linha e a linha de entrega de unidades definem uma faixa produtiva para as unidades (FIGURA 3.18).

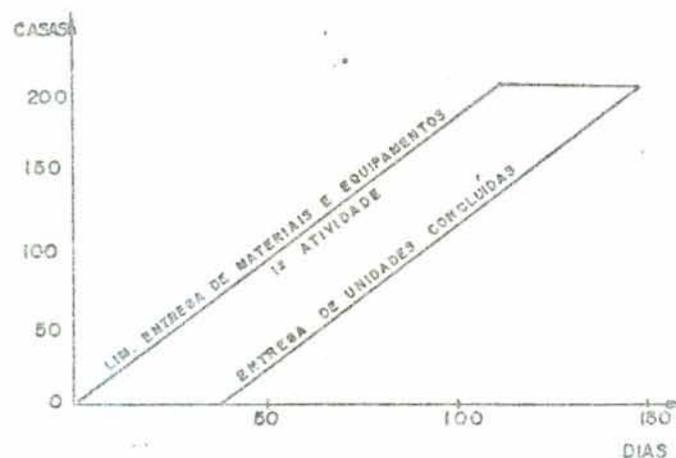


FIGURA 3.18 - Faixa de produção.

Com a definição da reta que representa a data limite de início da primeira atividade da rede unitária em cada casa, tem-se, no diagrama de entregas, a determinação das duas retas que delimitam o tempo para execução da rede unitária, que se repete a cada unidade (FIGURA 3.19).

Assim, ficam definidas as duas retas determinantes do período produtivo para cada unidade do projeto e deste como um todo, ou seja, retas que representam o evento final e inicial da rede unitária e cuja inclinação em relação ao eixo das abscissas representa a razão de produção necessária ou ritmo de trabalho que os objetivos exigem. As retas que definem as faixas de produção das atividades particulares que compreendem a rede unitária e que são indispensáveis à execução de cada unidade, podem ser traçadas paralelamente às duas anteriores, guardando as relações de precedência e tempos de duração explicitados na rede da FIGURA 3.14, através dos eventos. Neste caso, tem-se um tipo de programação dita paralela, onde as atividades são programadas a mesma razão de produção.

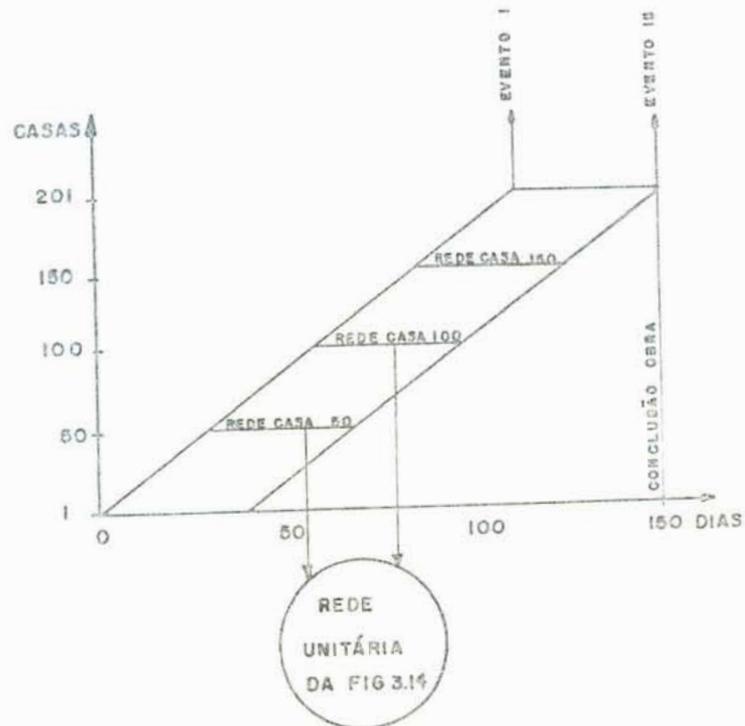


FIGURA 3.19 - Repetição da rede unitária.

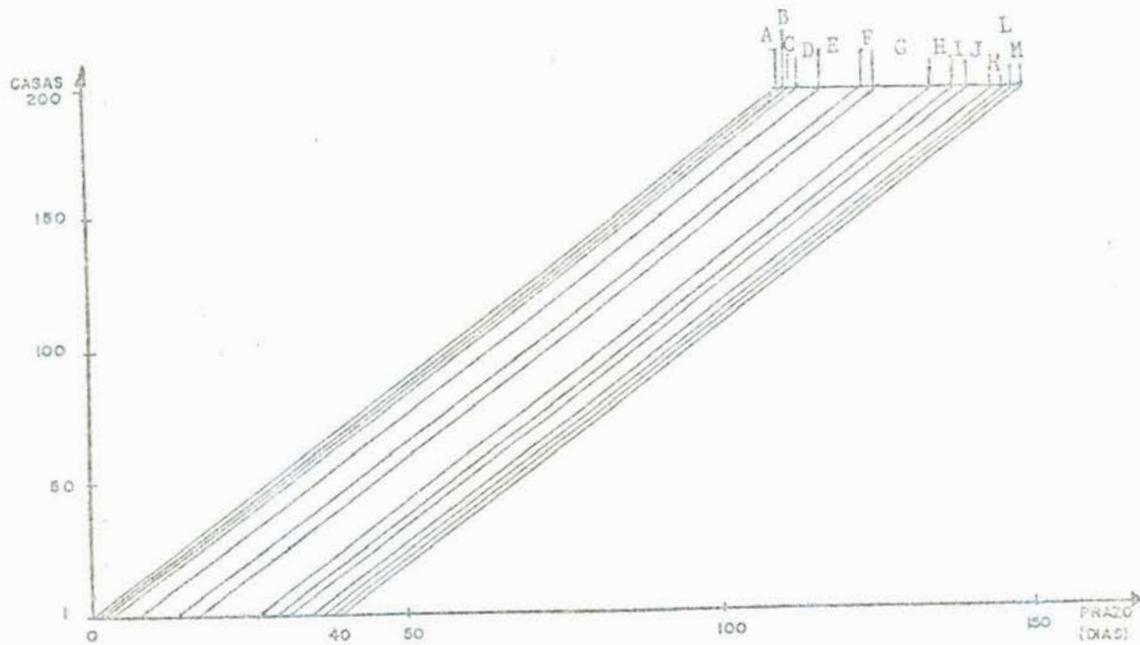


FIGURA 3.20 - Programação paralela - Método gráfico.

#### 3.4.4. Método Analítico de Construção do Diagrama L.B.

Uma outra forma de orientar-se a construção de um diagrama da L.B. é através de cálculos aritméticos para a constituição das equipes utilizadas e das durações das atividades, em função do ritmo de trabalho necessário para que se mantenha o programa de entregas.

O mesmo exemplo utilizado para a apresentação do método gráfico será usado para demonstração do método analítico.

Seja o contrato de construção das 200 casas no mesmo período de 150 dias de trabalho. Este prazo de execução exige que sejam concluídas e estejam aptas para a entrega nove (9) casas/semana, a partir da conclusão da primeira casa. O cálculo desta razão de entrega é feito a partir da definição do tempo necessário para construção de uma casa, obtido através da rede unitária, e, também, em função do número de casas e prazo de execução do contrato.

Este cálculo é efetuado através da relação:

$$R = \frac{n - 1}{T - Dt} \quad (3.4.6)$$

onde: R = ritmo de entrega ou razão de construção;  
 n = número de unidades a serem construídas;  
 T = tempo total disponível para execução do empreendimento;  
 Dt = período necessário à construção de uma casa somado a outros tempos relativos ao início da obra.

Antes do cálculo da razão de produção, a rede unitária já deve estar elaborada, os quantitativos de cada atividade levantados e uma estimativa de duração proposta em função do ritmo natural da mão-de-obra a ser utilizada.

Uma tabela (TABELA 3.1) é então elaborada, onde são listadas todas as atividades que compõem a rede principal (rede das atividades críticas - FIGURA 3.21) e os respectivos

TABELA 3.1 - Programação paralela.

R=1,80 casas/dia 9,6h/dia

Nº	ATIVIDADES	Categoria que comanda	NHs / casa por atividade M	Tamanho teórico das equipes G	Homens/casa H	Número de equipes N	Tamanho real da equipe E	Razão revisada de construção U	Duração/dias para uma casa D	Duração arredondada D <sub>1</sub>	Tempo desde o início na 1ª casa até a última S
A	Limpeza	serv.	14,52	2,72	3	1	3	1,98	0,50	1,00	101
B	Locação	carp.	4,72	0,89	1	1	1	2,03	0,50	0,50	99
C	Escavação	serv.	29,90	5,61	3	2	6	1,93	1,10	1,00	104
D	Alvenaria de pedra, viga de fundação, reaterro e aterro.	pedr.	75,44	14,15	2	7	14	1,78	3,93	4,00	112
E	Alvenaria, vergas, impermeabilização e cx. inspeção	pedr.	114,38	21,45	2	11	22	1,85	5,96	6,00	108
F	Telhado, reservatório	carp.	61,08	11,45	2	6	12	1,89	3,18	3,50	106
G	Revestimentos internos e externo, marcos, contrapiso, piso	pedr.	208,28	39,05	3	13	39	1,80	7,23	7,50	111
H	Colocação de portas e janelas	marc.	35,25	6,61	1	7	7	1,91	3,67	3,50	105
I <sub>1</sub>	Fiação, tomadas, interruptores	inst. elétr.	13,34	2,50	1	3	3	2,16	1,39	1,50	93
I <sub>2</sub>	Forro	carp.	15,40	2,90	1	3	3	1,87	1,60	1,50	107
J	Pintura interna	Pintor	39,21	7,35	1	8	8	1,96	4,08	4,00	102
K	Pintura externa	Pintor	33,19	6,22	1	6	6	1,74	3,45	3,50	115
L	Remoção-limpeza	serv.	5,00	0,95	1	1	1	1,92	0,52	0,50	104
M	Cerca divisória	carp.	10,00	1,90	1	2	2	1,92	1,04	1,00	104
	ATIVIDADES PARALELAS										
I'	Colocação de aparelhos	inst. hydr.	16,25	3,08	1	3	3	1,77	1,69	2,00	113
I''	Colocação de vidros	vidr.	5,00	0,95	1	1	1	1,92	0,52	0,50	104
K'	Paviflex e rodapé	coloc.	19,92	3,74	1	4	4	1,93	2,08	2,00	104
F'	Rasgos e instalação elétrica	inst. elétr.	13,92	2,64	1	3	3	2,07	1,45	1,50	97
F''	Rasgos e inst. hidráulica	inst. hydr.	24,79	4,65	1	5	5	1,94	2,58	3,00	103

conteúdos de trabalho que cada atividade em particular engloba. A relação das atividades é apresentada na primeira coluna (1.<sup>a</sup>) da tabela. A segunda (2.<sup>a</sup>) coluna refere-se ao conteúdo de trabalho em homens-hora por casa, que cada atividade encerra. Na terceira (3.<sup>a</sup>) coluna, são apresentados os tamanhos das turmas de diferentes profissionais que cada atividade exige, para que seja mantida a razão de entrega desejada. Este valor de tamanho das turmas, ou seja, o número total de profissionais envolvidos numa mesma tarefa é denominado "G" e seu cálculo é feito através da seguinte relação:

$$G = \frac{R \times M}{J} \quad (3.4.7)$$

onde: R = razão de entrega das unidades, ou seja, razão de construção exigida, dada em número de casas/semana;

M = conteúdo de trabalho em cada atividade, dado em homens-hora/casa, tirado do orçamento;

J = número de horas de trabalho semanais.

Em geral, o valor de "G", tamanho total da turma, resulta ser um número fracionário e faz-se necessário o seu arredondamento. Este arredondamento deve ser feito em função do número ótimo de operários estimados para trabalharem em uma casa, denominado H. O valor de H, apresentado na quarta coluna da TABELA 3.1 deve estar associado ao ritmo natural de execução do trabalho.

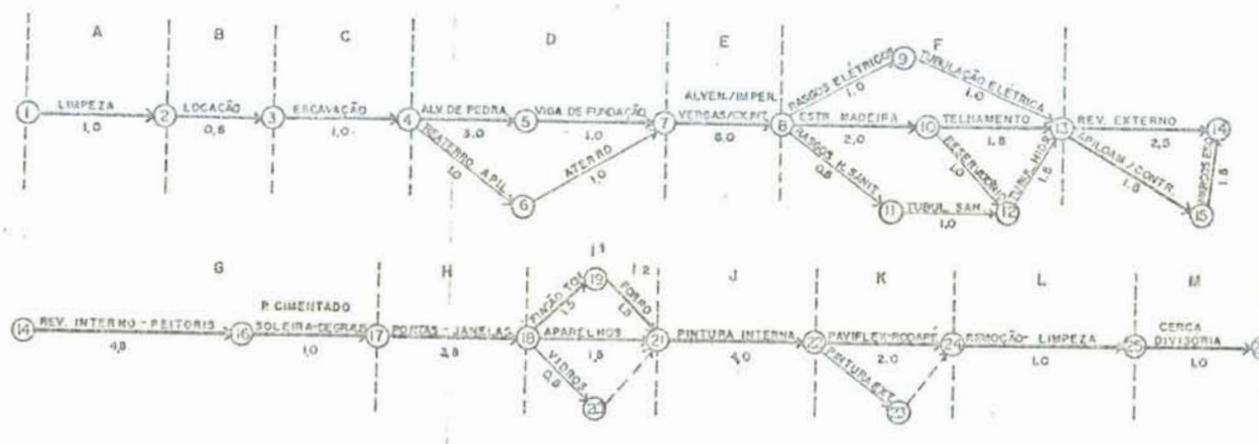


FIGURA 3.21 - Rede unitária de atividades. Duração quarenta (40) dias.

O fato de raramente o tamanho real da equipe total igualar-se ao tamanho teórico  $G$  dá origem aos dois métodos extremos de programação da L.B., chamados: programação de recursos e programação paralela.

Na programação paralela, cada atividade progride à razão igual à razão de construção  $R$ . Então, para cada atividade:

$$G = \frac{M \times R}{J}, \quad (3.4.8)$$

onde:  $U = R$  casas/semana;  
 $g \geq G$  homens;  
 $g =$  tamanho real da turma da atividade (homens);  
 $U =$  razão de produção revisada.

Na programação de recursos, cada atividade tem o seu tamanho de turma real escolhido de maneira que esteja o mais próximo possível do tamanho teórico da turma  $G$ .

$$U = RN = \frac{J \times g}{M} \quad \text{casas/semana}, \quad (3.4.9)$$

onde:  $RN =$  razão de produção natural da atividade (casas/semana).

Quando  $g=H$ , isto é, uma equipe progride a sua razão de produção natural, diz-se que ela progride em seu ritmo natural.

A quinta coluna da TABELA 3.1 está reservada para o número  $N$  de equipes que serão necessários em função do número total de operários envolvidos na atividade e do número de operários exigidos para o desempenho da atividade em cada casa,  $H$ . Assim,

$$N = \frac{G}{H}. \quad (3.4.10)$$

Na sexta coluna é representado o valor  $g$ , ou seja, o tamanho real da turma que executará a atividade.

Como na apresentação do valor de  $g$  deve-se usar valores inteiros, pois trata-se do número de operários envolvidos, um novo cálculo da razão de produção (ou ritmo de trabalho) deve ser efetuado para cada atividade, desta vez usando os valores reais de  $G$  e  $H$  (número de operários).

Este valor revisado do ritmo de trabalho, que corresponde ao ritmo real a ser imposto no canteiro de obra, ocupará a sétima coluna da tabela e pode ser calculado através da seguinte relação:

$$U = \frac{R \times g}{G}, \quad (3.4.11)$$

onde:

- $U$  = razão de produção revisada;
- $R$  = ritmo de entregas desejado;
- $G$  = tamanho teórico das equipes;
- $g$  = tamanho real das equipes, valor inteiro.

A duração em dias de trabalho para o término de cada casa,  $D$  (oitava coluna da tabela), pode ser, então, recalculada em função das 9.6 horas de trabalho diárias e do número de operários envolvidos. Este valor arredondado para inteiro,  $D_1$ , será apresentado na nona coluna da tabela.

O somatório dos diversos valores  $D_1$  das diferentes atividades representará a duração revisada de execução de cada casa, quando não se prevêem folgas.

A décima coluna da tabela apresenta o tempo em dias, que passa entre o início de uma atividade na primeira casa e o início da mesma atividade na última, respeitando-se o ritmo de trabalho desta atividade. Este valor de tempo é chamado  $S$  e é obtido através da equação 3.4.12.

$$S = \frac{(n-1) s}{U} \quad (3.4.12)$$

onde:  $s$  = número de dias de trabalho da semana.

A FIGURA 3.22 mostra o resultado obtido quando o método da programação paralela foi adotado através de um cálculo analítico. As atividades são programadas em ritmos múltiplos ao seu ritmo natural, aproximadamente semelhante ao ritmo de construção estabelecido no início do processo, adotando-se  $g \geq G$ . A montagem do gráfico é feita através dos dados da TABELA 3.1.

#### 3.4.5. Determinação de Recursos

A programação de um projeto de construção frequentemente inicia com a consideração dos recursos a serem utilizados. Profissionais ligados ao setor de planejamento e programação de obras têm manifestado grande interesse na formalização de meios que proporcionem, com maior facilidade e exatidão, a alocação destes recursos, principalmente os de mão-de-obra (TRIMBLE<sup>56</sup>, 1984).

Atualmente, o problema da determinação de recursos, a nível operacional, é visto como uma questão de bom senso do mestre ou supervisor de obras, que utiliza-se de seus conhecimentos empíricos para alocar estes recursos às respectivas atividades. As decisões são tomadas com base em alguns poucos fatores intervenientes na produção. Os programas de alocação determinados diariamente ou semanalmente, desconsideram muitas vezes aspectos da disponibilidade e mobilidade dos recursos necessários.

É importante que se tenha em mente que durante o desenvolvimento de uma atividade os recursos por ela consumidos, sejam equipamentos, materiais ou mão-de-obra, não podem ser deslocados a outro lugar qualquer do canteiro sem que seja interrompido o trabalho no local de origem. Assim, se devido ao ritmo de trabalho imprimido, uma atividade deve iniciar em uma seção do projeto antes de seu término na seção precedente, uma alocação adicional destes recursos será necessária.

A técnica da L.B., como visto nas seções anteriores, trata da determinação dos recursos fundamentada na idéia da



FIGURA 3.7 - Fragmentação do projeto em atividades Rede Lógica Unifária.

20/8/14

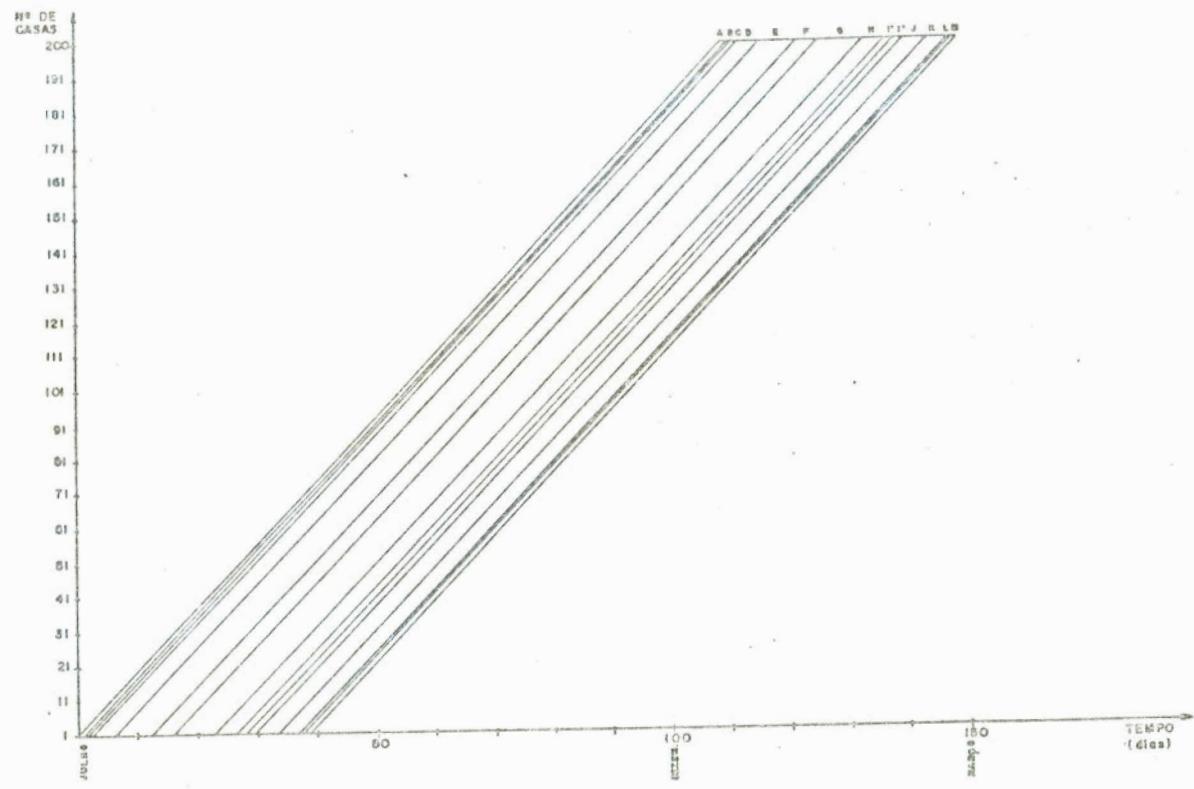


FIGURA 3.22 - Programação paralela - Diagrama L.B. para método analítico.

continuidade do trabalho através das unidades repetitivas do projeto e na manutenção deste ritmo de trabalho constante na atividade.

#### 3.4.5.1. Fator Multiplicação de Recursos

A determinação dos recursos necessários à execução de uma certa atividade está intimamente relacionada à produtividade que pode ser obtida do grupo de profissionais que irá desempenhá-la e ao ritmo de trabalho que se deseja impor, o qual é função do prazo disponível para produção e do número de unidades a serem construídas.

O tamanho de equipe necessário para execução de uma atividade, isto é, o número de operários envolvidos na mesma, é deduzido em função do conteúdo de trabalho que cada atividade encerra e do prazo de que se dispõe para execução desta atividade. Esta duração unitária mantém relação direta com o prazo global de finalização da obra e com o ritmo de trabalho adotado e relação inversa com o número de homens admitidos nas equipes.

A definição do número de equipes a serem adotadas para manutenção do ritmo de trabalho estabelecido, o chamado fator multiplicação de recursos da atividade, é diretamente proporcional à jornada de trabalho dos operários (eq.3.4.7).

A FIGURA 3.23 apresenta o significado deste fator multiplicação na programação da atividade de escavação. Neste exemplo são necessárias duas (2) equipes de operários para que se mantenha a razão de produção de nove (9) casas/semana, pois a primeira equipe  $A_1$  só está liberada para o trabalho após a data programada para início da atividade na segunda casa.

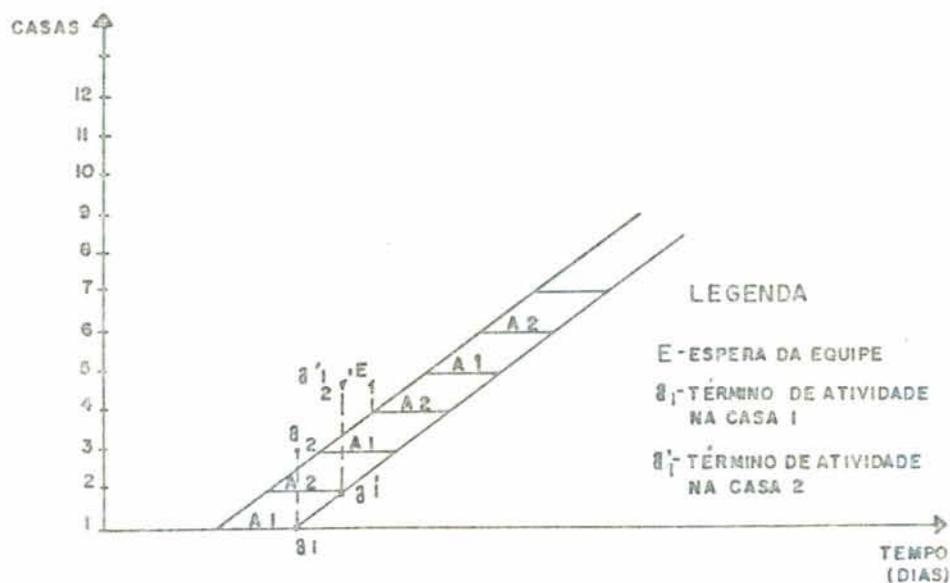


FIGURA 3.23 - Fator multiplicação de recursos para atividades de escavação.

Enquanto uma atividade está sendo desenvolvida, os recursos que ela consome estão inteiramente empregados na sua execução até que ela seja completada. No caso apresentado na FIGURA 3.23, os recursos empregados para o desempenho da atividade (recurso  $A_1$ ) estão plenamente utilizados até o ponto  $a_1$ , que corresponde ao final da atividade na primeira casa. Como pode ser observado, este recurso só poderá ser utilizado novamente no ponto  $a_2$ , ou seja, um momento antes do início da mesma atividade na terceira casa. Porém, antes que isto ocorra, a atividade precisa ser iniciada na segunda casa e necessita de recursos idênticos aos usados na primeira casa. Diz-se, portanto, que o fator multiplicação de recursos para atividade é dois (2).

Seguindo-se o mesmo raciocínio usado para agregação de recursos das outras atividades do programa da FIGURA 3.22 tem-se os seguintes valores para os fatores multiplicação de recursos das atividades (vide TABELA 3.2).

TABELA 3.2 - Tabela dos fatores multiplicativos de recursos.

ATIVIDADE	TIPO DE RECURSO	FATOR MULTIPLICAÇÃO
A	serventes	1.0
B	carpinteiros	1.0
C	serventes	2.0
D	pedreiros e serventes	7.0
E	pedreiros e serventes	11.0
F	carpinteiros, instalador	6.0
H	marceneiros	7.0
I <sub>1</sub>	instalador elétrico	3.0
I <sub>2</sub>	carpinteiros	3.0
J	pintores	8.0
K	pintores	6.0
L	serventes	1.0
M	carpinteiros	2.0

Deve ser lembrado que estes recursos adicionais que são indispensáveis à manutenção do programa estabelecido são frutos do ritmo de trabalho imposto. De fato, se a razão de produção exigida na execução do projeto é alta, a atividade poderá ser repetida várias vezes em outras unidades, com recursos multiplicados, até que os recursos empregados na execução da atividade na primeira unidade estejam livres para novamente serem utilizados.

Este fator multiplicação de recursos refere-se ao número de equipes de igual formação a serem utilizadas, no caso específico do recurso tratado ser mão-de-obra, para que se mantenha o ritmo estabelecido. Corresponde, no método analítico, ao valor N apresentado na quinta coluna da TABELA 3.1 que representa o número de equipes necessárias em cada atividade deste programa.

### 3.4.5.2. Utilização dos Recursos e Ociosidade

A adoção de um único ritmo de trabalho (ou razão de produção) para todas as atividades do programa que é feita no método de programação paralela vem acompanhada da necessidade de uma multiplicação dos recursos a serem utilizados para que se mantenha este ritmo, e pode ocasionar problemas de ociosidade forçada devido à reutilização destes recursos não ocorrer imediatamente após sua liberação (FIGURA 3.23).

Analisando-se, através da FIGURA 3.24(a) e (b), parte do programa da FIGURA 3.22 para duas atividades tomadas como exemplo, poder-se-á verificar o aspecto de ociosidade que os ritmos impõem, quando esperas na reutilização são impostas a alguns recursos (equipamentos e mão-de-obra).

Os recursos a serem utilizados na atividade fiação e colocação de tomadas, por exemplo, propostas no programa da FIGURA 3.22 serão reutilizados a cada três casas, isto é, o primeiro grupo destes recursos será usado nas casas 1, 4, 7, 10, ..., os do seguinte grupo nas casas 3, 6, 9, 12, ... (FIGURA 3.24(a)).

No entanto, estes recursos envolvidos na atividade acima descrita não são aproveitados imediatamente após sua liberação da unidade anterior. Um período de espera  $E$  é imposto, o que representa um período improdutivo ou de ociosidade da mão-de-obra e equipamentos, caso não se possa utilizar estes recursos em outras atividades ou tarefas do canteiro durante este período.

A FIGURA 3.24(b) mostra uma parte ampliada do programa da atividade colocação de paviflex e rodapês, apresentada na FIGURA 3.22. Pode-se verificar que são necessários quatro (4) grupos de recursos e que cada um deles é reutilizado novamente a cada quatro unidades. O reaproveitamento dos recursos, neste caso, também não se dá imediatamente a sua liberação, impondo-se períodos de ociosidade.

Esta ociosidade é denominada ociosidade interna da atividade e resulta do arredondamento do número de homens por

equipe para um inteiro superior (quarta coluna da tabela 3.1) e utilização de períodos de tempo de dias inteiros e meios dias na programação (nona coluna da TABELA 3.1).

#### CÁLCULO DOS HOMENS-HORA IMPRODUTIVOS

O resultado da programação paralela estabelece situações em que  $g$ , tamanho real da turma é maior ou igual a  $G$ , tamanho teórico da turma. Assim, em muitos casos a mão-de-obra da atividade é superestimada e os operários designados para esta atividade não ficam empregados utilmente por todo tempo: ou trabalham mais lentamente dentro de uma faixa mais ampla de tempo do que necessitam, ou ficam ociosos por um período. Pode-se calcular este tempo improdutivo total para todos os casos do empreendimento em qualquer atividade, ou seja, o tempo médio improdutivo por casa nesta atividade.

As FIGURAS 3.24(a) e (b) mostram atividades que necessitam do trabalho de três e quatro equipes para que o seu ritmo natural de construção supere a razão de construção.

Nas figuras, percebe-se que, a medida que o tempo de projeto transcorre, maiores são os períodos de espera das equipes para reiniciarem os trabalhos. Assim, conclui-se que este tempo médio improdutivo por casa para cada atividade é:

$$x = \frac{(S_p - S_n) \times g}{(n - 1) \times H} \text{ dias,} \quad (3.4.13)$$

onde:  $S_p = \frac{(n - 1) \times s}{U} \text{ dias,} \quad (3.4.14)$

tempo que transcorre desde o início da atividade na primeira casa até seu início na última, quando programada à razão de construção.

$$S_n = \frac{(n - 1) \times s}{RN}, \quad (3.4.15)$$

tempo que transcorre desde o início da atividade na primeira



casa até seu início na última, quando programada em seu ritmo natural. Sendo:

$$S_p - S_n = s(n-1) \times \frac{(RN - U)}{(RN \times U)} \text{ dias} \quad (3.4.16)$$

O tempo improdutivo para esta atividade nas  $n$  casas, lembrando-se que as equipes não esperam para iniciarem seu trabalho na primeira casa, é:

$$X \times J_d \times H \times \left(n - \frac{g}{H}\right) \text{ HHs}, \quad (3.4.17)$$

onde:  $\frac{g}{H} = N$ , o número de equipes do grupo;

$J_d$  = jornada de trabalho diária.

A média de tempo improdutivo por casa é obtida da substituição das equações (3.4.13) e (3.4.17) e da divisão por  $n$ :

$$W = J \times g \frac{(RN - U) \times (n - N)}{n \times RN \times U} \text{ HHs}, \quad (3.4.18)$$

onde:  $J$  = jornada de trabalho semanal para RN em casas/semana.

Nas situações reais,  $n$ , o número de unidades do projeto a serem construídas é muito grande se comparado a  $N$ , número de equipes envolvidas na atividade; assim:

$$W = J \times g \frac{(RN - U)}{(RN \times U)} \text{ HHs} \quad (3.4.19)$$

Substituindo a equação do ritmo natural,  $RN = \frac{J_d \times g}{M}$  equação (3.4.9), quando RN em casas/dia, na equação (3.4.19) tem-se para cada categoria profissional envolvida na equipe o seguinte tempo médio improdutivo:

$$W = M \times \frac{J}{Jd} \left( \frac{RN - U}{U} \right) , \quad (3.4.20)$$

ou

$$W = M \times s \left( \frac{RN - U}{U} \right) . \quad (3.4.21)$$

As equações (3.4.19), (3.4.20) e (3.4.21) calculam o tempo médio improdutivo para cada atividade em uma casa do projeto, ou seja, o tempo médio improdutivo unitário ( $W$ ).

O tempo médio improdutivo total imposto pela programação paralela ao projeto é dado pela seguinte equação:

$$\sum_{i=1}^j W_i \times (n - 1) , \quad (3.4.22)$$

onde:  $i$  = atividades incluídas na programação;  
 $j$  = última atividade da programação paralela.

No exemplo que está sendo tratado, o tempo médio unitário ( $W$ ) e o tempo improdutivo total resultaram ser de 196,31 homens-hora e 39.065,7 homens-hora respectivamente. Estes valores, assim como os valores da improdutividade em cada atividade, são apresentados na TABELA 3.3 que segue. Comparando a improdutividade total do projeto com o total de homens-hora programados para o projeto (TABELA 3.5), percebe-se que este valor corresponde a 9,76%, o que significa que neste programa a improdutividade imposta é relativamente alta.

Desta forma, a programação paralela pode levar a valores de improdutividade ou ociosidade forçada excessivamente altos que exijam que novas considerações sejam feitas e um novo programa proposto.

Este período improdutivo das atividades, que aparece como uma ociosidade forçada imposta à atuação das equipes pela adoção dos ritmos de produção diferentes de seu ritmo natural, pode ser contornada através de algumas medidas:

TABELA 3.3 - Tabela de tempos improdutivos

Nº	ATIVIDADES	M	Sp	Sn	Z	H	N	G	U	RN	X (dias)	$X_i \cdot Jd \cdot H_i$ $(n-N_i) \text{ HHs}$	$W=Jxg \frac{(RN-U)}{RN \cdot U}$ HHs/
A	Limpeza	14,52	110,6	101	3	3	1	2,72	1,80	1,98	0,05	286,56	7,27
B	Locação	4,72	110,6	99	2	2	1	0,89	1,80	2,03	0,06	228,08	6,04
C	Escavação	29,90	110,6	104	6	3	2	5,61	1,80	1,93	0,07	399,17	10,78
D	Alvenaria, fundações	75,44	110,6	112	42	6	7	14,15	1,80	1,78	-	-	-
E	Alvenaria, vergas	114,38	110,6	108	44	4	11	21,45	1,80	1,85	0,14	1043,06	31,71
F	Telhado, reservatório	61,08	110,6	106	24	4	6	11,45	1,80	1,89	0,14	1042,94	30,48
G	Revestimento, pisos	208,28	110,6	111	78	6	13	39,05	1,80	1,80	-	-	-
H	Esquadrias	35,25	110,6	105	14	2	7	6,61	1,80	1,91	0,20	741,12	21,50
I <sub>1</sub>	Instalação elétrica	13,34	110,6	93	6	2	3	2,50	1,80	2,16	0,27	1021,25	26,67
I <sub>2</sub>	Ferro	15,40	110,6	107	6	2	3	2,90	1,80	1,87	0,05	189,12	5,99
I'	Aparelhos	16,25	110,6	113	6	2	3	3,08	1,80	1,69	-	-	-
I''	Vidros	5,00	110,6	104	1	1	1	0,95	1,80	1,92	0,03	57,31	1,67
J	Pintura interna	39,21	110,6	102	16	2	8	7,35	1,80	1,96	0,35	1290,24	34,83
K	Pintura externa	33,19	110,6	115	12	2	6	6,22	1,80	1,74	-	-	-
K'	Paviflex, rodapés	19,92	110,6	104	8	2	4	3,74	1,80	1,93	0,13	489,22	14,37
L	Remoção, limpeza	5,00	110,6	104	1	1	1	0,95	1,80	1,92	0,03	57,31	1,67
M	Cerca divisória	10,00	110,6	104	2	1	2	1,90	1,80	1,92	0,07	133,06	3,33
	SOMA NA UNIDADE											6978,44	196,31
	SOMATÓRIO TOTAL												39065,70

- tentando-se, tanto quanto possível, programar as atividades para serem executadas em ritmos compatíveis com o seu ritmo natural;

- programando-se as atividades afins, que se utilizam da mesma categoria profissional e cuja execução possa ocorrer em seqüência, numa única atividade chamada atividade pacote;

- utilizando-se dos períodos de ociosidade das equipes para descargas e armazenagens programadas de materiais e componentes ou para confecção de componentes construtivos a serem utilizados na construção das unidades, ou ainda em outras tarefas compatíveis com suas categorias profissionais;

- utilizando-se destes recursos disponíveis em outras atividades fora do ciclo de produção, durante o período ocioso na atividade original.

#### 3.4.5.3. Curvas de Mobilização de Recursos

As curvas de mobilização de recursos são diagramas extraídos da representação gráfica dos programas da Linha de Balanço, os quais apresentam a movimentação das equipes de trabalho, o local e o momento em que estes recursos são utilizados em cada atividade.

O caráter repetitivo dos projetos, com os quais a Linha de Balanço trata, fundamenta a necessidade de conhecer-se o número real de unidades em que cada equipe particular de profissionais deverá trabalhar e a ordem em que estas unidades serão trabalhadas para, finalmente, montar-se a curva de mobilização geral destes recursos.

Os recursos exigidos para que se mantenha o ritmo programado de execução podem ser avaliados a partir dos recursos destinados para a execução de uma unidade.

Os recursos de mão-de-obra necessários à execução do exemplo em questão são apresentados na TABELA 3.4, a partir das durações atribuídas às atividades específicas da rede da FIGURA 3.21.

TABELA 3.4 - Tabela de recursos.

ATIVIDADE	Duração (dias)	Recursos de mão-de-obra (homens)	Totais (homens- dias)
A - Limpeza do terreno	1.0	3	3.0
B - Locação da obra	0.5	2	1.0
C - Escavação	1.0	3	3.0
D - Fundações, aterros e reaterro	4.0	6	24.0
E - Alvenaria, vergas, impermeabilização	6.0	4	24.0
F - Cobertura e reservatório	3.5	4	14.0
F' - Instalação elétrica	1.5	2	3.0
F'' - Instalação hidro-sanitária	3.0	2	6.0
G - Revestimentos, pisos e marcos	7.5	6	45.0
H - Portas e janelas	3.5	2	7.0
I <sub>1</sub> - Fiação, tomadas, interruptores	1.5	2	3.0
I <sub>2</sub> - Forro	1.5	2	3.0
I' - Colocação de aparelhos	2.0	2	4.0
I'' - Colocação de vidros	0.5	1	0.5
J - Pintura interna	4.0	2	8.0
K - Pintura externa	3.5	2	7.0
K' - Paviflex, rodapés	2.0	2	4.0
L - Remoção e limpeza	0.5	1	0.5
M - Cerca divisória	1.0	1	1.0
			<u>161.0</u>

Assim, para a execução de uma casa, o conteúdo de trabalho que deve ser realizado é 161 homens-dia. No entanto, seria um erro pensar-se que para a construção das 200 casas do projeto são necessários 32.200 homens-dia de trabalho, quando se deseja manter o ritmo de construção de 1.8 casas/dia, ou seja, 9 casas/semana. Para que esse ritmo seja mantido, uma multiplicação dos recursos deve ser imposta como é possível ver na TABELA 3.2.

Uma análise detalhada do diagrama da L.B. para a atividade de execução do telhado, por exemplo, fornece informações sobre a mobilização das seis equipes de 3 operários que esta necessita para sua realização. Estes dados de mobilização e os da desmobilização da mão-de-obra permitem que se construa a curva de mobilização desta atividade (FIGURA 3.25).

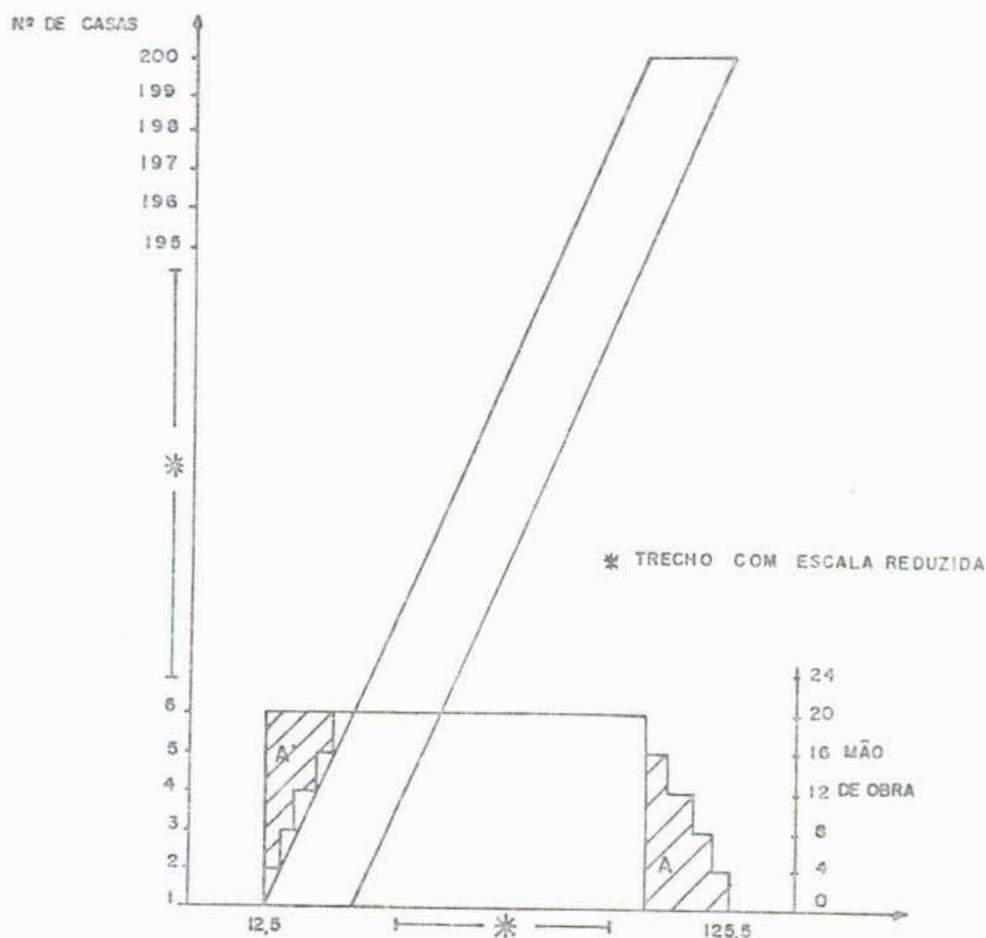


FIGURA 3.25 - Curva de mobilização de mão-de-obra para a atividade de execução do telhado.

Da observação da FIGURA 3.25 percebe-se que, sendo três (3) operários a mão-de-obra exigida para a realização da atividade de execução do telhado (4-6), incrementos de três (3) são dados ao histograma a cada unidade na linha do evento 6 e, subseqüentemente, deduzidos quando as equipes não estão mais envolvidas no processo. A base do histograma estende-se no início da atividade na primeira casa até o seu término na última.

A área encerrada no histograma é o produto da mão-de-obra pelo tempo de execução da atividade e expressa o conteúdo de trabalho envolvido na mesma em homens-dia ou homens-semana.

Na FIGURA 3.25, por exemplo, a mobilização e desmobilização dos recursos ocorrem num mesmo ritmo. As áreas à direita e à esquerda do histograma são iguais. Logo, compensam-se. Assim, a base equivalente do histograma pode ser tomada como sendo  $125.5 - 12.5 = 113$ . O conteúdo de trabalho que a atividade encerra (área do histograma) é dado pelo produto de sua base equivalente pela sua altura (número de operários necessários à atividade x fator multiplicação de recursos), ou seja,  $113 \times 20 = 2260$  homens-dia para execução do telhado.

Os conteúdos de trabalho encerrados em cada atividade podem ser calculados para todas as atividades com base na área sob o histograma, a exemplo do que foi feito para a atividade de execução do telhado na FIGURA 3.25.

O valor da base equivalente do histograma de mão-de-obra pode ser obtido de forma analítica através da equação 3.4.23, ao invés da leitura no histograma.

$$\frac{Q - FMR}{U} + D_1, \quad (3.4.23)$$

onde: Q = número total de vezes que a atividade é repetida;  
U = razão de construção (unidades/período de tempo);

FRM = fator multiplicação de recursos;  
 $D_1$  = duração da atividade (semanas, dias).

Estes valores relativos às atividades, após terem sido calculados, podem ser listados numa tabela (TABELA 3.5) que assessorará o setor de planejamento fornecendo informações mais elaboradas.

A análise da TABELA 3.5 permite que se observe o acréscimo de consumo de mão-de-obra imposto pelo ritmo. Este consumo, quando as atividades são executadas conforme o programa, é estimado com um valor aproximadamente 12% superior ao previsto nas relações diretas, ou seja, 179 homens-dia/casa e 35.761 homens-dia no projeto como um todo. Este acréscimo de consumo coincide com a improdutividade calculada que fica em torno de 11%.

As FIGURAS 3.26(a) e (b) mostram as curvas de mobilização montadas a partir do diagrama L.B. A FIGURA 3.26(a) representa a mobilização e desmobilização da mão-de-obra por atividade, enquanto a FIGURA 3.26(b) é a representação da curva geral de mobilização de mão-de-obra.

#### 3.4.6. Ritmo Natural das Atividades

Um dos critérios mais usuais de julgar-se a organização do trabalho repetitivo e o desempenho dos operários é o da produtividade obtida no canteiro, expressa pela relação número de unidades produzidas e tempo gasto na sua produção.

A produtividade da mão-de-obra, embora não seja o único, é um fator de grande relevância na definição do ritmo em que os trabalhos se desenvolvem. Qualquer empreiteiro, que participar de um empreendimento, programa a execução da obra tendo em mente as despesas com materiais, equipamentos e principalmente mão-de-obra. Isto se justifica pelo fato da participação dos custos de mão-de-obra no custo total do empreendimento ocorrer em uma proporção bastante elevada (PEER, S. e NORTH, T.R., 1974<sup>54</sup>).

TABELA 3.5 - Tabela de consumos.

ATIVIDADES	Durações	Recursos alocados	Homens-dia por atividade	Fator mul- tiplicação de recursos	Pico de recursos	Base equivalen- te do histo- grama	Área do histograma	Homens-dias p/ completar todas as atividades	Homens-dias/ atividade na razão de produção
	Dias	Homens			Nº de homens	Dias	Homens-dias	Homens-dias	Homens-dias
A	1,0	3,0	3,0	1,0	3,0	115,4	346,2	346	1,73
B	0,5	2,0	1,0	1,0	2,0	114,9	229,8	230	1,15
C	1,0	3,0	3,0	2,0	6,0	114,8	688,8	689	3,45
D	4,0	6,0	24,0	7,0	42,0	114,9	4825,8	4826	24,13
E	6,0	4,0	24,0	11,0	44,0	114,6	5042,4	5042	25,21
F	3,5	4,0	14,0	6,0	24,0	115	2760	2760	13,80
F'	1,5	2,0	3,0	3,0	6,0	114,7	688,2	688	3,44
F''	3,0	2,0	6,0	5,0	10,0	115,1	1151	1151	5,76
G	7,5	6,0	45,0	13,0	78,0	115	11778	11778	58,89
H	3,5	2,0	7,0	7,0	14,0	114,4	1601,6	1602	8,01
I <sub>1</sub>	1,50	2,0	3,0	3,0	6,0	114,7	688,2	688	3,44
I <sub>2</sub>	1,50	2,0	3,0	3,0	6,0	114,7	688,2	688	3,44
I'	2,0	2,0	4,0	3,0	6,0	115,2	691,2	691	3,45
I''	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	114,9	114,9	115	0,58
J	4,0	2,0	8,0	8,0	16,0	114,3	1828,8	1829	9,15
K	3,5	2,0	7,0	6,0	12,0	115	1380	1380	6,90
K'	2,0	2,0	4,0	4,0	8,0	114,6	916,8	917	4,59
L	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	114,9	114,9	115	0,58
M	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	114,8	229,6	230	1,15
		1	161		287,0		35.764,4	35.761	178,85

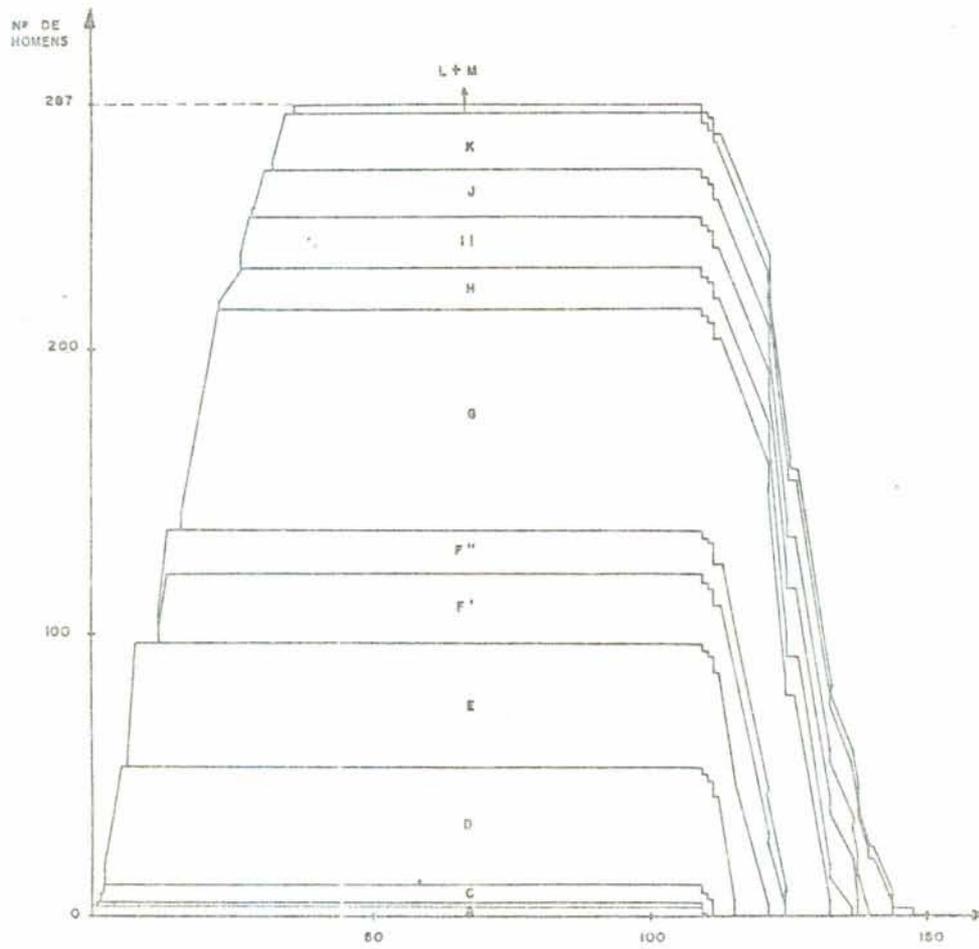


FIGURA 3.26(a) Curva de mobilização por atividade.

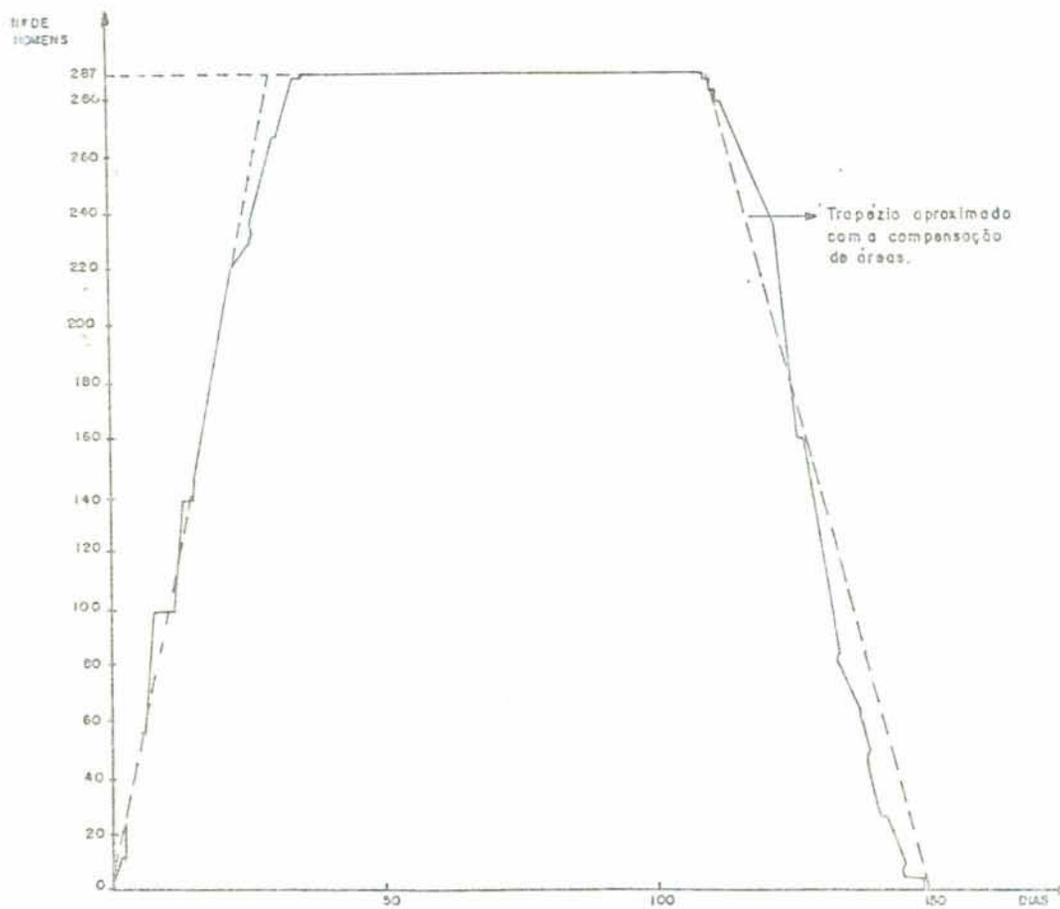


FIGURA 3.26(b) - Curva de mobilização geral.

Este ritmo de construção das unidades do empreendimento é função do ritmo natural em que a maioria das operações ou atividades envolvidas no processo produtivo são executadas. Entenda-se por ritmo natural o volume de serviços realizados por uma equipe padrão, na unidade de tempo, ou seja, o ritmo natural representa o inverso da produtividade da equipe ( $m^2$  de área/Hh).

A produtividade no canteiro para cada atividade está intimamente relacionada aos recursos alocados a sua execução. Assim, se os recursos empregados nas atividades de produção de uma casa são dobrados, então, a razão de entrega destas casas também será, a não ser que um número muito elevado de operários atrapalhe o trabalho. Isto é, se os recursos aplicados permitem uma razão de entrega de duas casas por mês e estes recursos são duplicados, ter-se-á uma razão de entrega duas vezes maior, 4 casas por mês. Estes novos recursos alocados, nesta casa, foram empregados na produção de novas unidades (FIGURA 3.27(a) e (b)).

Quando estes recursos adicionais forem incorporados aos recursos inteiramente utilizados na execução de uma unidade, ocorrerá uma redução no tempo gasto para produção desta unidade; o ritmo da construção será acelerado. Quando a redução no período de construção for de metade do período anterior, também ocorrerá uma duplicação do ritmo de entrega das unidades do projeto (FIGURA 3.28).

A diferença básica que se estabelece entre as situações apresentadas nas FIGURAS 3.27 e 3.28 é que, na primeira (FIGURA 3.27), os novos recursos são alocados na produção de novas unidades simultaneamente à produção das primeiras (FIGURA 3.27(a) e (b)). Na segunda situação (FIGURA 3.28), estes novos recursos são incorporados aos recursos anteriores para produção de uma mesma unidade. Ocorre uma redução do período de execução da atividade na unidade.

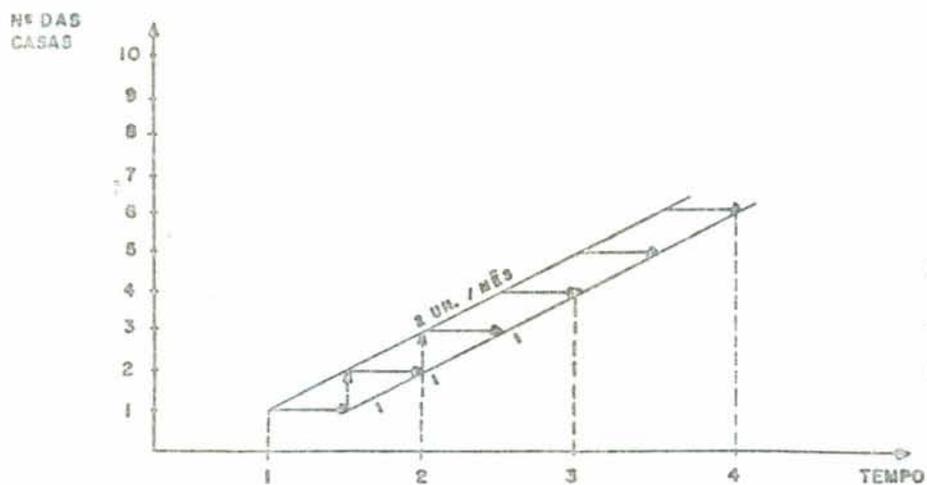


FIGURA 3.27(a) -  
Atividade ocorren  
do no ritmo natu  
ral - 1 equipe.

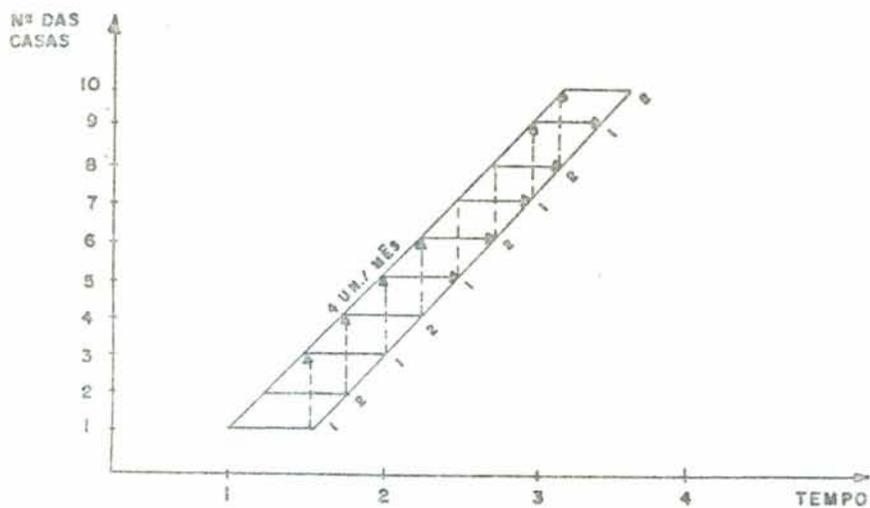


FIGURA 3.27(b) -  
Atividade ocorren  
do no ritmo natu  
ral - 2 equipes.

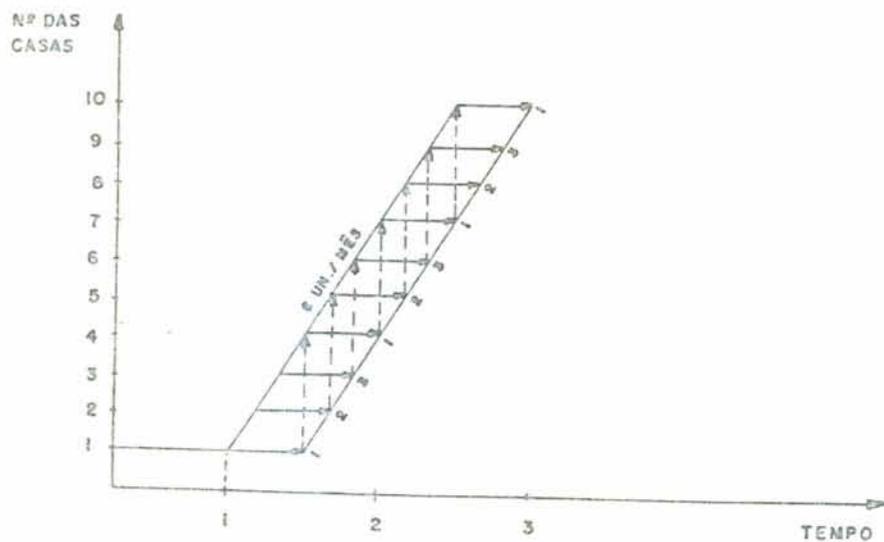


FIGURA 3.27(c) -  
Atividade ocorren  
do no ritmo natu  
ral - 3 equipes.

FIGURA 3.27 - Aumento do ritmo de produção com a  
multiplicação dos recursos.

A escolha de uma destas duas estratégias está intimamente associada à análise da programação global, em cada um de seus fatores intervenientes. No entanto, um parâmetro de extrema importância a ser considerado é aquele do limite máximo de homens em trabalho em uma mesma unidade que garantam as taxas de produtividade esperadas (interferências por excessos de operários).

Cabe ser dito que é a duração da atividade na unidade de produção, função de alocação de recursos e da produtividade da mão-de-obra empregada, que dita o ritmo natural de qualquer atividade, quando relacionada à jornada de trabalho estipulada (semanal ou mensal). Pode-se perceber na FIGURA 3.27 que uma mesma equipe continua produzindo 2 casas/mês, embora o ritmo de atividade tenha sido acelerado, pois a sua duração permanece inalterada. O oposto ocorre na situação da FIGURA 3.28 já que houve um acréscimo de mão-de-obra por atividade e por unidade e uma conseqüente redução do período produtivo.

Em todos os casos apresentados nas FIGURAS 3.27 e 3.28 ocorre um emprego de recursos com 100% de utilização, uma vez que não foram impostos períodos de espera às equipes, pois os ritmos imprimidos são múltiplos do ritmo natural.

Situações poderão ocorrer em que a utilização dos recursos não seja plena. É o caso da programação prever, por exemplo, ritmos de 3,5 ou 7 unidades por mês, quando o ritmo natural é de 2 unidades/mês. Isto implica em esperas das equipes para reinício dos trabalhos (FIGURA 3.29) em novas unidades e desperdício de horas de trabalho, pois o potencial total de trabalho das equipes não está sendo usado.

A idéia de que a programação deve ocorrer no ritmo natural dos trabalhos, para uma utilização dos recursos de 100% pode ser de difícil implantação, na prática, devido à impossibilidade de encontrar-se um ritmo fundamental comum a todas atividades.

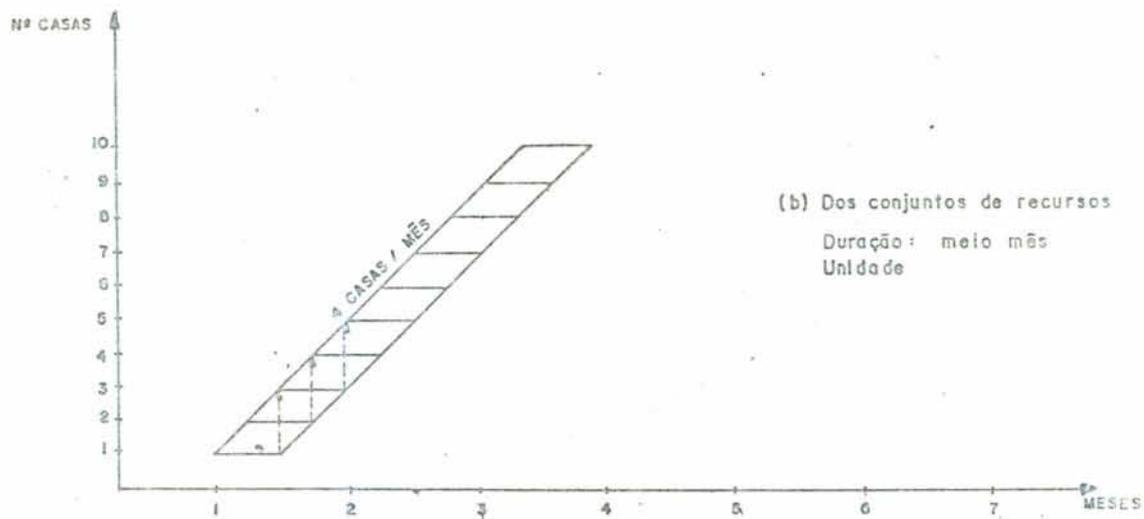
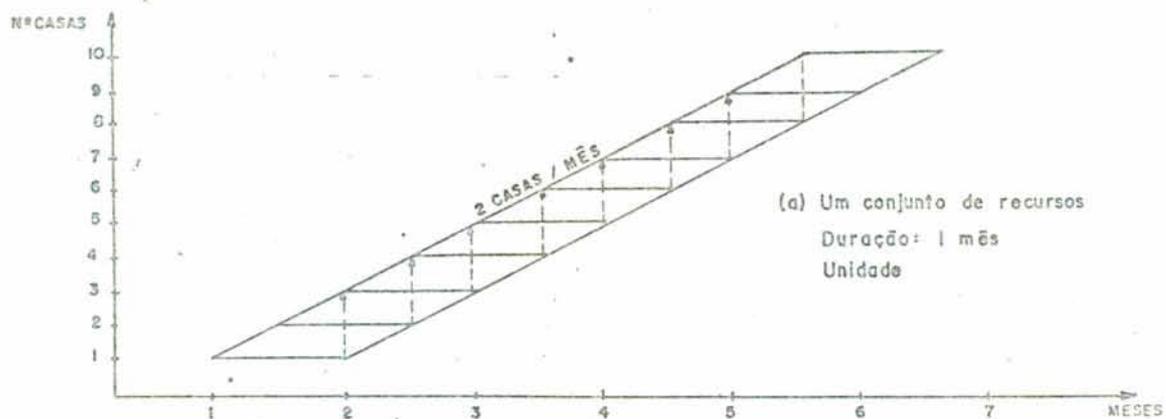


FIGURA 3.28 - Redução do período produtivo com a multiplicação de recursos.

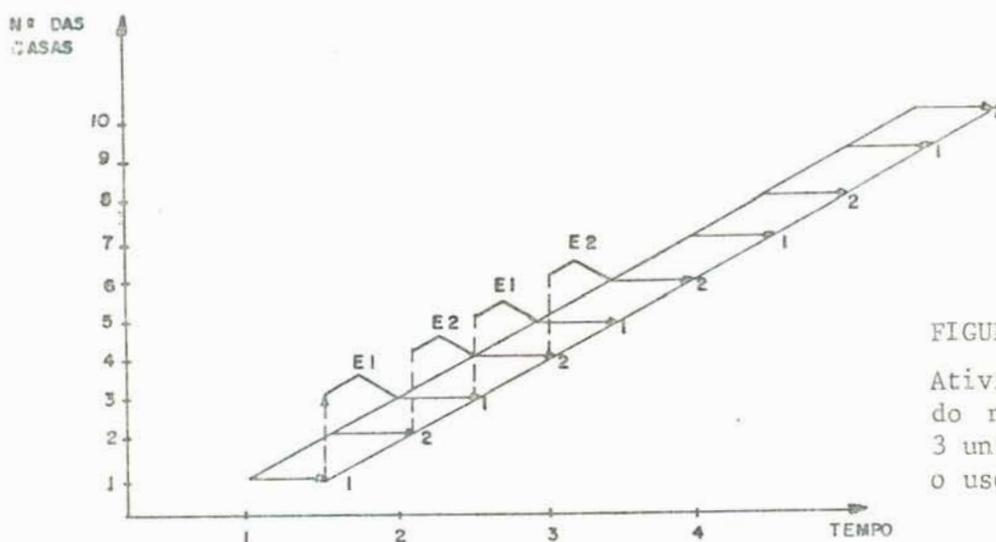


FIGURA 3.29(a) -  
Atividade ocorren-  
do no ritmo de  
3 unidades/mês com  
o uso de 2 equipes.

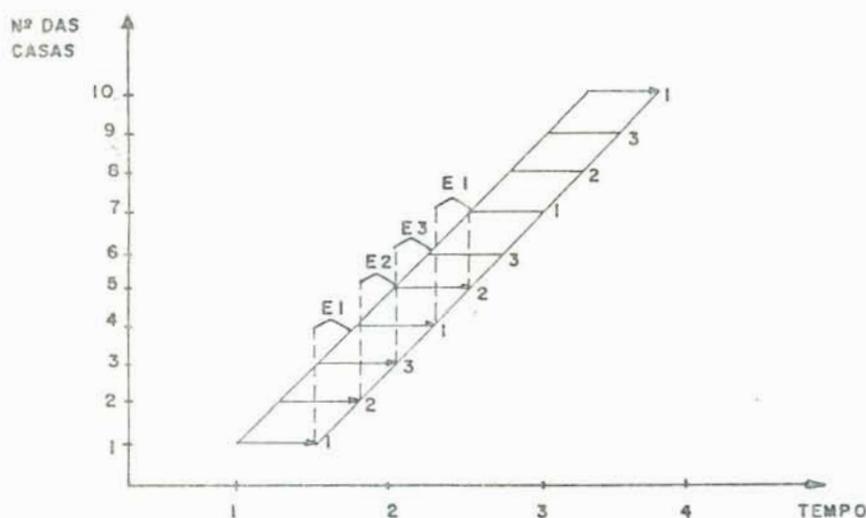


FIGURA 3.29(b) -  
Atividade ocorren-  
do no ritmo de  
5 unidades/mês com  
o uso de 3 equipes.

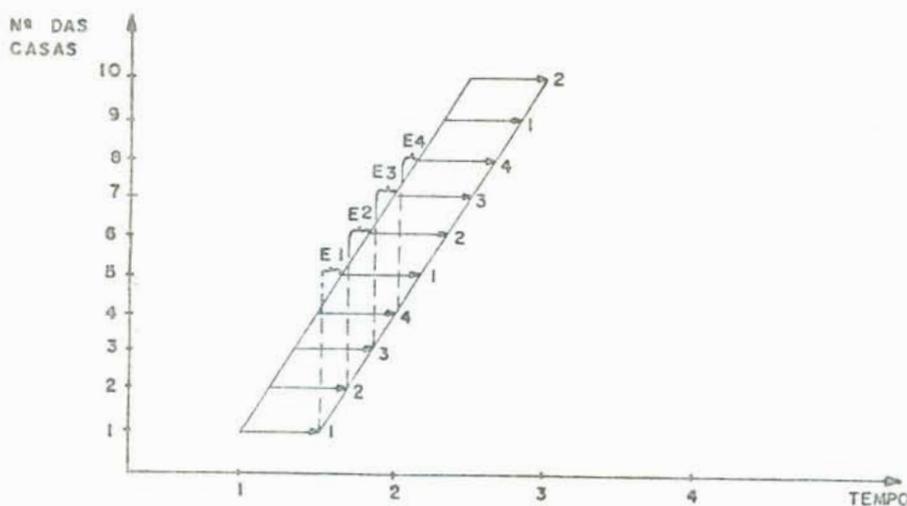


FIGURA 3.29(c) -  
Atividade ocorren-  
do no ritmo de  
7 unidades/mês com  
o uso de 4 equipes.

FIGURA 3.29 - Atividades programadas fora do ritmo natural  
que é de 2 unidades por mês.

Resta a opção de programar-se as atividades em seus ritmos naturais particulares, o que provocaria um alargamento do período produtivo total, podendo trazer problemas de prazo (FIGURA 3.30).

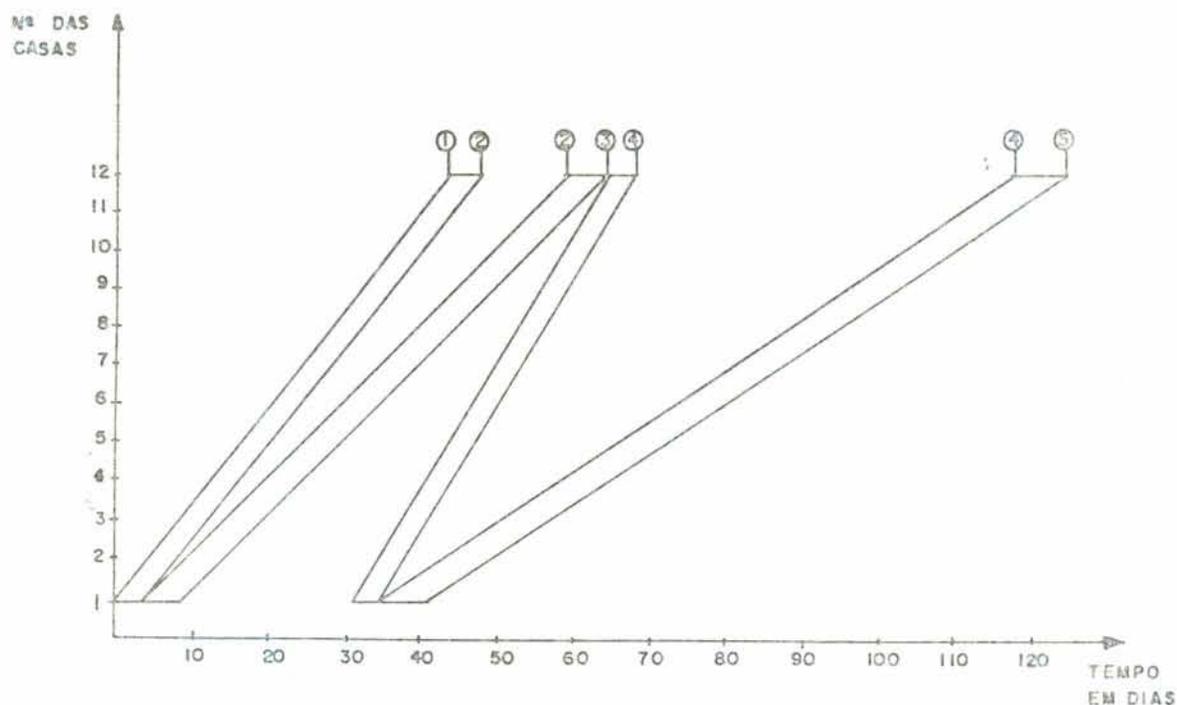


FIGURA 3.30 - Atividades em ritmo natural com emprego de uma equipe.

Na prática, deve-se encontrar um ritmo fundamental comum a todas atividades, como dita a programação paralela. Isto ocorre apenas em situações onde exista muita flexibilidade associada às estimativas das durações das atividades ou onde houver um arranjo destas. Quanto às durações das atividades usadas na programação, sabe-se que estas já trazem consigo uma grande incerteza, função de sua origem histórica (fruto de uma rotina de obra da empresa) ou do caráter impositivo de sua determinação. Já no arranjo das atividades, tem-se como limitações, nas alterações dos métodos de trabalho, apenas o bom senso no uso de novas técnicas. No entanto, isto não diminui o problema de estipular-se um ritmo fundamental único.

### 3.4.7. Balanceamento das Equipes

Nesta seção, será enfocada a adaptação dos meios de produção das diversas atividades que constituem um projeto aos ritmos de trabalho a serem impostos. Atenção específica será dada à constituição das equipes de trabalho com o objetivo final de atingir-se um ritmo fundamental comum a todas as atividades que represente, tanto quanto possível, um número múltiplo de ritmos naturais destas atividades.

Se na tentativa de obtenção de um ritmo comum a todas as atividades do processo de construção, exaurirem-se as possibilidades de obtê-lo através de um balanceamento das atividades, qualquer que seja a combinação dos fatores de multiplicação dos recursos, a solução deverá, então, ser buscada através do balanceamento das equipes. Note-se que em balanceamento de atividades deve-se entender as variações possíveis no número de equipes de trabalho a serem utilizadas, com o fim de ajustá-las ao ritmo desejado. Já o balanceamento de equipes trata de variações possíveis no número de profissionais que estas equipes particulares de trabalho detêm a fim de atingir-se este mesmo objetivo.

Tome-se como exemplo algumas das atividades envolvidas na execução do projeto das 200 casas: alvenaria, cobertura e revestimentos. A TABELA 3.6 mostra valores de duração, ritmo natural e tamanho de equipe para estas atividades.

Para ajustar-se as atividades a um ritmo comum de aproximadamente 9 casas/semana ajustou-se os tamanhos das equipes de trabalho, já que no balanceamento das atividades não se obteve resultados satisfatórios.

Os ajustes feitos na constituição das equipes estão baseados nas possibilidades de redução ou acréscimo do número de oficiais nestas equipes, uma vez que o dimensionamento das equipes baseia-se, geralmente, na produtividade destes profissionais.

TABELA 3.6 - Tabela de ritmos.

ATIVIDADE	DURAÇÃO	RITMO NATURAL	CONSTITUIÇÃO DA EQUIPE
Alvenaria	1.3 semanas	8.8 casas/semana	2 pedreiros 1 servente
Cobertura	0.9 semanas	4.3 casas/semana	1 carpinteiro 1 servente
Revestimentos	1.2 semanas	12.2 casas/semana	4 pedreiros 4 serventes
Pintura	1.3 semanas	9.3 casas/semana	2 pintores 2 serventes

Nas equipes que realizam os trabalhos de execução da cobertura e pintura, por exemplo, foram acrescentados mais dois profissionais, um em cada uma das equipes, enquanto que na equipe dos revestimentos reduziu-se o número de profissionais.

A nova formação das equipes e seus ritmos naturais de trabalho consequentes destes ajustes são listados a seguir na TABELA 3.7.

TABELA 3.7 - Tabela de constituição das equipes.

ATIVIDADE	DURAÇÃO	RITMO NATURAL	CONSTITUIÇÃO DA EQUIPE
Alvenaria	1.3 semanas	8.8 casas/semana	2 pedreiros 1 servente
Cobertura	0.5 semanas	8.6 casas/semana	2 carpinteiros 1 servente
Revestimentos	1.7 semanas	9.2 casas/semana	3 pedreiros 4 serventes
Pintura	0.9 semanas	9.3 casas/semana	3 pintores 2 serventes

Sabe-se que em algumas situações o tamanho da equipe é inflexível, mesmo assim, outros meios devem ser tentados para fazer o balanceamento, procurando-se sempre atingir o objetivo que é o menor ritmo natural possível.

Entre estes outros meios citados pode estar a organização das atividades em pacotes de trabalho, que nada mais são do que o agrupamento das atividades. Este pacote de atividades aumenta o alcance do balanceamento, pois aumenta o conteúdo de trabalho e a duração de execução do mesmo, reduzindo-se o ritmo natural de execução. Com este novo ritmo mais baixo, as chances de combinação com outras atividades, na obtenção do ritmo comum, tornam-se maiores.

Em resumo, o balanceamento das equipes pode ser obtido através de dois métodos:

a) ajuste do tamanho das equipes em relação ao conteúdo de trabalho (HHs) que encerra a atividade. Resulta daí a determinação de uma duração para esta atividade igual ou múltipla da maior duração comum às atividades da rede.

b) agrupamento das atividades que são executadas por um mesmo tipo de profissional, aumentando-se, assim, a duração da atividade desta equipe de forma que um ritmo natural menor e mais flexível é obtido.

Na verdade, estes dois métodos de balanceamento, normalmente, não fornecem resultados satisfatórios quando aplicados isoladamente. O ajuste do tamanho das equipes deve ser feito após o agrupamento das atividades, isto é, o balanceamento deve ser realizado a partir de uma combinação dos dois métodos.

Estes balanceamentos de atividades e equipes podem levar a situações altamente repetitivas onde os recursos são utilizados plenamente e sua movimentação através das seções do projeto dê-se em intervalos de tempo muito pequenos (movimentação diária, por exemplo). Isto leva a uma alta especialização do trabalho; no entanto, estas situações tornam os trabalhos mais sensíveis a problemas de mau tempo, de estoque de material e mão-de-obra e exigem uma supervisão mais efi-

ciente.

Na próxima seção deste trabalho, será apresentado o método de programação de recursos, sendo, posteriormente, feitas comparações entre dois métodos de Programação da L.B.

### 3.5. Programação de Recursos

Como dito em seções anteriores, a programação de recursos tem como regra básica programar a execução de cada uma das atividades que constituem um projeto em sua razão natural de progresso, adotando um número inteiro de ritmos naturais de modo a obter uma razão produtiva que muito se aproxime da razão de construção desejada. Este ritmo de trabalho múltiplo do ritmo natural é obtido multiplicando-se o número de equipes a serem utilizadas, sem, no entanto, forçar-se uma velocidade padrão de trabalho, evitando-se, assim, as ociosidades forçadas da mão-de-obra.

O exemplo a ser apresentado para demonstração do método de programação de recursos da L.B. é o mesmo que vem sendo usado até então para a programação paralela - a execução de 200 casas em uma razão de construção de 1.80 casas/dia ou 9 casas/semana.

A rede unitária usada para programar o empreendimento através da programação de recursos não é a mesma utilizada na programação paralela. Algumas variações lógicas foram inseridas como mostra a FIGURA 3.31. Estas modificações inseridas objetivaram a redução do número de profissionais de uma mesma categoria, prevendo-se a sua utilização em outras atividades compatíveis com a sua especialização, eliminando-se, assim, a ocorrência de algumas atividades paralelas e diminuindo-se os homens-hora improdutivos.

Nesta nova rede, os profissionais envolvidos na execução dos revestimentos internos e externos da casa também executarão as atividades de colocação de esquadrias metálicas e marcos e, ainda, aquelas relativas à confecção do piso cimentado. Os carpinteiros envolvidos com a colocação de portas e janelas de madeira executarão a colocação do forro. A

execução dos serviços de instalação elétrica e hidro-sanitária será mais simultânea eliminando-se parte da ociosidade provocada pela sua programação paralela.

A FIGURA 3.32 apresenta o diagrama L.B. resultante quando programa-se o empreendimento pelo método de programação de recursos. Note-se que além do tempo médio unitário de produção ter aumentado, em relação ao da programação paralela, também o período total de produção foi ampliado. A duração estimada do projeto é de 215 dias, aproximadamente 43% superior à prevista na programação paralela.

A TABELA 3.8 apresenta os valores de duração das atividades, número de equipes envolvidas e o ritmo de trabalho adotado em cada atividade. A forma de obtenção destes valores já foi apresentada na seção 3.4.4, quando foi desenvolvido o método de programação paralela.

Na construção do diagrama da FIGURA 3.32 são respeitados os valores da TABELA 3.8, principalmente no que tange aos ritmos imprimidos às atividades e à duração das mesmas.

A curva de alocação de recursos que resulta do programa acima é apresentada na FIGURA 3.33. O pico de alocação de recursos é 267 operários em um período aproximado de quarenta (40) dias apenas. Tentando aproximar-se a figura resultante da alocação prevista em um trapézio regular, através da compensação das áreas, o pico obtido é de 250 homens em um período de cerca de 164 dias, o que preve um conteúdo de trabalho de 28490 homens-dias.

A TABELA 3.9 mostra o cálculo analítico do conteúdo de trabalho envolvido no projeto. O valor obtido é de 28543 homens-dias para todo o projeto e de cerca de 143 homens-dias por unidade.

As diferenças observadas nos resultados obtidos com os métodos gráfico e analítico devem-se às imperfeições do método gráfico, onde as compensações de áreas são feitas intuitivamente, por observações visuais.

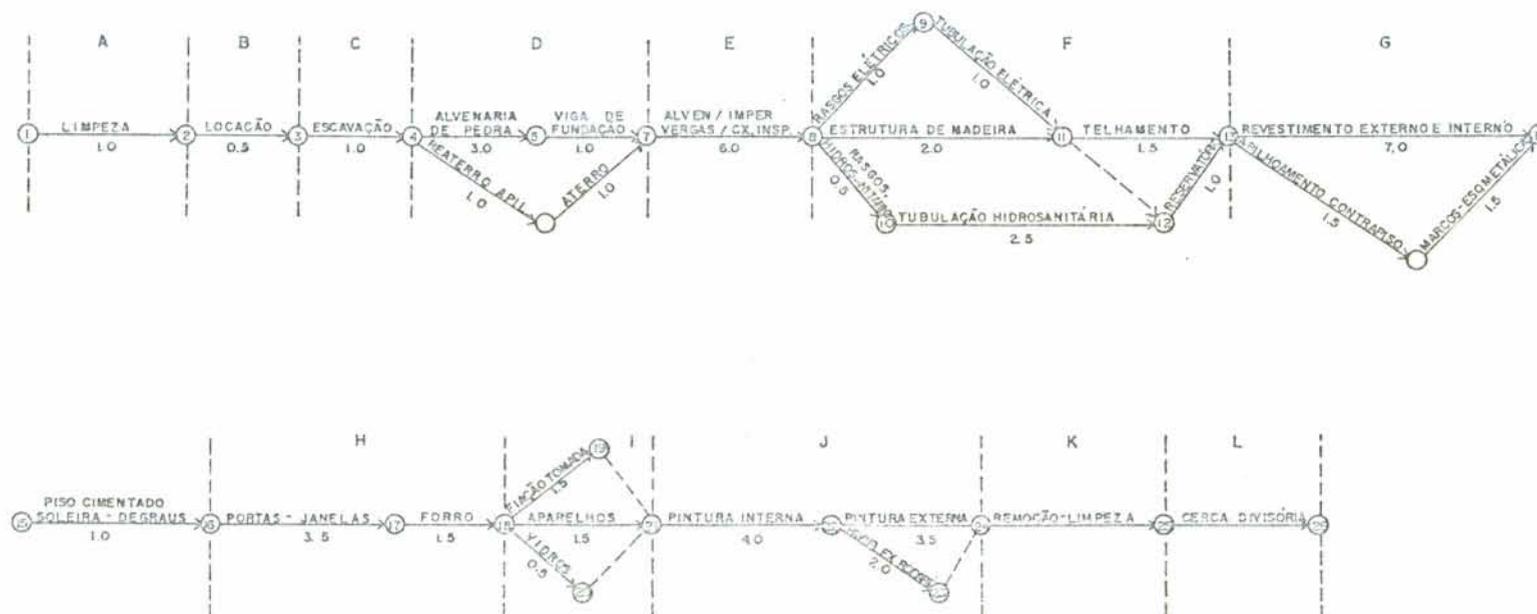


FIGURA 3.31 - Rede unitária de atividades modificada para programação de recursos. Duração: 41,5 dias.

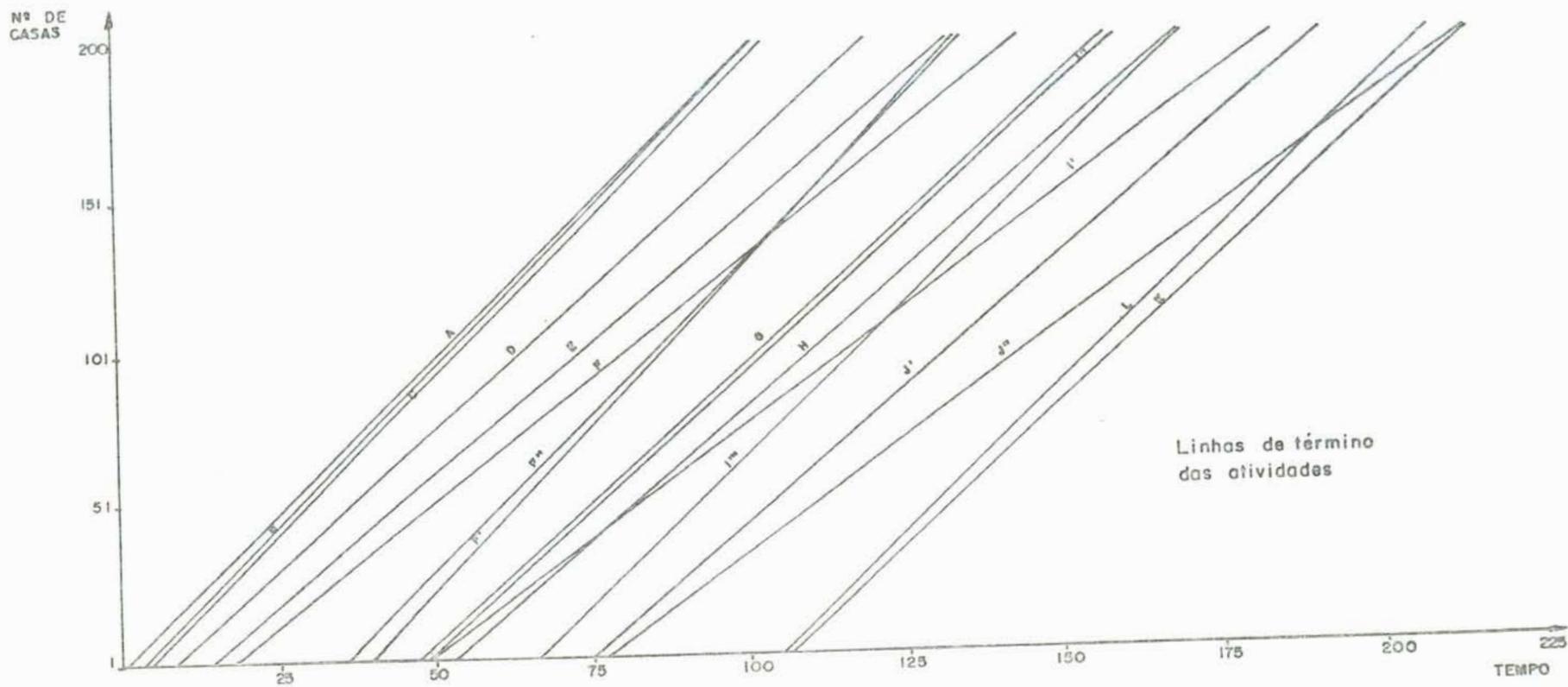


FIGURA 3.32 - Diagrama de linha de balanço para programação de recursos.

TABELA 3.8 - Programação de recursos - Método analítico.

Nº	ATIVIDADES	Categoria que comanda	HHs/casa por atividade M	Tamanho teórico das equipes G	Homens/casa H	Numero de equipes N	Tamanho real da equipe g	Razão revisada de construção U	Duração/dias para uma casa D	Duração arredonda-da D <sub>1</sub>	Tempo desde o início na 1.ª casa até na última S
A	Limpeza	serv.	14,52	2,72	3,0	1,0	3,0	1,98	0,50	1,0	101
B	Locação	carp.	4,72	0,89	1	1,0	1,0	2,03	0,50	0,5	99
C	Escavação	serv.	29,90	5,61	2	3,0	6,0	1,93	1,10	1,0	104
D	Alvenaria de pedra, viga de fundação, aterro, reaterro	pedr.	75,44	14,15	2	7,0	14,0	1,78	3,93	4,0	112
E	Alvenaria, impermeabilização, vergas, cx. inspeção	pedr.	114,38	21,45	2	10,0	20,0	1,68	5,96	6,0	119
F	Telhado, reservatório	carp.	61,08	11,45	2	5,0	10,0	1,57	3,18	3,5	127
F'	Rasgos e instalação elétrica	eletr.	13,92	2,64	1	3,0	3,0	2,04	1,45	1,50	98
F''	Rasgos e instalação hidro-sanitária	encan.	24,79	4,65	1	4,0	4,0	1,94	2,58	2,50	103
G	Revestimento interno-externo, marco, contrapiso, piso	pedr.	208,28	39,05	3	13,0	39,0	1,80	7,23	7,50	111
H	Portas-janelas-forro	carp.	50,65	9,50	1	9,0	9,0	1,71	5,3	5,5	117
I <sub>1</sub>	Fiação-tomadas	eletr.	13,34	2,50	1	2,0	2,0	1,44	1,39	1,50	138
I <sub>2</sub>	Aparelhos	encan.	16,25	3,08	1	3,0	3,0	1,75	1,69	1,50	114
I <sub>3</sub>	Vidros	vidr.	5,00	0,95	1	1,0	1,0	1,92	0,52	0,50	104
J <sub>1</sub>	Pintura interna-externa	pintor	72,40	13,75	1	13,0	13,0	1,70	7,53	7,50	117
J <sub>2</sub>	Paviflêx-rodapés	coloc.	19,92	3,74	1	3,0	3,0	1,44	2,08	2,0	138
K	Remoção-limpeza	serv.	5,00	0,95	1	1,0	1,0	1,92	0,52	0,50	104
L	Cerca divisória	carp.	10,00	1,90	1	2,0	2,0	1,92	1,04	1,00	104

TABELA 3.9 - Tabela de consumos - Programação de recursos.

Nº	ATIVIDADES	Duração	Recursos alocados	Homens-dia por atividade	Fator multiplicação de recursos	Pico de recursos Nº de homens	Base equivalente do histograma Dias	Área do histograma Homens-dias	Homens-Dias/ atividade na razão de produção	Razão de produção
A	Limpeza	1,0	3,0	3,0	1,0	3,0	101,5	304,5	1,52	1,98
B	Locação	0,5	2,0	1,0	1,0	1,0	98,5	98,5	0,49	2,03
C	Escavação	1,0	2,0	2,0	3,0	6,0	103,1	618,6	3,09	1,93
D	Alvenaria de pedra, fundações/aterro	4,0	6,0	24,0	7,0	42,0	112,4	4720,8	23,60	1,78
E	Alvenaria, impermeabilização, vergas, cx. inspeção	6,0	2,0	12,0	10,0	20,0	119,1	2382	11,91	1,68
F	Telhado, reservatório	3,5	4,0	14,0	5,0	20,0	127,7	2554	12,77	1,57
F'	Instalação elétrica	1,5	2,0	4,5	3,0	6,0	98,1	588,6	2,94	2,04
F''	Instalação hidro-sanitária	2,5	2,0	5,0	4,0	8,0	103,5	828	4,14	1,94
G	Revestimentos, marcos, contrapiso, piso	7,50	6,0	45,0	13,0	78,0	111,4	8689,2	43,45	1,80
H	Portas-janelas-forro	5,5	2,0	11,0	9,0	18,0	117,2	2109,6	10,55	1,71
I <sub>1</sub>	Fiação-tomadas	1,50	2,0	3,0	2,0	4,0	139	556	2,78	1,44
I <sub>2</sub>	Aparelhos	1,50	2,0	3,0	3,0	6,0	114,1	684,6	3,42	1,75
I <sub>3</sub>	Vídras	0,50	1,0	0,5	1,0	0,5	104,1	52,1	0,26	1,92
J <sub>1</sub>	Pintura	7,50	2,0	15,0	13,0	26,0	117,5	3055	15,28	1,70
J <sub>2</sub>	Paviflex-rodapé	2,0	2,0	4,0	3,0	6,0	138,8	832,8	4,16	1,44
K	Remoção-limpeza	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	104,1	52,1	0,26	1,92
L	Cerca divisória	1,00	2,0	2,0	2,0	4,0	104,1	416,4	2,08	1,92
				149,5				28542,8	142,7	

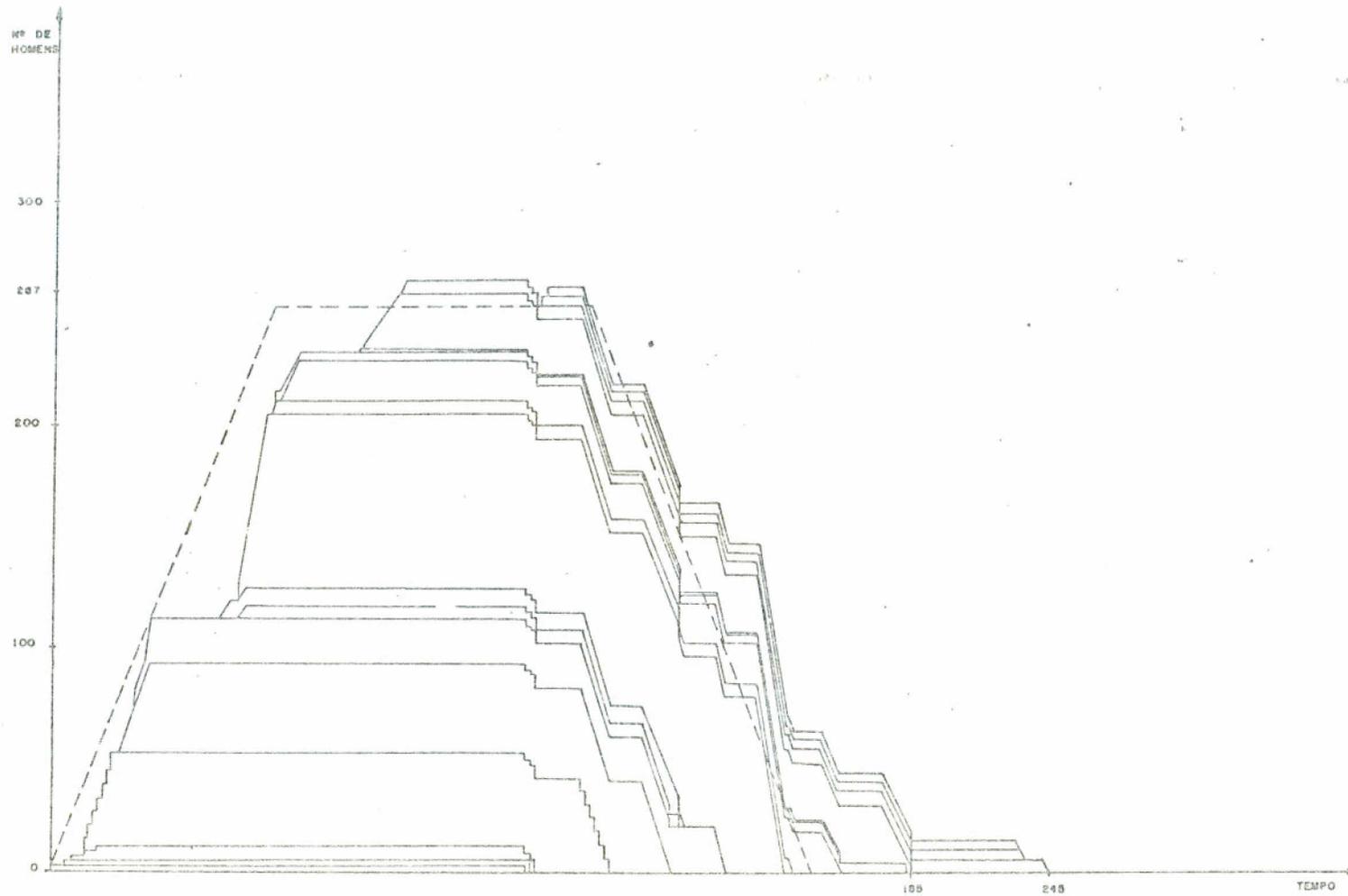


FIGURA 3.33 - Curva de alocação de recursos - P. recursos.

### 3.6. Comparação entre Programação Paralela e Programação de Recursos

Os dois principais tipos de programação da técnica da Linha de Balanço foram apresentados nas seções anteriores, tendo sido aplicados a um mesmo projeto. Os programas resultantes permitiram que as seguintes conclusões esboçadas por DARLOW fossem confirmadas:

a) o tempo unitário médio de construção na programação paralela é o menor possível e não varia com o ritmo de construção adotado nem com o número de unidades que encerra o projeto (FIGURA 3.34);

b) na programação de recursos, o tempo unitário médio de construção é extremamente prolongado, decresce com o aumento do ritmo de construção e cresce com o número de casas do projeto. Quando o ritmo de construção é muito baixo, este tempo unitário médio torna-se excessivamente grande, por vezes inaceitável (FIGURA 3.32 e 3.34).

c) os custos diretos de mão-de-obra por unidade não variam com o ritmo de construção adotado, quando em programação de recursos, já que as atividades seguem a um ritmo de trabalho natural. Na programação paralela, no entanto, há um decréscimo assintótico destes custos com o aumento do ritmo de construção, uma vez que a duração unitária das atividades fica prolongada pois é menor o número de operários empregados na execução das mesmas (FIGURA 3.35 e 3.36(a) e (b)). No entanto, considerando-se o projeto como um todo, poderá não haver vantagens econômicas em um ritmo muito acelerado de trabalho em função do número maior de equipes a ser adotado.

Algumas outras diferenças entre a programação paralela e a de recursos podem ser apresentadas:

d) a programação de projetos compostos é mais facilmente elaborada através da programação paralela, pois, na programação de recursos, os intervalos entre equipes sucessivas no início do projeto são diferentes dos intervalos das mesmas no final do projeto (FIGURA 3.32);

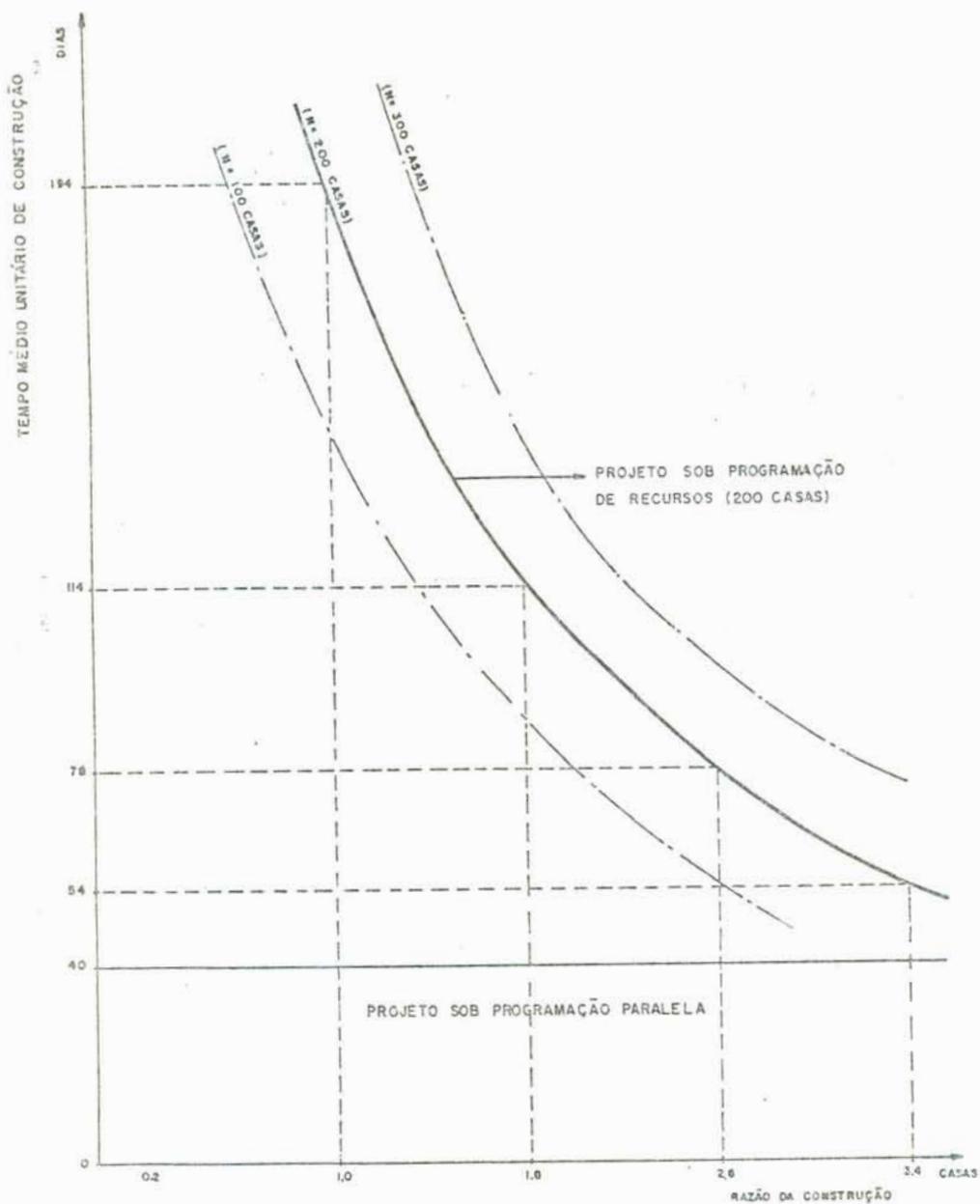


FIGURA 3.34 - Comparação entre programação paralela e de recursos - Variação de tempo unitário de construção.

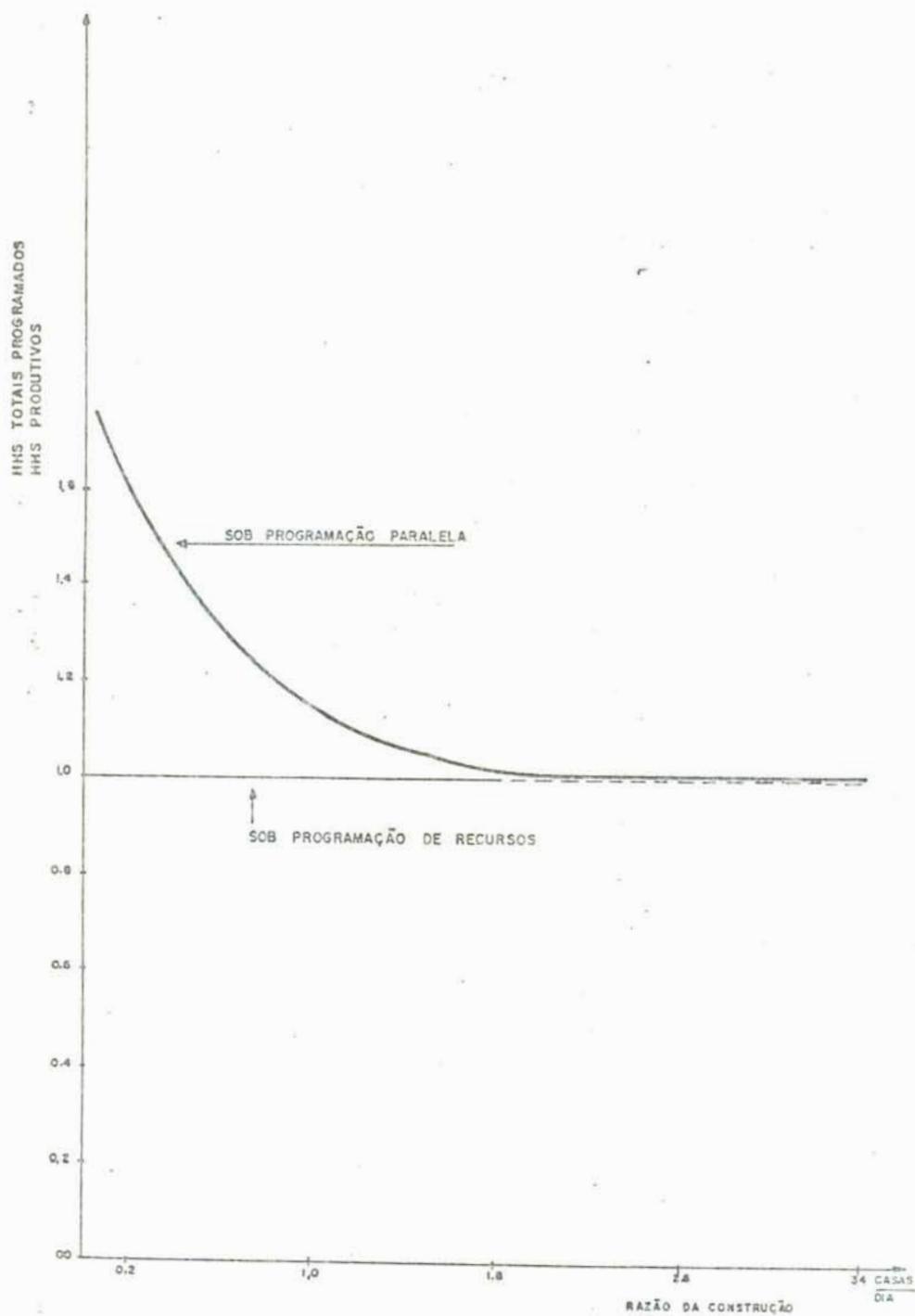


FIGURA 3.35 - Comparação entre programação paralela e de recursos - Improdutividade.

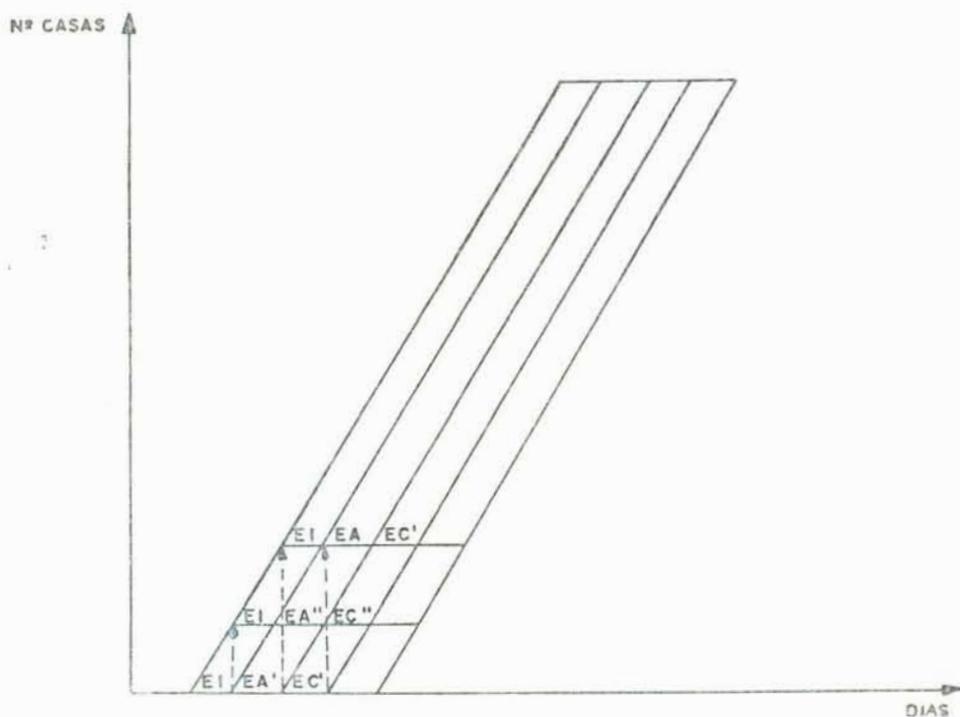


FIGURA 3.36(a) - Programação paralela com ritmo mais acelerado. Menor número de operários por equipe. Maior número de equipes.

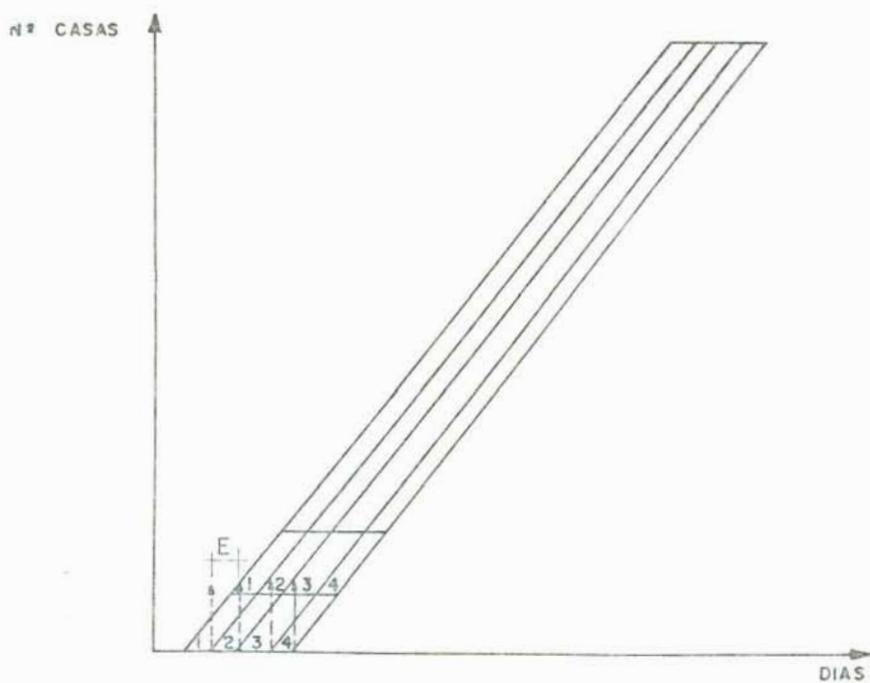


FIGURA 3.36(b) - Programação paralela com ritmo menos acelerado. Maior número de operários por equipe. Menor número de equipes.

e) a alocação direta de mão-de-obra durante o período de execução do projeto varia com o método de programação. Na programação paralela, a distribuição de mão-de-obra direta no tempo apresenta a forma trapezoidal. Na programação de recursos, a distribuição de mão-de-obra no tempo é irregular e o número de operários em serviço, em qualquer momento, é inferior ao da programação paralela (FIGURA 3.26 e 3.33);

f) os desvios entre o programa e o progresso real da obra são mais frequentes e mais significativos na programação paralela, pois os ritmos de trabalho impostos, na grande maioria das atividades, é bastante diferente do ritmo natural.

g) as esperas introduzidas pela programação paralela, entre o trabalho de uma equipe numa unidade e na unidade subsequente, proporcionam uma interrupção na continuidade executiva. Esta interrupção traz como consequência redução na produtividade potencial ganha com a repetição. Na programação de recursos, estes efeitos de descontinuidade por espera de locais de trabalho não ocorrem.

### 3.7. O Efeito da Repetição - Curva de Aprendizagem

Substanciais melhorias de produtividade podem ser alcançadas quando se estabelece um processo repetitivo nos projetos de construção. Os decréscimos graduais obtidos no tempo operacional de trabalhos repetitivos, a melhor organização e maior especialização das tarefas e o maior grau de mecanização decorrentes de uma produção em série levam a economias nos custos operacionais diretos e nos custos indiretos da construção (menores custos de mão-de-obra, custos de financiamento, maquinaria, equipamentos, supervisão, etc.).

O alto grau de repetição nos empreendimentos pode ser alcançado de várias formas:

(a) A nível de projeto:

Com a padronização e a tipificação dos componentes da construção e da própria construção.

(b) A nível de planejamento:

Com a adoção de métodos de trabalho e de tecnologias que proporcionem a especialização das atividades.

(c) A nível de empresa:

Com a atuação das empresas em certos tipos de construção (por exemplo, atuação exclusiva em obras como conjuntos habitacionais ou condomínios, obras de infraestrutura, etc.), proporcionando a especialização das mesmas em certos serviços.

Os efeitos benéficos do aumento de produtividade advindos da repetição são representados pela curva de aprendizado, que relaciona o tempo operacional gasto por unidade com o número de unidades produzidas. A filosofia desta curva é que quanto mais vezes uma atividade é executada, menor o tempo gasto em executá-la (FIGURA 3.37).

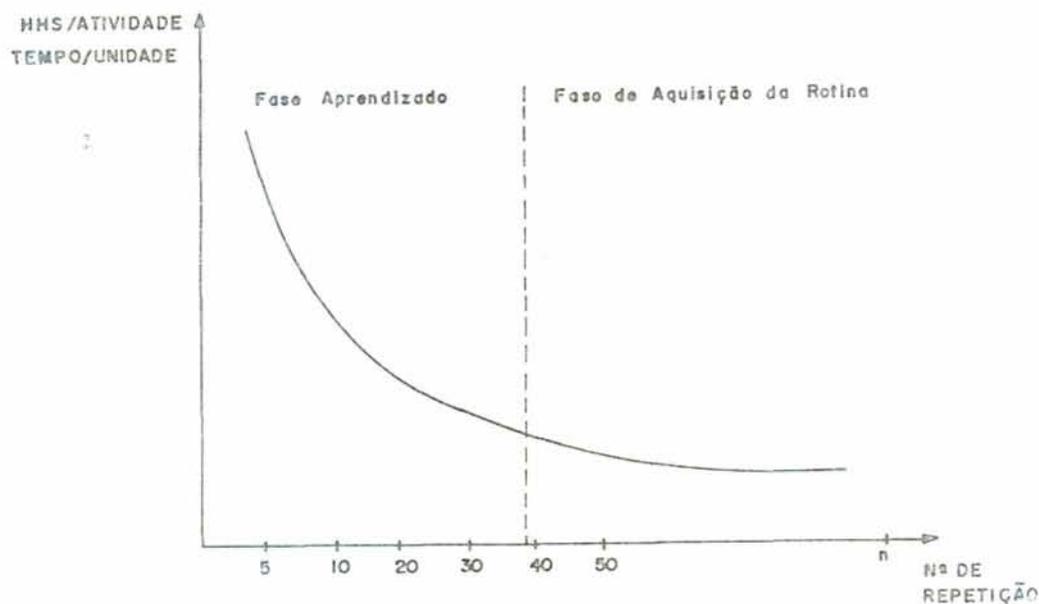


FIGURA 3.37 - Curva do Efeito Aprendizado (GATES, M. & SCARPA, A.<sup>30</sup>)

Na verdade este processo de aprimoramento da produtividade, ou efeito aprendido, se dá em duas fases que são:

- a fase dita de aprendizagem da operação, na qual os operários adquirem conhecimentos suficientes sobre a tarefa a ser executada. É quando a produtividade aumenta rapidamente e,

- a fase de aquisição da rotina, na qual uma gradual melhoria da produtividade da mão-de-obra é obtida através da familiarização com o trabalho e de algumas pequenas modificações nos métodos e organização do trabalho.

Na prática é difícil esboçar uma delimitação entre a fase de aprendizado da operação e da aquisição da rotina. No entanto, sua existência deve ser considerada, quando se deseja comparar as curvas de aprendizado de diferentes equipes de trabalho e na proposição dos tempos para a programação.

O processo de aprendizado e aperfeiçoamento da mão-de-obra deve ser incentivado durante o período em que ocorre. Uma das maneiras de alcançar-se este objetivo é a adoção de planos de incentivos que remunerem o operário pelo aperfeiçoamento adquirido. No entanto, para que seja lucrativo e compe-

titivo, este plano de incentivos deverá garantir o efeito aprendido e fixar um alvo a ser atingido com base no tempo gasto para completar uma operação após o período de aprendizado. Mas não deverá penalizar, no princípio, as operações que demandem um maior período de tempo, em função da adaptação.

A consideração do efeito aprendido na programação das atividades torna-se mais complexa quando a programação se dá em termos de ritmos naturais destas atividades. Neste tipo de programação os cuidados a serem tomados são referentes ao fato de que o ganho de tempo obtido através do efeito aprendido não seja desperdiçado em períodos de espera (períodos ociosos) para o reinício das atividades de cada equipe nas próximas unidades a serem trabalhadas.

Segundo LUMSDEN<sup>43</sup>, o conflito pode ser expresso como estando, essencialmente, entre duas alternativas:

- conservar uma razão constante de repetição baseada em um ritmo natural derivado da consideração de estimativas de tempo para o trabalho, reduzindo o tamanho das equipes;

- conservar o mesmo número de operários e aceitar algum tempo improdutivo que possa ocorrer devido a uma combinação da duração reduzida das atividades, quando em ritmo natural e na razão de construção.

Em função do efeito aprendido, o tempo médio cumulativo para execução de uma tarefa repetitiva decresce exponencialmente, quando o número de repetições aumenta geometricamente. Isto leva ao aparecimento ou aumento dos períodos de espera das equipes para a retomada do trabalho em novas unidades. Em decorrência, acentua-se a reação natural de ocupar-se estas mesmas equipes em outras atividades que necessitem dos serviços destas categorias de profissionais, preenchendo, assim, os períodos ociosos.

A prática de utilização de uma equipe para execução de várias atividades é comum na indústria da construção e justifica-se porque muitos trabalhos envolvidos em construções do tipo repetitivo demandam, geralmente, maior tempo de execu-

ção do que o julgado necessário. Este tipo de atitude determina, também, uma descontinuidade muito grande nos trabalhos em obra e uma rotatividade, igualmente alta, dos operários através das atividades do projeto, em prejuízo ao fenômeno do efeito aprendido.

Os efeitos favoráveis da repetição podem ser total ou parcialmente neutralizados por fatores adversos a falta de continuidade do trabalho, problemas meteorológicos, organização inadequada dos canteiros de obra, problemas de suprimentos de materiais e outros. Por isso, o sucesso das operações de caráter repetitivo está intimamente ligado a um completo pré-planejamento e a organização dos trabalhos de construção.

Surgem dificuldades na elaboração dos programas quando se tenta considerar o efeito aprendido, pois, na prática, é difícil estimar um valor para a quantidade de homens-hora necessários a cada atividade durante a execução do projeto. Sendo assim, é mais difícil ainda prever o acréscimo de produtividade que ocorrerá em função da repetição. Estas incorreções no programa podem ser contornadas com a utilização de folgas programadas ou adoção de medidas que corrijam o ritmo geral de produção de período a período.

### 3.8. Folgas na Programação

As folgas de programação devem ser inseridas com a finalidade de absorver eventuais erros de estimativa das durações das atividades e atrasos causados por falta de condições de trabalho, assegurando-se desta forma que nenhuma atividade interfira na execução das outras.

Estas folgas de programação podem ser de diversos tipos:

a) simplesmente pequenos períodos de tempo livres, as verdadeiramente denominadas folgas;

b) períodos programados para a execução de outras atividades de caráter secundário como recebimento e despacho

de materiais e componentes, interrupções recreacionais e outras, as denominadas atividades neutras;

c) períodos livres de uma maior duração - os denominados estágios neutros que facilitam a programação de serviços como infraestrutura, superestrutura e acabamentos em ritmos múltiplos de seus ritmos naturais e que divergem entre si.

Até agora os diagramas da L.B. apresentados neste trabalho não tem incluída a idéia de folgas de programação.

A técnica de Linha de Balanço baseia-se na data de ocorrência dos eventos, que são na verdade o último momento para a atividade ser concluída. Não existe nenhum espaço de tempo entre as sucessivas atividades que admita a ocorrência de problemas tais como: escassez de mão-de-obra e materiais, mau tempo ou má qualidade do solo e outras, que podem acarretar atrasos na programação das atividades.

Uma outra indicação da necessidade de se incluir folgas na programação advém do fato de que as durações das atividades são estimativas e não se pode prever a real produtividade alcançada pelos operários em obra. A programação de uma obra deve, inicialmente, basear-se em uma suposição de desempenho padrão à qual folgas são adicionadas.

Pela característica de continuidade de trabalho que a técnica da L.B. impõe, pode-se sentir os reais danos causados por atrasos em uma dada atividade para as demais atividades da rede lógica. O exemplo que será mostrado a seguir, evidencia estes distúrbios (FIGURA 3.38).

Analisando-se apenas uma parte da rede de atividades de uma unidade habitacional, isto é, as atividades 2-3 e 3-4, percebe-se que se alguma das quatro equipes que executam a atividade 2-3 atrasar seu trabalho em uma das unidades, a execução da atividade 2-3 restará em atraso em todas as unidades seguintes. Isto deve-se ao fato que apenas uma equipe, por hipótese, realiza os trabalhos da atividade 3-4 em todas unidades do projeto, e que o início retardado desta atividade em uma das unidades conseqüentemente se estenderá às demais unidades a serem trabalhadas.

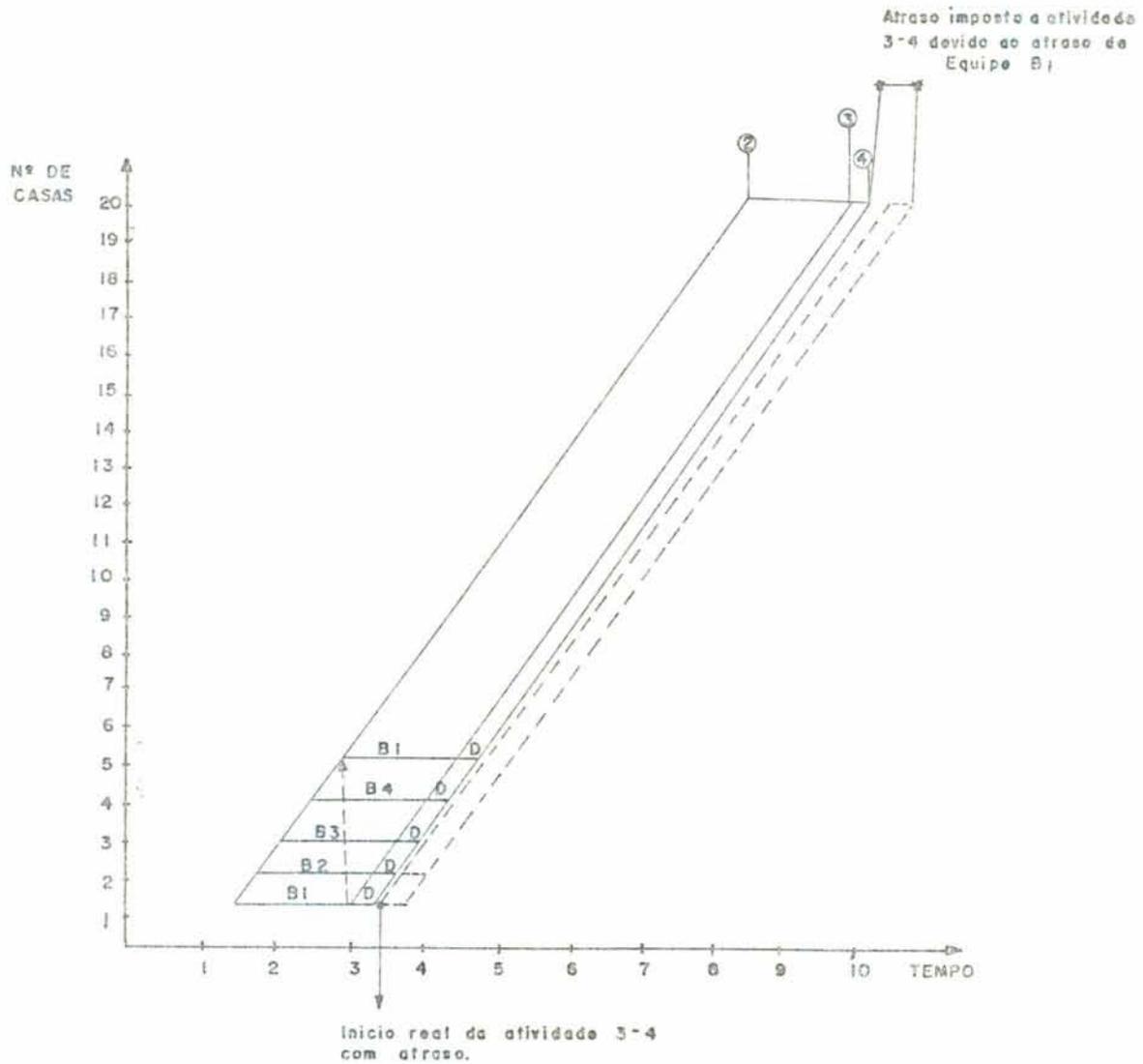


FIGURA 3.38 - Efeito dos atrasos não previstos.

A vantagem de se fazer a programação contando com períodos de folga entre as atividades, reside na possível compensação destes atrasos com a utilização destes períodos livres previstos para execução das atividades.

Uma prática que pode ser facilmente seguida é a de compensar as variações aleatórias de produtividade através de folgas que representam atividades neutras como recebimento e despacho de componentes, armazenagem e estocagem de materiais, moldagem de componentes pré-fabricados e outras.

Ainda, um outro método que serve de proteção para o alcance dos objetivos da programação é aquele que se utiliza das interrupções naturais do processo e faz destes períodos está-

gios neutros. Estas interrupções representam a delimitação de períodos bem definidos do processo de construção como a passagem dos trabalhos de infraestrutura para superestrutura ou destes para os de acabamento, etc. Estas quebras podem ser planejadas admitindo-se folgas que, ou serão consumidas para que se compensem atrasos na programação, caso houverem, ou serão períodos em que os problemas de estoque, reparos e outros serão solucionados.

Deve-se ter em mente, no entanto, que a introdução de folgas, seja de que tipo forem, fará com que o período de execução da obra prolongue-se e as implicações desta atitude devam estar corretamente conhecidas e estudadas, principalmente em empreendimentos onde as faturas de pagamento dos serviços à empresa ou a liberação das parcelas de financiamento estão baseados nas medições dos serviços executados.

### 3.8.1. Atividades Neutras

A função da inclusão de atividades neutras nos programas é a de atrasar o início das atividades subsequentes para que sejam minimizados os efeitos de atrasos anteriores em toda a programação, ou seja, eliminar os distúrbios do fluxo regular de trabalho.

Através destas folgas impostas, haverá a formação de estoques de trabalho, ou seja, as equipes de execução de uma atividade precedente, completam-se em várias unidades que só serão trabalhadas, novamente, pela equipe ou equipes que executam a atividade seguinte, após sucedido o período ocupado pelas atividades neutras. Quanto maiores forem estes estoques de trabalho, menores os distúrbios no fluxo regular da produção e maior a probabilidade de que estes sejam eliminados. Assim, os atrasos que podem ocorrer refletirão, apenas, em flutuações no número de unidades estocadas.

Com a inclusão destas atividades neutras, que representam folgas na programação, o período de execução de uma unidade construtiva fica estendido. Com o prolongamento da duração dos serviços, poderá ocorrer um substancial acréscimo nos

custos de construção, principalmente nos custos indiretos. Portanto, ao se programar a execução de uma unidade, deve-se estar atento a questão do lucro mínimo que se pretende obter no empreendimento.

A utilização de folgas também poderá aumentar o risco de seguir-se a tendência de abandonar o programa e adotar-se os níveis de produtividade usuais, obtidos no período inicial da obra durante o restante do trabalho.

### 3.8.2. Estágios Neutros

Como já foi dito anteriormente, as folgas obtidas através da inserção de períodos, ditos estágios neutros, entre as principais fases da construção, acrescentam à programação a possibilidade de programá-las em ritmos múltiplos de seus ritmos naturais, mesmo que estes sejam muito distintos, ao invés de um ritmo comum a todas elas, obtido através de aproximações e ajustamentos.

Esta programação segundo os ritmos próprios das atividades propicia que os recursos de mão-de-obra sejam utilizados plenamente (fator de utilização de 100%).

A programação com a inclusão de folgas do tipo estágios neutros traz, também, a vantagem de poder-se com facilidade absorver atrasos devido às intempéries, principalmente nas fases iniciais da obra, quando os trabalhos são muito dependentes deste fator. Ou, ainda, a possibilidade de programar-se as atividades subsequentes a esta fase prejudicada pelo mau tempo em um ritmo mais elevado, compensando os distúrbios.

No entanto, ao nível de atividade, o conjunto de equipes em seus fluxos de trabalho não ficam protegidos de problemas de estoque de materiais, de reparos construtivos e outros.

Quando as atividades são programadas a uma mesma razão de produção exigindo, assim, que tanto o número de equipes como o tamanho delas seja balanceado, estes períodos de folga inseridos entre as fases de construção (estágios neutros) é que

absorverão as variações ocasionais de produtividade, evitando os riscos prováveis à complementação de cada estágio da construção. Esta propriedade fica bem representada na FIGURA 3.39, onde são representados o programa e a situação real de execução da obra.

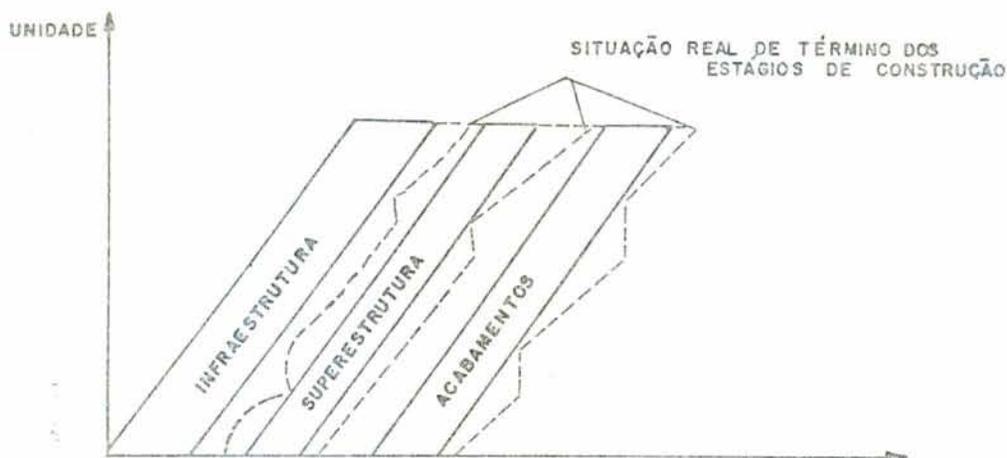


FIGURA 3.39 - Programação dos estágios a mesma razão de produção com inserção de estágios neutros.

Os estágios neutros são determinados pelos próprios ritmos de trabalho nas situações em que as atividades e, conseqüentemente, as fases da construção que elas determinam, são programadas em razões de produção que são múltiplos dos ritmos naturais destas atividades. A FIGURA 3.40 exemplifica e esclarece este tipo de programação. É também, o que acontece entre as atividades na programação de recursos.

É importante ressaltar que nos casos de programação como a da FIGURA 3.41 a mão-de-obra necessária aos serviços só é recrutada no momento de sua real utilização, ou seja, no início da execução das atividades.

Na verdade, a prática em outros países tem definido como solução mais apropriada programar-se lançando mão das alternativas de folgas de programação. Uma combinação das Atividades Neutras e Estágios Neutros traria maior efetividade na preservação da integridade dos trabalhos repetitivos (LUMSDEN<sup>44</sup>).

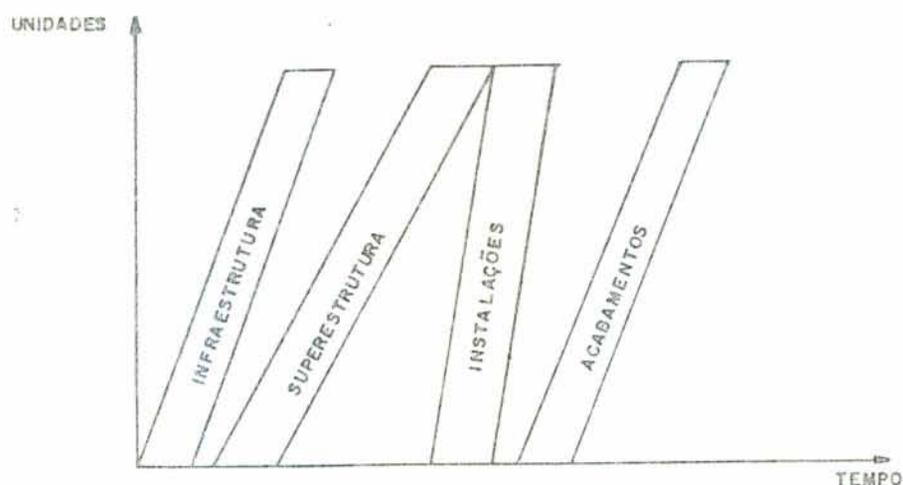


FIGURA 3.40 - Programação dos estágios segundo seu ritmo natural.

No caso específico dos estágios neutros, que estabelecem folgas entre fases específicas do processo construtivo, haveria condições de estabelecerem-se intervalos de separação entre a execução das diversas fases da construção; por exemplo, a fase de superestrutura poderia ser programada em um ritmo mais lento do que a infraestrutura para que se formassem os estágios neutros que absorveriam eventuais distúrbios causados por problemas meteorológicos e de desconhecimento da real natureza do solo (FIGURA 3.41).

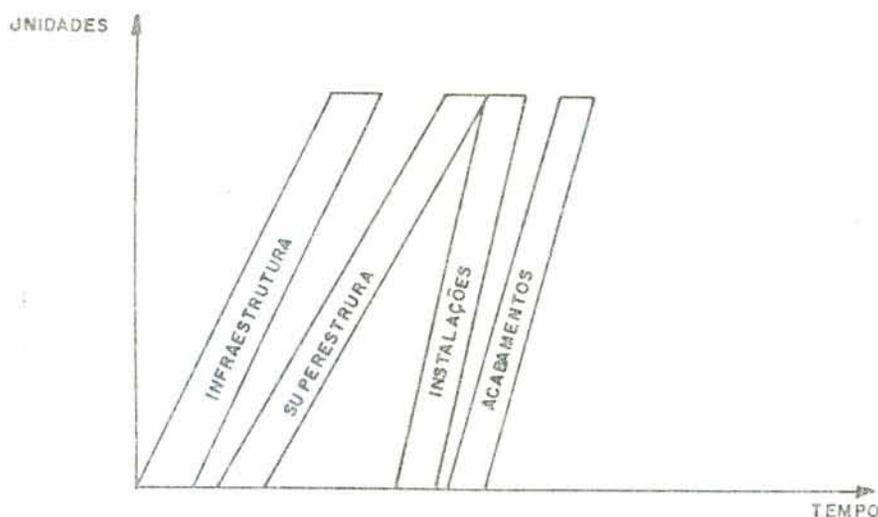


FIGURA 3.41 - Estágios de construção programados a diferentes ritmos.

Em vista do que foi dito no parágrafo anterior e na observação da FIGURA 3.41, percebe-se que o estágio neutro entre as atividades de infraestrutura e superestrutura e a maior velocidade de realização desta primeira etapa da construção resultam na formação de estoques de trabalho para as equipes que executam os trabalhos na fase da superestrutura. Note-se, também, que ao imprimir maior velocidade na execução de qualquer fase da construção, deve-se contar com o aumento do consumo dos insumos da construção neste período e com o eventual maior desembolso de capital.

### 3.9. Programação dos Suprimentos

"Uma obra, seja ela de pequeno, médio ou grande porte, poderá tornar-se deficitária caso a empresa de construção civil responsável pela sua execução não disponha de um bem estruturado setor de suprimentos<sup>64</sup>". O suprimento de material às obras representa parte considerável do custo de uma obra e nos dias de hoje a disponibilidade de dinheiro em caixa é cada vez menor.

Além disso, uma das maneiras de reduzir-se o tempo de construção de uma obra é através de um controle efetivo nos estoques de material, pois assim não haverá paralisações no trabalho devido à carência de insumos.

No caso particular da L.B., acredita-se que o sucesso de sua aplicação na construção repetitiva repousa em um sistema eficiente de suprimentos de materiais (LUMSDEN<sup>64</sup>).

Um bom sistema de suprimentos deve estar apoiado em um sistema de informações atualizado, que reflita o real estágio em que se encontram os trabalhos e possibilite previsões de insumos que serão necessários às próximas etapas da obra.

#### 3.9.1. Materiais

A partir dos diagramas da L.B. é possível montar-se cronogramas de aquisição de materiais com base em informações precisas dos momentos e locais do canteiro de obras onde serão

utilizados. Os quantitativos de cada tipo de material podem ser obtidos do orçamento.

Até então tem sido considerado de boa prática a existência de um almoxarifado em obra, cuja responsabilidade exclusiva é a do suprimento de materiais. No entanto, em obras de porte muito elevado, como os conjuntos habitacionais, onde a questão dos materiais engloba uma grande quantidade e variedade de insumos da construção, que devem estar à disposição em diversos pontos do canteiro de obras no exato momento de sua utilização, cumpre que exista um sistema de suprimento mais estruturado, que garanta a eficiência da entrega dos materiais.

Nestas situações onde a questão do suprimento de materiais torna-se complexa, pode-se pensar em desenvolver um sistema especial de funcionamento do almoxarifado ou setor de suprimentos, com equipes especiais, a ele vinculadas, cuja função é exclusivamente a requisição, o recebimento, a carga e descarga, a estocagem, o transporte e finalmente a entrega destes materiais nos respectivos locais do canteiro onde serão utilizados.

### 3.9.2. Equipamentos

A programação dos equipamentos é feita da mesma forma que a da mão-de-obra, mas o conteúdo de trabalho é expresso em horas-máquina/unidade ou, simplesmente, máquinas. Em alguns casos, a programação dos equipamentos se torna mais necessária do que a da própria mão-de-obra, pois o equipamento apresenta-se como o fator mais importante na execução dos trabalhos, ou é o insumo mais escasso e caro.

Na decisão de se programar uma destas atividades, cujo fator preponderante é o equipamento, segundo uma razão de produção semelhante à razão de entrega de unidades desejada, pode-se chegar em situações nas quais os cálculos indiquem o uso de frações de equipamento, o que é impraticável. Nestas condições, três serão as possibilidades de escolha: poder-se-á optar por realizar o trabalho com um número de equipamentos inferior (aproximação ao inteiro inferior) e, então, o trabalho

seguirá mais lento, ou seja, com um ritmo de trabalho inferior ao da entrega, ou, alternativamente, utilizar-se um número de equipamentos superior (aproximação ao inteiro superior) e o trabalho seguirá um ritmo superior ao da entrega. Como terceira alternativa, restará programar o trabalho com um número inferior de equipamentos (aproximação ao inteiro inferior), utilizando-se de horas-extras de trabalho para manter-se um ritmo de trabalho igual ao da entrega.

O campo de decisão da programação dos equipamentos é o da otimização do trabalho. Na adoção de uma solução, a tentativa deve ser a de encontrar a melhor alternativa, isto é, aquela que combine um programa de emprego dos equipamentos e que determine a máxima utilização destes com o mínimo custo de alocação possível.

### 3.10. Programação de Conjuntos de Unidades Diversificadas

Existem alguns projetos onde as unidades constituintes são bastante similares, isto é, suficientemente semelhantes que permitem que a programação se realize em relação ao conteúdo de trabalho de uma unidade, dita média ou padrão. Neste tipo de empreendimento, todas as atividades realizadas nesta unidade-tipo são também realizadas nas outras e os conteúdos de trabalho que estas atividades englobam, se não são iguais para todas as unidades, são muito semelhantes. Para os outros projetos em que existe uma diversificação muito grande na tipologia das unidades, o que conseqüentemente se reflete em distintos conteúdos de trabalho, a programação da técnica da Linha de Balanço exige a preparação de um diagrama baseado, por exemplo:

- na casa que ocorre com maior frequência, ou
  - na casa que encerra o maior conteúdo de trabalho,
- ou
- na casa escolhida como típica, ou ainda,
  - nas diferentes casas que o empreendimento encerra.

A programação segundo uma casa típica exige que se faça uma listagem de todas as atividades envolvidas na execu-

ção de cada casa com a sua respectiva duração. Também se constrói uma rede lógica que mostra a seqüência de tarefas e/ou atividades que são comuns a todos tipos de casa, a qual será com parada às listagens preparadas para os diversos tipos de casas. Uma nova listagem é feita, então, com as atividades representadas na rede, onde são acrescentados os tempos de realização da atividade para cada tipo de casa e o respectivo número de casas deste tipo que o projeto encerra.

Como exemplo podemos tomar a atividade alvenaria. Esta atividade, em função da diferente tipologia das casas, tem diferentes durações. Na TABELA 3.10, apresentada a seguir, são apresentadas as durações para a atividade alvenaria nos distintos tipos de casa, bem como o número de unidades de cada tipo que este projeto fictício encerra.

TABELA 3.10 - Apresentação de tipos para atividade alvenaria.

Tipo de casa	Duração (semanas)	Nº de unidades (casas)
A	0.6	35
B	0.8	15
C	0.6	20
D	0.5	40

Para a elaboração de um modelo de casa dito típica, que represente todos os diferentes tipos de casas do projeto, devem ser construídas tabelas iguais a TABELA 3.10 para todas as atividades da rede típica. A duração estabelecida na rede, para cada uma das atividades nela apresentadas é obtida através de um cálculo ponderado das durações destas atividades nos diferentes tipos que o projeto encerra. A TABELA 3.11 apresenta o cálculo de duração da atividade alvenaria em função do número de unidades de cada um dos quatro tipos de casa no projeto e das durações desta atividade em cada um destes tipos de casa.

TABELA 3.11 - Ponderação das durações.

Tipo de casa	Nº de casas	Duração da atividade alvenaria (semanas)	Tempo total p/ atividade por casa
A	35	0.6	21
B	15	0.8	12
C	20	0.6	12
D	40	0.5	20
TOTAL	110		65

Tempo total da alvenaria em todas casas = 65 semanas

Número total de casas no projeto = 110 casas

Logo, a duração da atividade na rede típica será de aproximadamente 0.6 semanas para a atividade alvenaria.

Este cálculo ponderado deve ser feito para todas as atividades da rede típica e a programação realizada com base nas durações obtidas destes cálculos para cada atividade.

Entretanto, deve-se ter em mente que a escolha do tipo de casa a ser adotada como padrão para a confecção do programa de execução estará a critério do planejador, que deverá conhecer em detalhes o projeto como um todo e cada tipo distinto de unidade que este projeto encerra, assim como a sua representatividade no contexto geral do empreendimento.

### 3.11. Programação da Construção Repetitiva em Múltiplos Andares

A técnica da Linha de Balanço, embora tenha sido explorada com maior ênfase na programação da construção repetitiva de casas, também pode ser aplicada à elaboração da programação de construção de blocos de edifícios que constituem conjuntos residenciais.

A construção de apenas um dos edifícios de um conjunto residencial já evidencia as características de repetitividade. Excluindo-se as fundações, o pavimento térreo e a cobertura, a construção dos demais pavimentos é orientada pela mesma seqüência de atividades.

É claro que a construção repetitiva em edifícios guarda algumas diferenças da construção repetitiva em casas. Por exemplo:

- a estrutura de um pavimento superior não pode ser construída antes que a do pavimento inferior tenha sido executada, exceto em sistemas construtivos altamente sofisticados que prevêm a utilização de macacos hidráulicos para elevação dos pavimentos superiores enquanto os inferiores ainda estão sendo montados;

- os apartamentos, embora representem moradias individuais, e também os andares, não podem ser entregues separadamente, mas apenas como um bloco completo;

- as atividades de obra grossa (estrutura, alvenaria, instalações, etc.) são realizadas de baixo para cima, enquanto as de obra fina (revestimento, pavimentação, pintura, etc.) são, em geral, realizadas de cima para baixo, o que traz complexidade aos diagramas da L.B. Mesmo assim, tendo em mente estas especificidades da construção usual de edifícios, e lançando mão de algumas adaptações possíveis e necessárias, é satisfatório programar-se estes tipos de obra com a Linha de Balanço.

A maioria dos problemas surgidos na aplicação de métodos de programação e planejamento à construção de edifícios ocorre devido a falhas na identificação dos projetos de edifícios como sendo projetos híbridos. Na verdade, como já foi dito anteriormente, são três os momentos na construção de um edifício: a fase de serviços preliminares, fundações e execução do pavimento térreo, que corresponde ao primeiro momento; a fase de construção dos pavimentos tipo e, por fim, a execução da cobertura.

A repetição do primeiro e terceiro momento só se dará periodicamente, no início e término de um bloco de apartamentos, enquanto que, para o segundo momento, a repetição se dá quase constantemente. Esta peculiaridade da construção de edifícios dificulta, muitas vezes, a sua programação pela L.B. Por estes motivos, em geral, o primeiro e terceiro momentos podem ser supridos na apresentação dos diagramas da L.B., embora sejam serviços que mereçam grande atenção do planejador e devem ser convenientemente estudados na programação, devido a sua influência técnica no andamento das atividades pertencentes a Linha de Balanço.

Uma solução mais vantajosa para a programação da construção repetitiva em conjuntos habitacionais deste tipo seria a da contratação de sub-empregueiros para a realização dos serviços característicos do primeiro e terceiro momentos, relegando a programação com a L.B. apenas aos serviços repetitivos do segundo momento. Entretanto, estes serviços devem ser levados em consideração e sua execução deve estar relacionada aos serviços constantes da L.B., para que não deixe de ocorrer a ligação lógica imprescindível dos serviços das várias fases no tempo e no espaço.

A complexidade imposta ao diagrama L.B. pela diferente orientação na execução dos serviços de obra grossa e obra fina pode ser amenizada através de duas atitudes. A primeira delas seria no âmbito do projeto, com o mesmo sendo pensado e estruturado para que a realização dos serviços de acabamento em obra não necessariamente tivessem que ocorrer de cima para baixo. Esta solução a nível de revestimento e pintura, por exemplo, ocorreria com a determinação de fachadas que marcassem através de juntas, vigas ou outros elementos, os limites de cada pavimento. A nível de pavimentações ocorreria através da recomendação de materiais bastante resistentes a abrasão, desgaste e outro tipo qualquer de deterioração e, também, pela adoção de equipamentos de transporte vertical e horizontal de materiais e ferramentas que minimizem o trânsito sobre os pavimentos.

A segunda atitude a ser tomada seria apenas no âmbito da programação, com a mesma sendo pensada de uma forma que guarde as peculiaridades da construção convencional dos edifícios. Assim, as atividades de acabamento seriam planejadas e programadas para ocorrerem na forma tradicional em que costumemente acontecem, ou seja, executadas de cima para baixo. Este tipo de solução, no entanto, provocaria um prolongamento substancial no período de execução da obra, embora ainda se preservassem os benefícios da especialização e da organização do trabalho (FIGURA 3.42(a)). Uma alternativa que minimizaria o efeito indesejável do prolongamento do período de execução da obra é a elaboração do programa com as atividades da obra grossa aceleradas, isto é, com uma inclinação mínima em relação ao eixo vertical. Este tipo de programa reduziria tanto quanto possível a duração desta etapa de obra e este ganho de tempo compensaria o aumento de duração da obra em função das atividades de acabamento.

A FIGURA 3.42(a) traz um exemplo de aplicação desta segunda alternativa, programação segundo a forma convencional de execução das obras. Note-se que existe uma delimitação clara das duas fases distintas, isto é, obra grossa e obra fina e que há um prolongamento do período de obra em função da espera de locais de trabalho para realização dos trabalhos de acabamento.

A FIGURA 3.42(b) apresenta a segunda alternativa de tratar a programação com a aceleração da fase de obra grossa que reduz a espera de locais de trabalho para os serviços de acabamento.

É importante salientar que mesmo que soluções alternativas possam ser adotadas para abrandar os problemas de execução e da programação desta, a ação deve se dar a nível de projeto, pois é na fase de projeto que devem ser evitadas estas dificuldades. Isto é, a elaboração do projeto deve ser realizada tendo-se em mente a execução da obra e não a execução adaptar-se às falhas e indefinições do projeto.

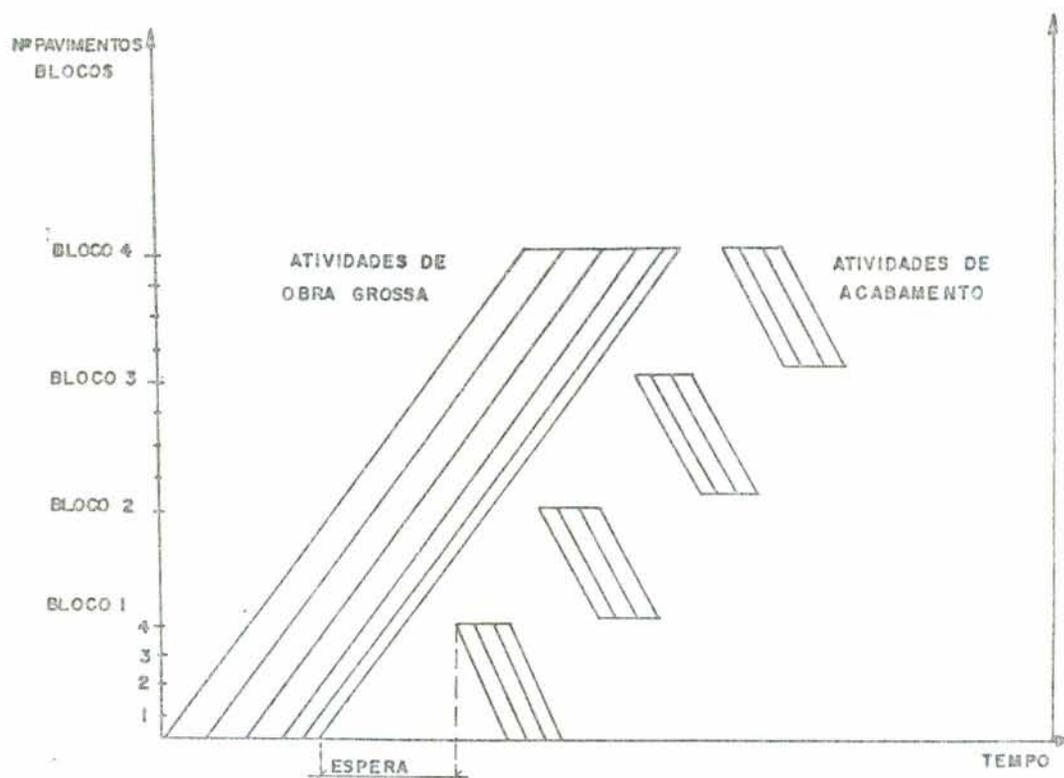


FIGURA 3.42(a) - Programação de um conjunto de blocos de apartamentos.

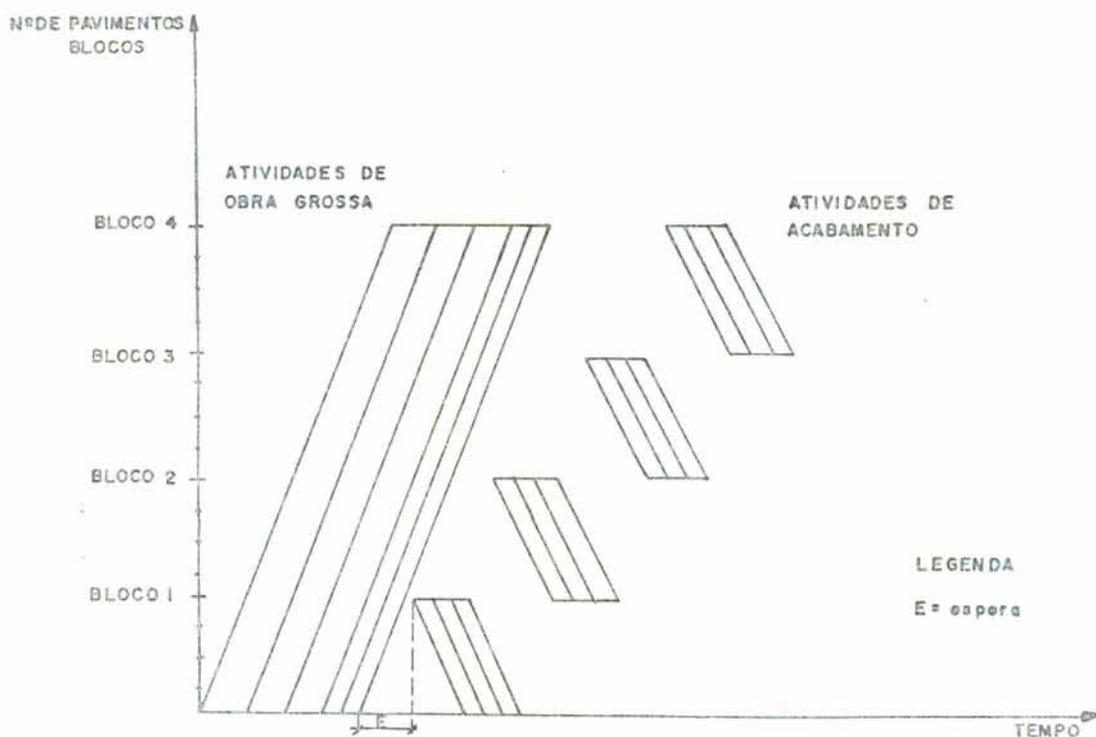


FIGURA 3.42(b) - Programação do conjunto de blocos obra grossa acelerada.

Uma alternativa de solução para elaboração dos programas de construção destes blocos de edifícios, que concilia a sua forma de apresentação ao modo de construção das unidades e de obra como um todo, é aquela mostrada na FIGURA 3.44. Este programa refere-se a um empreendimento que prevê a construção de trinta e dois (32) blocos de quatro (4) pavimentos cada um, constituídos de quatro (4) apartamentos por andar.

O empreendimento em questão - Conjunto Residencial Jardim Guanabara - distingue-se pela existência de três (3) tipos de blocos diferentes com distintos conteúdos de área construída. No entanto, devido às pequenas variações destas áreas, umas em relação às outras, considera-se como bloco padrão na programação, aquele de área construída igual a  $1090,10 \text{ m}^2$ , que representa o valor intermediário destas áreas.

O prazo estipulado para término da obra foi de dois (2) anos, ou seja, vinte e quatro (24) meses. Destes, tomam-se apenas dezoito (18) meses para programar a execução, deixando os seis (6) restantes como folga para absorção de atrasos e contra-tempos.

A execução dos primeiros serviços, tais como implantação do canteiro de obras e execução das fundações, foi estimada em dois (2) meses, sendo alguns destes serviços subempreitados. Restavam portanto dezesseis (16) meses para programação das demais atividades necessárias à execução de cada unidade.

A rede da FIGURA 3.43 mostra as atividades a serem executadas para finalização de uma unidade de programação, que aqui foi adotada como sendo um pavimento. Logo, as atividades da rede lógica vão repetir-se cento e vinte e oito (128) vezes até a conclusão do empreendimento em um ritmo de trabalho de 0,5 pavimentos/dia.

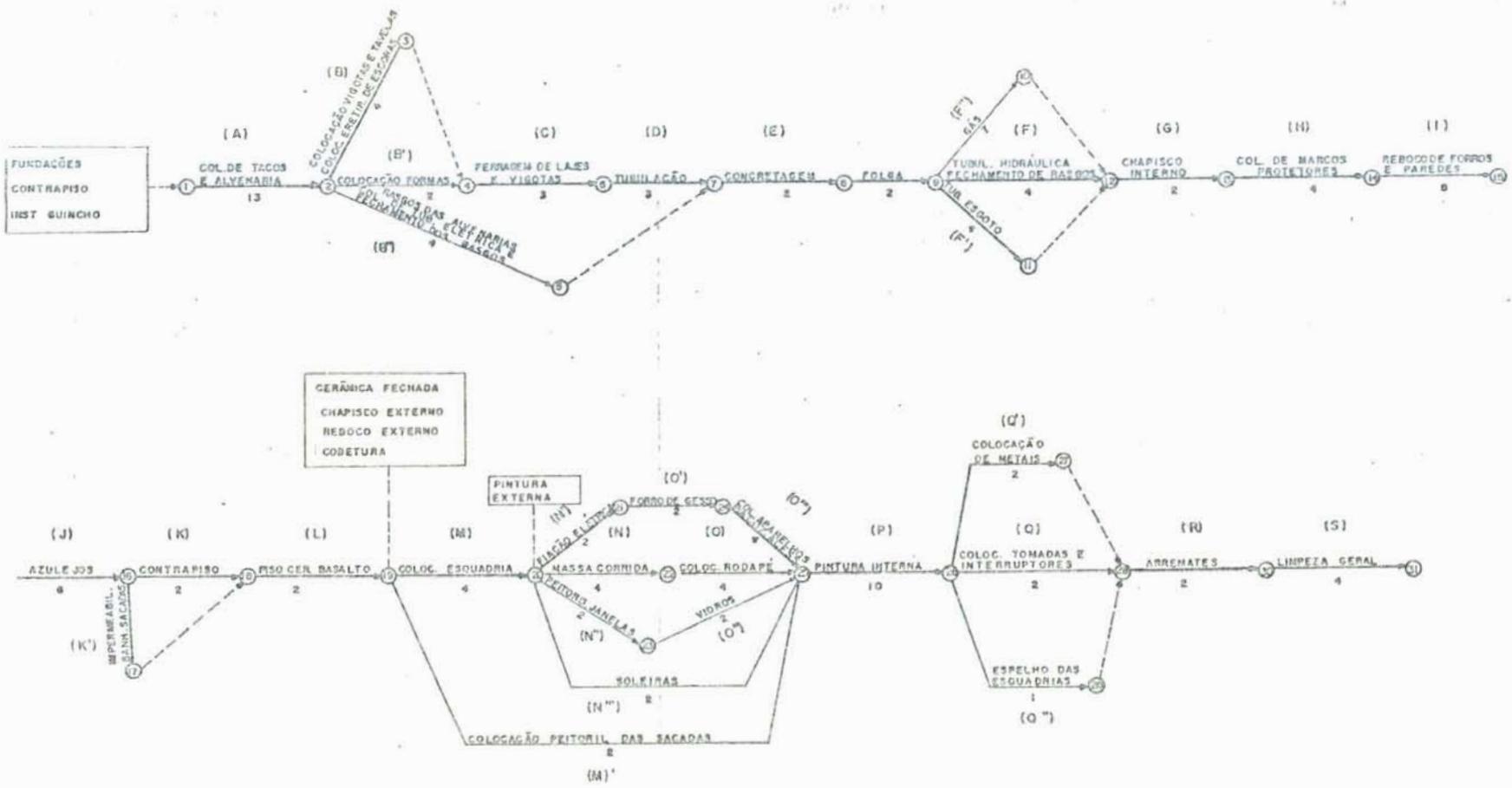


FIGURA 3.43 - Rede lógica de execução do pavimento.

A duração unitária decorrente da alocação de operários apresentada na TABELA 3.12 foi de oitenta (80) dias e o prazo real de execução da obra ficou em trezentos e trinta e quatro (334) dias.

O programa elaborado propõe a execução da obra em duas etapas delimitadas pela execução do reboco externo dos prédios.

Na primeira etapa programou-se os trabalhos para serem executados nos dezesseis (16) primeiros blocos, finalizando-se a construção de um mesmo pavimento em todos blocos para depois iniciar-se a execução do próximo pavimento. Os últimos dezesseis (16) blocos também foram programados seguindo este critério.

Este tipo de orientação dos trabalhos das atividades iniciais da rede unitária (até o reboco externo) surgiu da necessidade de serem atacados no mínimo doze (12) blocos a fim de evitar a ociosidade das equipes, já que a alvenaria consumia um período de treze (13) dias para sua elevação e necessitava-se de um intervalo de quatorze (14) dias para a colocação de vigotas e tabelas, disposição de ferragens das lajes e vigas, colocação das tubulações nas lajes, concretagem e cura, antes que iniciasse a alvenaria no próximo pavimento.

Na segunda etapa, estando fechado o esqueleto dos dezesseis (16) primeiros blocos, a execução das atividades posteriores ao reboco podia ser iniciada. O critério adotado foi a realização dos trabalhos num mesmo bloco, do quarto (4º) ao primeiro (1º) pavimento.

O reboco externo, por sua vez, foi planejado para ser executado de bloco a bloco, de cima para baixo, obedecendo uma nova escala no diagrama de programação (FIGURA 3.44), onde inclusive as unidades eram as fachadas e não mais os pavimentos.

O diagrama da FIGURA 3.44 representa o programa principal que organiza a execução das atividades críticas da rede unitária. As demais atividades, aquelas que não fazem

TABELA 3.12 - Programa Jardim Guanabara.

NV	ATIVIDADE	Categoria que comanda	RNs/Pav por atividade		Tamanho teórico das equipes		Homens/Pav	Número de equipes	Tamanho real da equipe	Razão revisada de construção U	Duração dias p/ um pav. D	Duração arredondada D <sub>1</sub>	Tempo desde o início no 1º pav. até no último
			M	G	H	H							
A	Alvenaria	pedr.	1208	62,9	10	6	60	0,40	12,6	13,0	265		
B	Vigotas e coveles	pedr.	106	5,52	3	2	6,0	0,54	3,7	4,0	235		
C	Ferragens, lajes e vigotas	ferr.	63	3,28	2	2	4,0	0,60	3,2	3,0	212		
D	Tubulações	eletr.	91	4,74	3	2	6,0	0,63	3,2	3,0	202		
E	Concretagem	pedr.	198	10,31	10	1	10,0	0,49	2,1	2,0	259		
F	Tubulação hidráulica	encan.	96	5,0	3	2	6,0	0,60	3,3	3,0	212		
G	Chapisco interno	pedr.	108	5,63	3	2	6,0	0,53	3,75	4,0	240		
H	Colocação marcos e proteções	pedr.	136	7,08	4	2	8,0	0,56	3,54	3,0	227		
I	Reboco de forros e paredes	pedr.	565	29,43	7	4	28,0	0,48	8,40	9,0	265		
J	Azulejos	azulej.	212	11,04	4	3	12	0,54	5,52	5,0	235		
K	Contrapisos	pedr.	134	6,98	7	1	7,0	0,50	1,99	2,0	254		
L	Piso cerâmico e basalto	pedr.	106	5,52	3	2	6,0	0,54	3,68	3,0	235		
M	Colocação esquadrias	carp.	119	6,20	3	2	6,0	0,48	4,13	5,0	265		
N	Massa corrida	pedr.	130	6,80	3	2	6,0	0,44	4,51	5,0	287		
O	Colocação de rodapés	carp.	140	7,30	4	2	8,0	0,55	3,65	4,0	231		
P	Pintura interna	pintor	844	44,0	8	6	48	0,55	10,98	10,0	231		
Q	Colocação de tomadas e interruptores	eletr.	40	2,08	2	1	2,0	0,48	2,08	2,0	265		
R	Arremates	serv.	48	2,5	3	1	3,0	0,60	1,70	2,0	212		
ATIVIDADES EXTERNAS A REDE													
S	Estrutura de madeira e telhado	carp.	465	24,2	6	4	24,0	0,50	8,07	8,0	254		
T	Chapisco e reboco externo	pedr.	1186	61,8	8	8	64,0	0,52	15,40	15,0	245		
U	Cerâmica de fachada	ladr.	152	7,9	2	4	8,0	0,51	7,92	8,0	249		
V	Pintura externa	pintor	1694	88,3	10	8	80,0	0,45	17,6	18,0	282		
B'	Formas	carp.	78	4,06	4	1,0	4,0	0,49	2,03	2,0	-		
B''	Esgotos da alvenaria, Tubulação elétrica, Fechamento	eletr.	162	8,44	4	2,0	8,0	0,47	4,22	4,0	-		
F'	Tubulação de esgoto	encan.	96	5,0	3	2,0	6,0	0,60	3,33	3,0	-		
F''	Tubulação de gás	encan.	-	-	1	1,0	1,0	-	1,0	1,0	-		
K'	Impermeabilização dos banheiros e sacadas	pedr.	23	1,20	1	1,0	1,0	0,42	2,4	3,0	-		
H'	Colocação do peitoril das sacadas	carp.	08	0,42	1	1,0	1,0	1,20	0,83	1,0	-		
N'	Fiação elétrica	eletr.	96	5,0	3	2,0	6,0	0,60	3,33	3,0	-		
R''	Peitoris das janelas	pedr.	12,3	0,64	1	1	1	0,78	1,28	1,0	-		
R'''	Soleiras	pedr.	13,2	0,69	1	1	1	0,73	1,38	1,0	-		
O'	Forro de gesso	pedr.	15,75	0,82	1	1	1	0,51	1,64	2,0	-		
O''	Vidros	vidr.	17,15	0,89	1	1	1	0,56	1,79	2,0	-		
Q'	Colocação de metais	enc.	22,8	1,19	1	1	1	0,42	2,38	3,0	-		
O'''	Espelho das enquadrias		0,5		1	1	1			1,0	-		

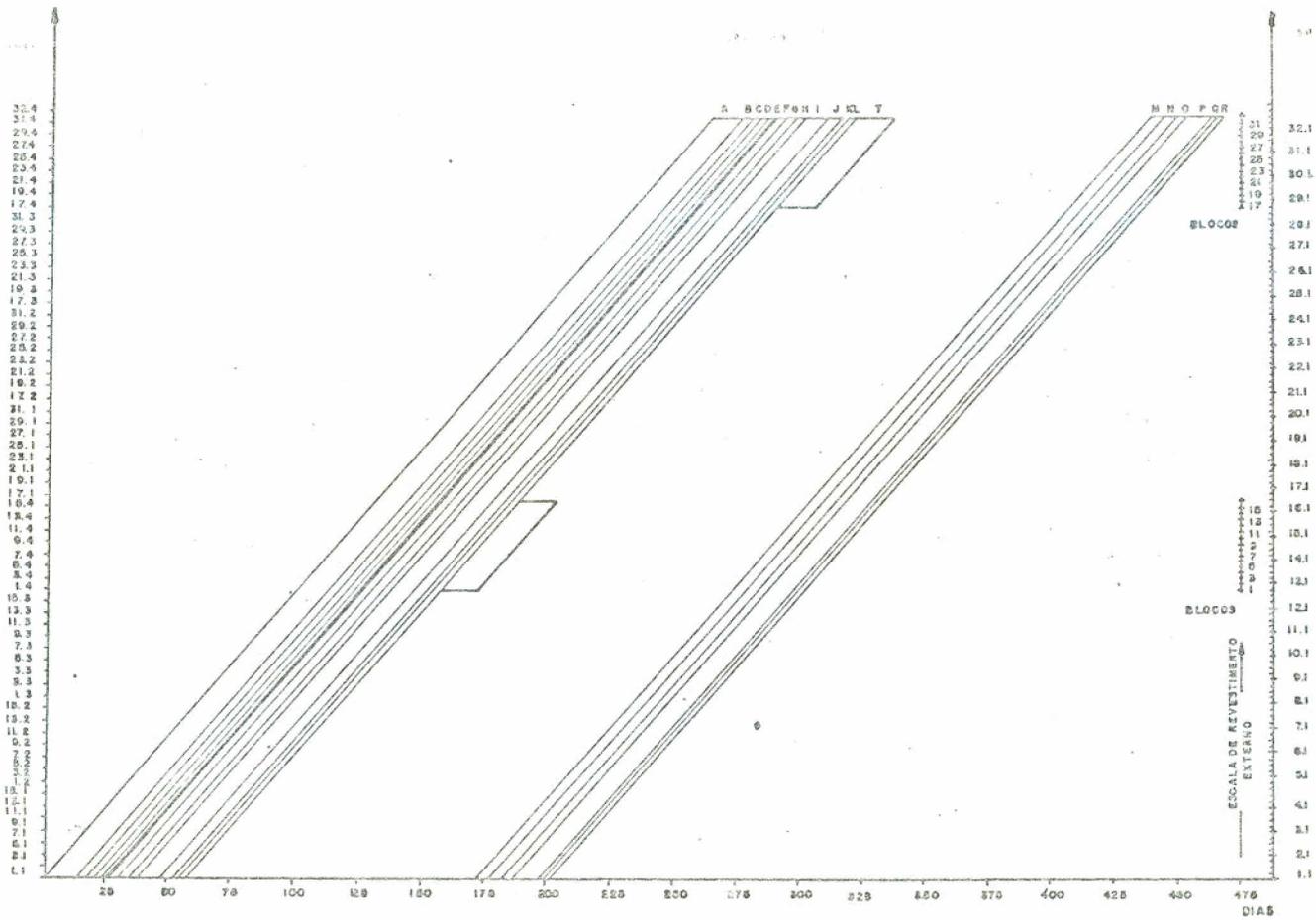


FIGURA 3.44 - Programa principal de execução - Jardim Guanabara

parte do caminho crítico mas que são igualmente indispensáveis à execução das unidades, estão dispostas em programas complementares, que guardam a lógica estabelecida na rede. Estes programas são apresentados nas FIGURAS 3.45(a), (b), (c) e (d).

Este modo de fazer a programação e apresentá-la através de programas principais e complementares pode dificultar um pouco o entendimento do programa geral, mas se houver um bom sistema de referência, que faça as ligações dos programas entre si e destes com o principal, estas dificuldades serão minimizadas.

### 3.12. A Linha de Balanço como Instrumento de Controle

Grande parte dos desvios de programa que ocorrem durante a execução das obras surgem em função da variabilidade do processo de construção. Em decorrência destes desvios e como garantia de que os objetivos serão alcançados, surge a necessidade do uso de mecanismos efetivos de controle, cuja função é comparar a situação real de progresso na obra, em um dado momento, com o que era esperado no programa.

Esta variabilidade tem origem em alguns fatores que devem ser conhecidos como:

- a inexatidão nas estimativas dos tempos médios de execução das atividades, ou seja, dificuldades de fazer-se uma previsão correta da produtividade de mão-de-obra;

- atrasos no trabalho causados por circunstâncias fora do controle dos operários, e, às vezes, dos próprios administradores, ou seja, fenômenos meteorológicos, greves, boicotes, etc.;

- atrasos decorrentes da demora do suprimento de materiais, disputas de mão-de-obra, etc.

Estas variações alteram a duração do contrato e os gastos de mão-de-obra previstos, podendo ocasionar grandes dificuldades à empresa, em termos de capital investido. Na verdade, controlar o tempo de execução das atividades significa controlar o fluxo de caixa e, em última análise, implica em



FIGURA 3.45(a) - Programa complementar 1 - Jardim Guanabara



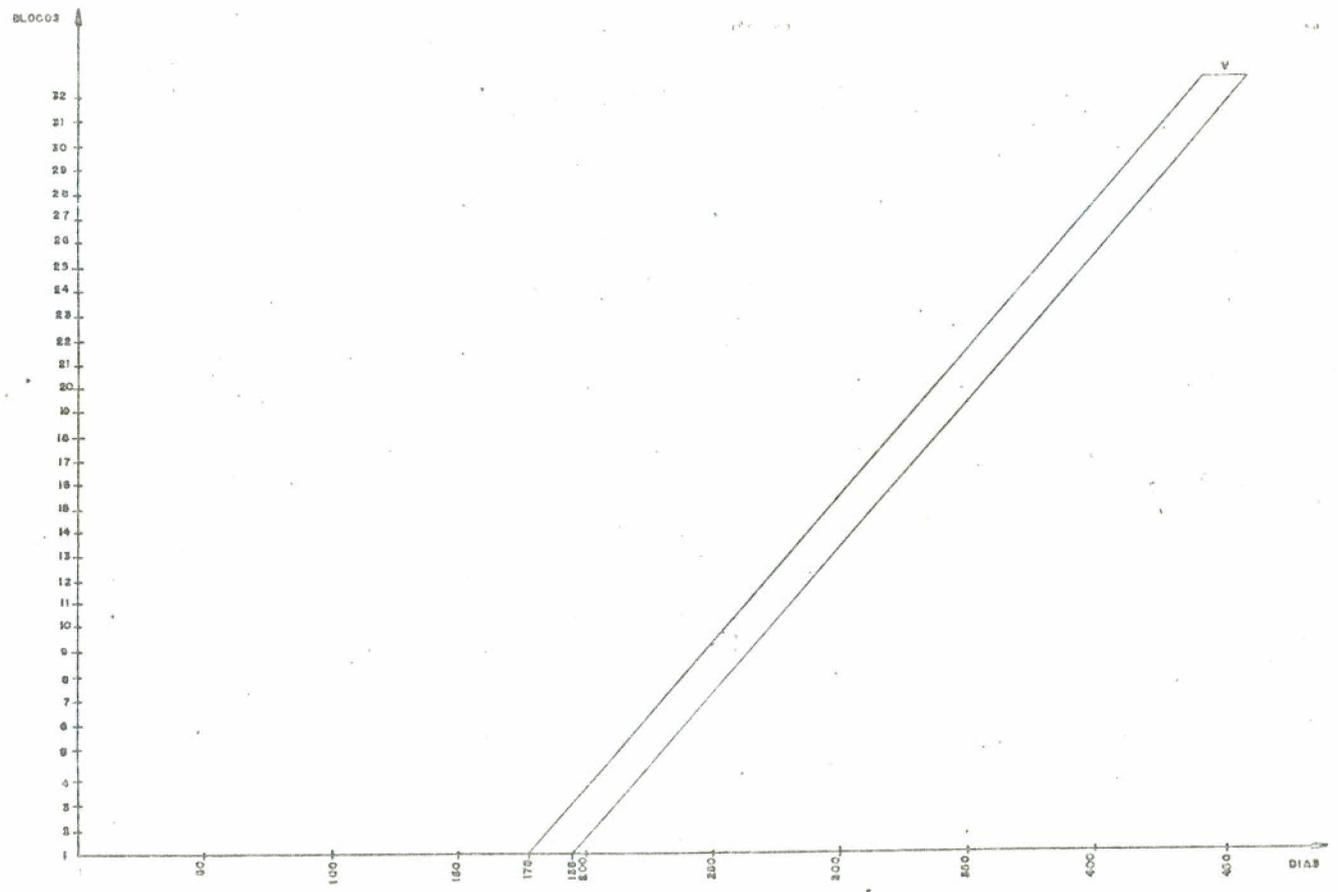


FIGURA 3.45(c) - Programa complementar 3 - Jardim Guanabara.

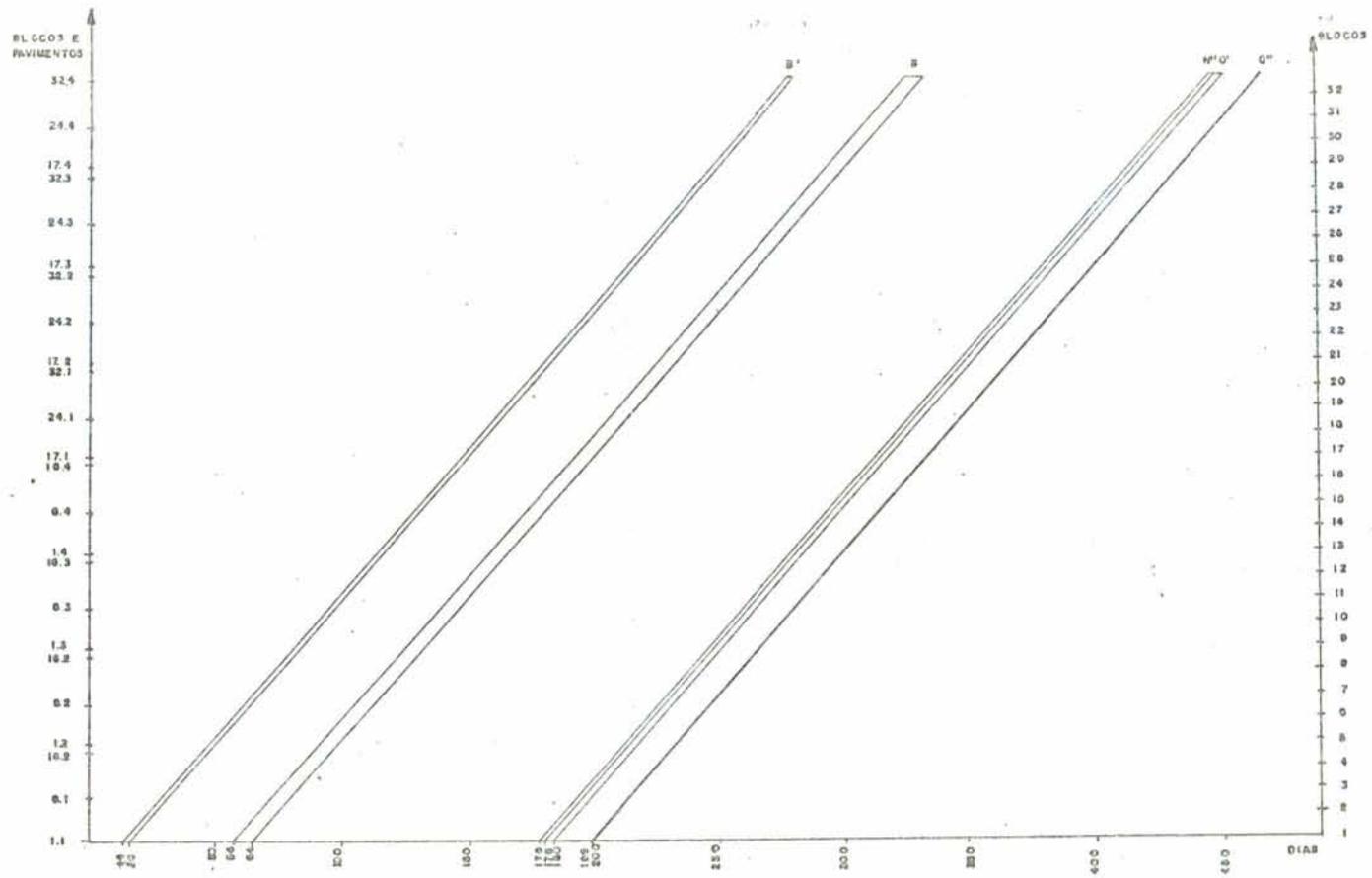


FIGURA 3.45(d) - Programa complementar 4 - Jardim Guanabara.

lucratividade.

Este controle do progresso do trabalho no local, que é medido através da comparação do trabalho executado com o programado, pode ser melhor realizado através da representação gráfica do estado real de progresso do projeto pela Linha de Balanço. A forma de apresentação do programa proporcionado pela L.B., que relaciona as unidades onde se realizam as atividades, a data em que estas devem estar ocorrendo, propicia que o controle possa ser feito de uma maneira bastante simplificada.

A FIGURA 3.46 apresenta um programa de construção obtido com a L.B. onde se estipulou uma data de controle. A vertical levantada a partir deste ponto do eixo dos tempos definirá nas faixas relativas a cada uma das atividades que compõem o projeto, o local onde elas devem estar sendo executadas e onde devem ter sido completadas. A efetivação do controle se dá quando se contrapõe neste gráfico o estágio real em que se encontra o projeto, marcando o progresso efetivo de cada atividade em cada seção (FIGURA 3.47).

Uma outra forma de representar o progresso da obra e efetivar o controle das atividades é feita através do gráfico de progresso da FIGURA 3.13(c). Este gráfico fornece fotografias instantâneas do andamento de todas as atividades da obra no instante em que está sendo efetuado o controle. Contrapondo-se esta planilha de progresso com a planilha de objetivos pode-se evidenciar os atrasos ou adiantamentos da obra em relação ao programado.

A análise do gráfico de controle L.B., que retrata o estágio real da obra na data estabelecida para avaliação do progresso do empreendimento, propicia que se possa prever com relativa facilidade os efeitos de atrasos na seqüência dos trabalhos, principalmente quando se examina o modelo de movimentação das equipes através das seções de trabalho para cada atividade do projeto.

O estudo dos diagramas de controle deverá dar condições de decidir-se sobre os novos ritmos de trabalho a serem

impostos para que se mantenham os objetivos principais do programa original. Conhecendo o diagrama de controle L.B., o administrador poderá identificar as falhas e alocar as conseqüentes responsabilidades, adotando, posteriormente, as medidas corretivas que assegurem a lucratividade desejada.

A aplicação da Técnica da Linha de Balanço facilita o diagnóstico das perturbações e desvios de programa antes que cresçam a proporções maiores (LUMSDEN<sup>44</sup>).

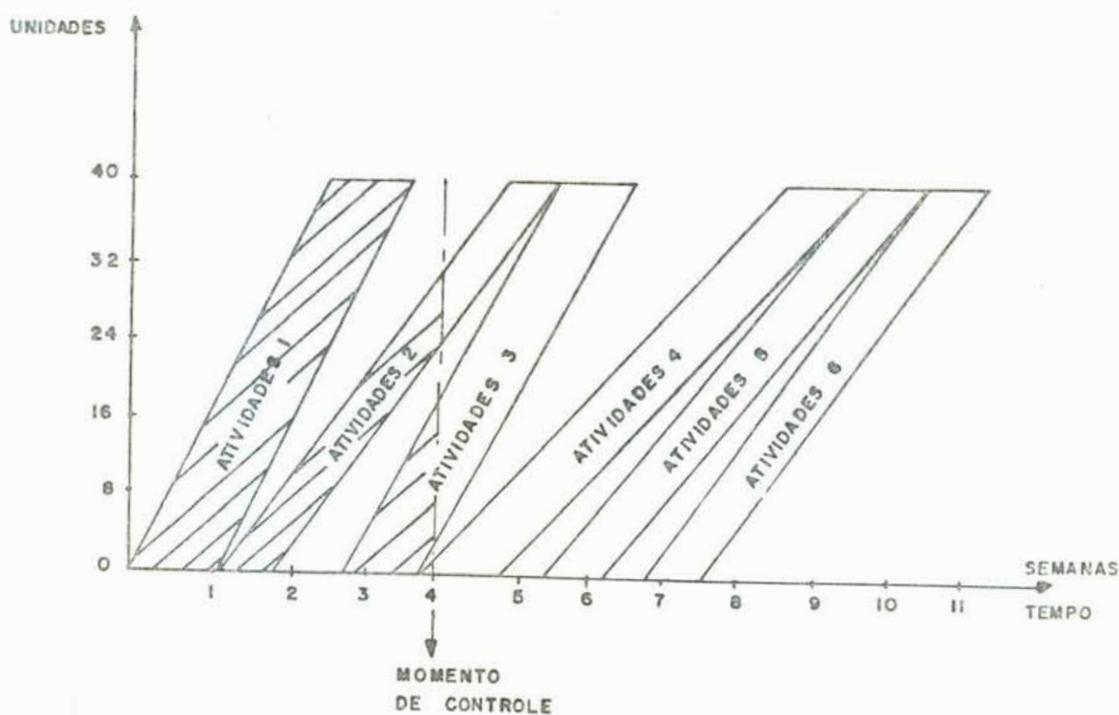


FIGURA 3.46 - Programa L.B. de progresso:  
exigido para 4ª semana.

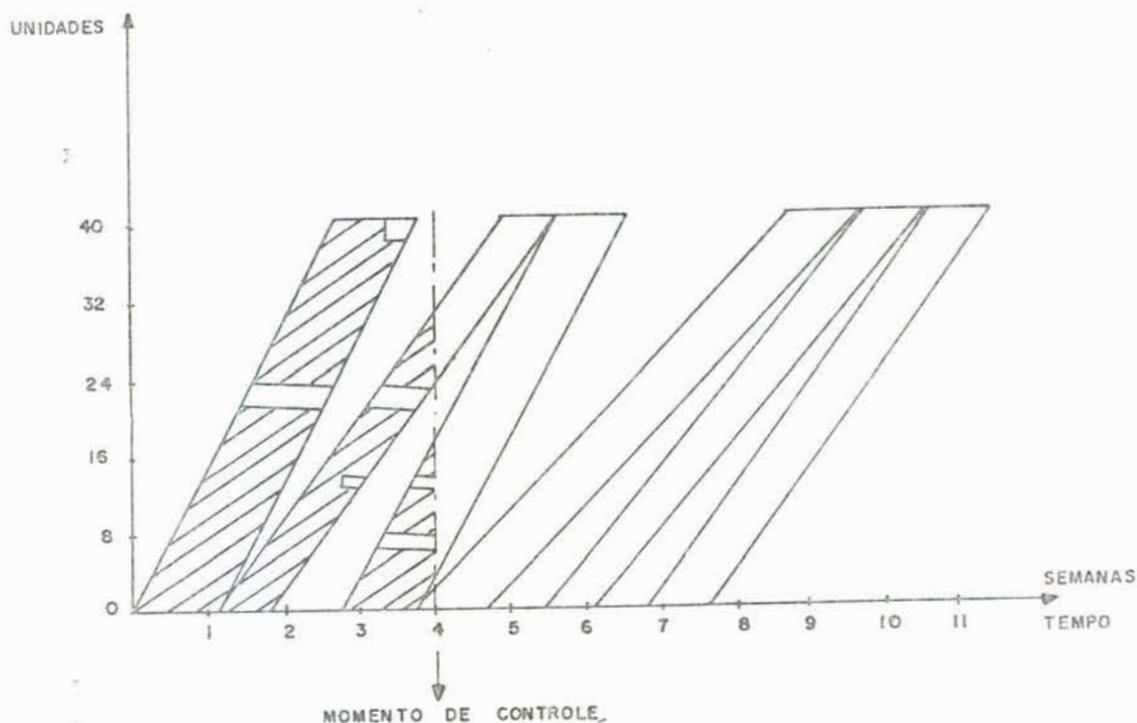


FIGURA 3.47 - Programa L.B. de progresso real - Progreso real na 4.<sup>a</sup> semana. Atrasos em algumas unidades.

O gráfico de controle L.B. recebe o nome específico de planilha ou quadro de progresso. Um exemplo deste tipo de diagrama é mostrado na FIGURA 3.48 e 3.13(c) da página 48. A FIGURA 3.48 é um exemplo genérico que mostra como representar e confrontar o desenvolvimento programado com o progresso real, estando assinalado no seu eixo dos tempos o momento em que se efetua a avaliação da obra. A parte do gráfico representativa do período anterior a esta data, apresenta a comparação programa versus progresso, enquanto a parte relativa ao período posterior refere-se, exclusivamente, ao programa que ainda deve ser cumprido.

Estes instrumentos de programação e controle, em função do diferente grau de compressão dos indivíduos que os manipulam e da necessidade de ter-se meios versáteis e práticos de fazer controle em obra, foram apresentados em um modelo simplificado de diagrama L.B. Esta forma mais clara de apresentação do programa é feita através de um quadro que deve

ficar exposto em local visível no escritório da obra. Neste quadro, são apresentadas as linhas de fluxo das atividades do programa, as quais estão representadas por cordões elásticos coloridos, presos ao quadro através de percevejos, alfinetes de cabeça colorida ou similares. Estes cordões estão inclinados em relação aos eixos cartesianos ( $\bar{X}\bar{X}$  - tempo e  $\bar{Y}\bar{Y}$  - seção de trabalho) segundo o ritmo de trabalho que deve ser imprimido à atividade. As diferentes cores dos cordões facilitam a visualização e identificação das atividades (FIGURA 3.49).

Durante a materialização do projeto, a medida que as atividades vão sendo executadas nas diversas unidades, pode-se ir demarcando no quadro a sua realização através de novos percevejos ou alfinetes que são inseridos. A demarcação da execução das atividades vai dando aos cordões as inclinações do fluxo de trabalho real de cada atividade (FIGURA 3.50). Esta é uma maneira prática de fazer-se o controle em obra e, também, de conhecer-se o novo ritmo a ser imprimido às atividades. Este novo ritmo a ser imprimido para manutenção do programa original é dado pela nova inclinação dos cordões.

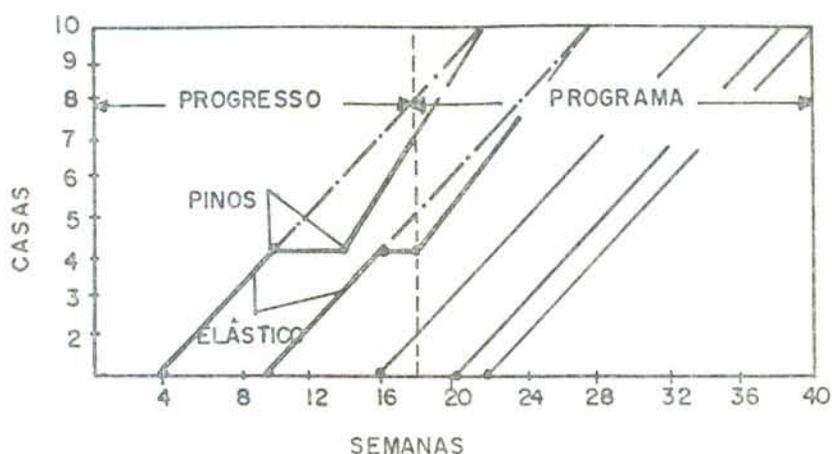


FIGURA 3.48 - Quadro modelo de controle.

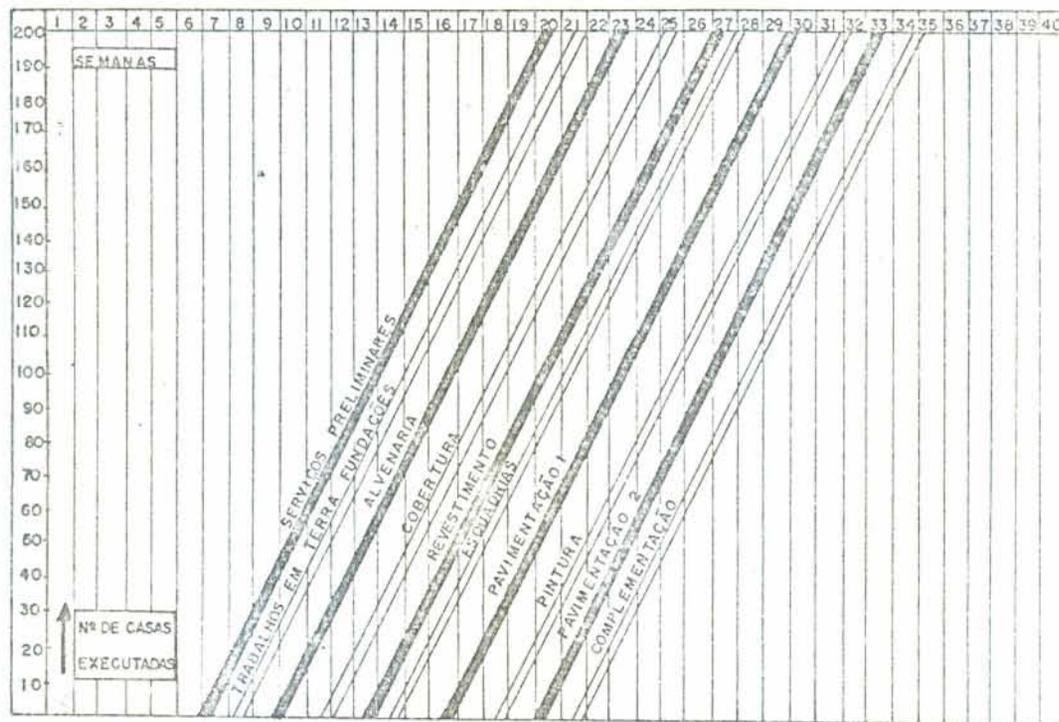


FIGURA 3.49 - Quadro programa.

As novas datas de entrega das unidades, decorrentes da alteração do ritmo de construção, podem ser lidas diretamente no gráfico L.B. modificado.

O exemplo apresentado nas FIGURAS 3.49 e 3.50 refere-se ao projeto de construção de duzentas (200) casas em trinta e quatro (34) semanas. O programa prevê a entrega de aproximadamente quinze (15) casas/semana, a partir da vigésima primeira semana, conforme o programa paralelo adotado.

A FIGURA 3.50 representa o estágio em que se encontra a obra na décima semana. Segundo o programa (FIGURA 3.49), deveriam estar finalizados, em todas as unidades, as atividades de serviços preliminares, escavações e fundações, e a alvenaria. No entanto, percebe-se que no andamento da obra, antecipou-se o término das duas primeiras atividades e a alvenaria, apesar de pouco irregular, foi finalizada na data prevista no programa. Quanto às outras atividades, o seu estágio de execução apresenta-se muito aquém do programado:

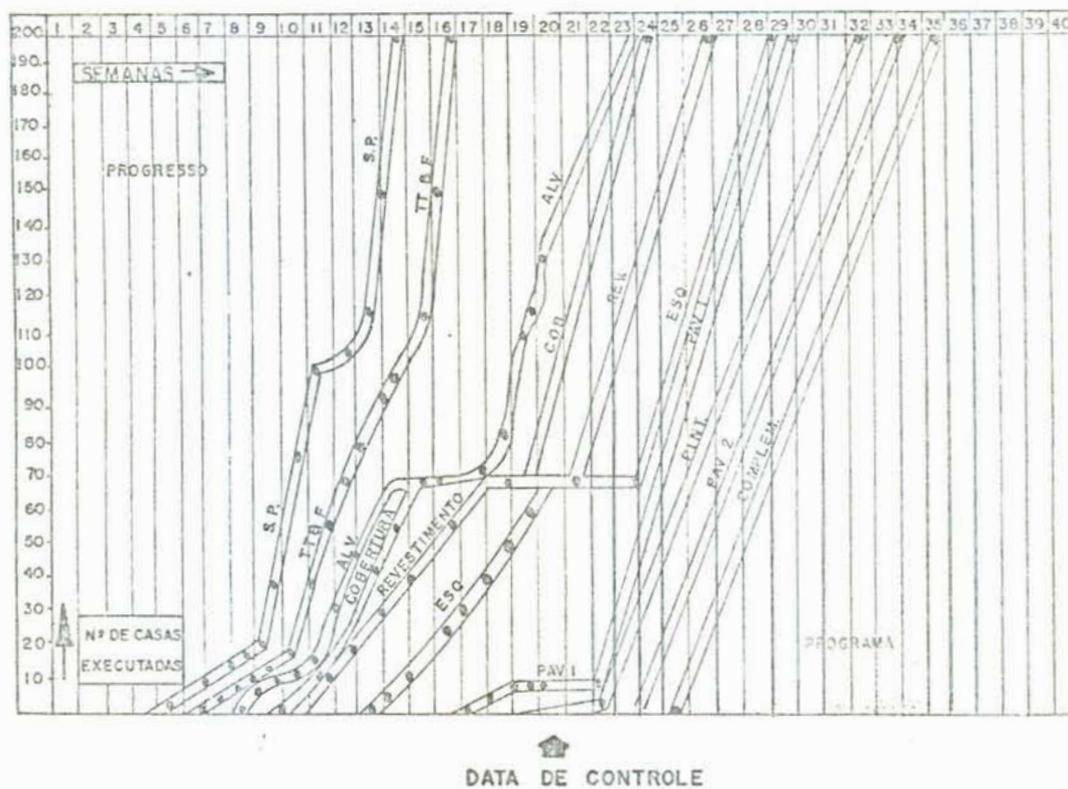


FIGURA 3.50 - Quadro controle de progresso.

Nota: Os pontos são os percebejos ou taxas que ajudam a determinar a inflexão dos elásticos.

- a cobertura está finalizada em apenas setenta (70) casas, embora devesse ter sido completada em cerca de cento e vinte (120) casas. Isto determina que, para se manter o prazo original para execução da cobertura, o ritmo de trabalho da equipe desta atividade deveria ser de vinte e seis (26) casas/semana;

- o revestimento, a exemplo da cobertura, também está finalizado em setenta (70) casas, quando deveria estar em quase cem (100) casas;

- o pavimento está concluído em apenas dez (10) casas, quando deveria estar finalizado em quase um quarto das duzentas (200) casas;

- por fim, a pintura, que deveria estar realizada em vinte e cinco (25) casas ainda não iniciou.

Se optar-se por manter os objetivos do programa original, todos estes atrasos deverão ser corrigidos, impondo-se às atividades um ritmo de trabalho superior ao programado, que é dado pela nova inclinação dos cordões a partir da data de controle.

A avaliação do progresso da execução de um projeto repetitivo, que é uma medida do trabalho realizado, e a sua comparação com o que foi programado, tornam-se significativamente mais simples quando se utilizam os princípios e instrumentos da Linha de Balanço.

#### 4. APLICABILIDADE DA LINHA DE BALANÇO COM OS CONJUNTOS HABITACIONAIS

A proposição deste capítulo é apresentar o estudo de caso do empreendimento analisado, a fim de caracterizar as possibilidades de êxito de uma programação feita através da L.B. Esta análise baseia-se na determinação de tendências naturais de orientação dos trabalhos em canteiros do tipo repetitivo. Os dados obtidos na coleta de informações são confrontados com os princípios que norteiam a aplicação da técnica da L.B. para elaboração das conclusões finais deste trabalho.

Os meios utilizados na coleta de dados para análise foram:

- contatos junto a empresas e órgãos públicos para requisição de arquivos de registro de trabalho diário das obras, conjuntos de plantas, orçamentos e demais documentos que possibilitassem o exercício da programação através da L.B.;

- obtenção de informações sobre a sistemática de ataque das obras, faturamento e pagamento dos serviços junto às empresas e órgãos públicos competentes.

O caso analisado neste estudo trata de um conjunto habitacional de promoção pública, através da Companhia de Habitação do Rio Grande do Sul - COHAB/RS. Consta de 868 casas já concluídas e construídas no sistema convencional de alvenaria de tijolos pela empresa vencedora da licitação e por outras empresas por ela subempreitadas.

A metodologia usada na análise do empreendimento foi a de estudar individualmente cada empresa envolvida no processo, tirar conclusões particulares e, então, tentar generalizar estas conclusões.

O empreendimento em questão - conjunto habitacional Gravataí-Área A - compreendeu a construção de 868 casas em alvenaria de tijolos distribuídas em 34 quadras residenciais.

Estas quadras são formadas por dois (2) tipos de casas, que diferem pela área construída e número de dormitórios que contêm. Na formação das quadras não existe uma regularidade quanto ao número de unidades e quanto à proporção de casas de cada tipo, ocorrendo uma grande aleatoriedade. Estas quadras eram organizadas em quatro (4) lotes distintos.

As casas maiores do empreendimento, com três (3) dormitórios, possuem uma área de  $42.35 \text{ m}^2$  e são chamadas pelo órgão promotor - COHAB/RS - de RS-42. As menores, com apenas dois (2) dormitórios, possuem  $36.30 \text{ m}^2$  e são denominadas RS-36. Estas unidades habitacionais são padronizadas pela COHAB e estão disseminadas por quase todos os conjuntos habitacionais de casas espalhados pelo Rio Grande do Sul, cuja promoção é deste órgão. Seus projetos variam muito pouco arquitetonicamente com as tecnologias construtivas utilizadas (em termos de espaços).

Neste empreendimento, em particular, existe predominância das unidades menores, RS-36, com um total de 519 casas deste tipo. A participação de casas do tipo RS-42 é de 349 casas. Isto significa uma proporção de 60% de casas do tipo 1 (RS-36) e 40% de casas do tipo 2 (RS-42) no empreendimento.

A obtenção dos dados para análise deste caso deu-se através de contato direto com a empresa contratada para obra e com o órgão promotor. As informações foram retiradas dos Boletins Diário de Obras fornecidos pela empresa e de alguns contatos com as fontes.

Na tomada inicial do empreendimento, em função do elevado volume de trabalho envolvido na execução das unidades, a empresa construtora decidiu subempreitar parte da obra. Estabeleceu-se então, a seguinte situação, ilustrada pela FIGURA 4.1:

- sob a responsabilidade direta de execução da construtora principal (A) ficaram 197 casas distribuídas em 8 quadras ( $I_{21}, I_{20}, I_{19}, I_{18}, I_{17}, I_{16}, I_{15}, I_{14}$ );

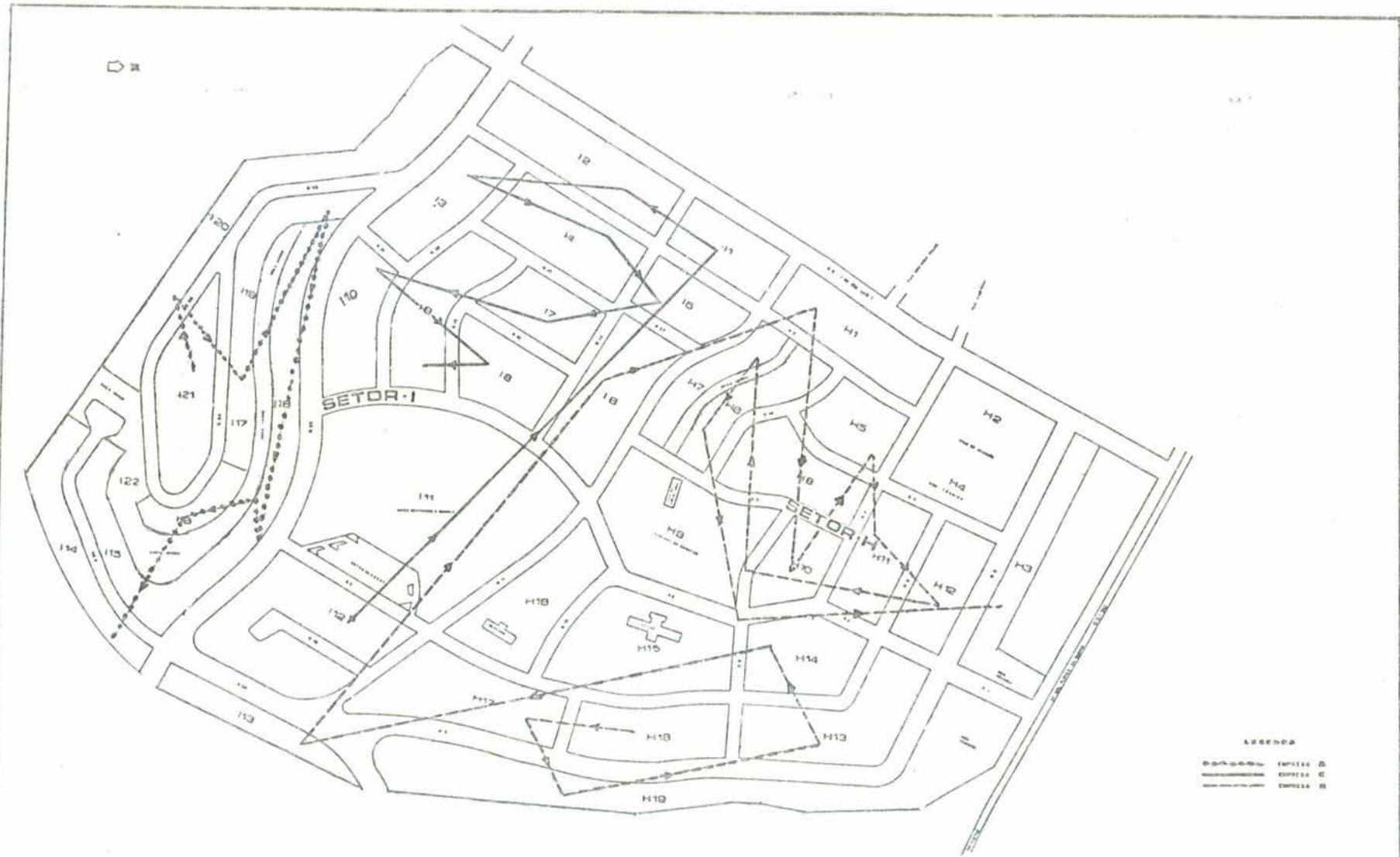


FIGURA 4.1 - Projeto de implantação do Conjunto Habitacional estudado.

LEGENDA

--- SUPLENTO D

--- SUPLENTO E

--- SUPLENTO B

COFAG RS	SECRETARIA DE HABITACAO DO RS
GRAVATAI	QUILATE HABITACIONAL - LOTE 10
	QUARTERADOS E LOTES

- sob a responsabilidade da subempreiteira (B) ficaram 405 casas distribuídas em 16 quadras ( $H_{19}, H_{18}, H_{17}, H_{14}, H_{13}, H_{12}, H_{11}, H_{10}, H_8, H_7, H_6, H_5, H_3, I_{13}, I_6$ ); e

- sob a responsabilidade da subempreiteira (C) ficaram 266 casas distribuídas em 10 quadras ( $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_7, I_8, I_9, I_{10}, I_{12}$ ).

Deste empreendimento analisado, também faziam parte cinco (5) quadras destinadas aos serviços públicos comunitários: escola, creche, mercado, canchas de esporte e uma reservada à vala de oxidação do sistema de esgoto. Por falta de material referente à construção destas quadras nos dados e informações recebidas, estes equipamentos comunitários não foram incluídos no estudo.

O cronograma real de construção é o apresentado na FIGURA 4.2. Nele estão caracterizados os momentos de execução de cada atividade em todas as unidades da obra. Este cronograma pode ser confrontado ao de previsão da obra mostrado nas FIGURAS 4.3 e 4.4.

O período de execução da obra havia sido estipulado em doze (12) meses; no entanto, houve um prolongamento deste tempo em função de atrasos ocorridos no início da obra devido ao mau tempo reinante no decorrer da obra e pelo abandono do trabalho por uma das subempreiteiras. O tempo final de execução do empreendimento resultou em quinze (15) meses.

No entanto, quando confrontam-se os cronogramas de previsão e o cronograma real de obra, apesar de sua diferente fragmentação das atividades, observa-se que os atrasos na finalização das mesmas apresentam-se relevantes a partir das atividades de reboco das unidades, coincidindo com o período de rescisão de contrato de subempreitada da empresa (B). Este período caracterizou-se por uma redução no número de operários em obra de cerca de 54%, como pode ser observado no gráfico da FIGURA 4.8.

Quando os atrasos são analisados em relação aos dias efetivos de trabalho, verifica-se que dos 457 dias em que trans

ATIVIDADES	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
SERV. PRELIMINARES	X	X	X	X	X	X									
FUNDAÇÕES	X	X	X	X	X	X									
ALVENARIA		X	X	X	X	X	X	X	X						
COBERTURA			X	X	X	X	X	X	X						
RESERVATÓRIO			X	X	X	X	X	X	X	X					
ELETRODUTOS			X	X	X	X	X	X							
INST. HIDRÁULICAS, ESGOTO			X	X	X	X	X	X	X						
REBOCO E FORRO			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ESQUADRIAS					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PISO					X	X	X	X	X		X				
INST. ELÉTRICAS									X	X	X	X	X	X	
PINTURA						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PISO EXTERNO										X	X	X	X		
CERCA, LIMPEZA ARREMATAS										X	X	X	X	X	X

FIGURA 4.2 - Cronograma geral real da obra.

NOTA: As atividades desenvolveram-se no decorrer de todos os meses demarcados, estando mais concentrada a atividade naqueles meses em que esta demarcação está mais fortemente gridada.

SERVIÇOS DA OBRA	MESES											
	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO
1. BASES - FUNDAÇÕES	184	183	186	169	97	49						
2. ALVENARIA		184	182	186	169	97	50					
3. COBERTURA			184	182	186	169	97	50				
4. REVESTIMENTOS				184	182	184	152	80	86			
5. ESQUADRIAS					184	158	162	145	79	66	49	25
6. PINTURA						151	158	163	145	123	79	49
7. ACABAMENTOS						151	158	163	145	123	79	49

OBs: OS NÚMEROS SUPERIORES AS BARRAS INDICAM O NÚMERO DE CASAS A SEREM TRABALHADAS.

FIGURA 4.3 - Cronograma de previsão da obra.

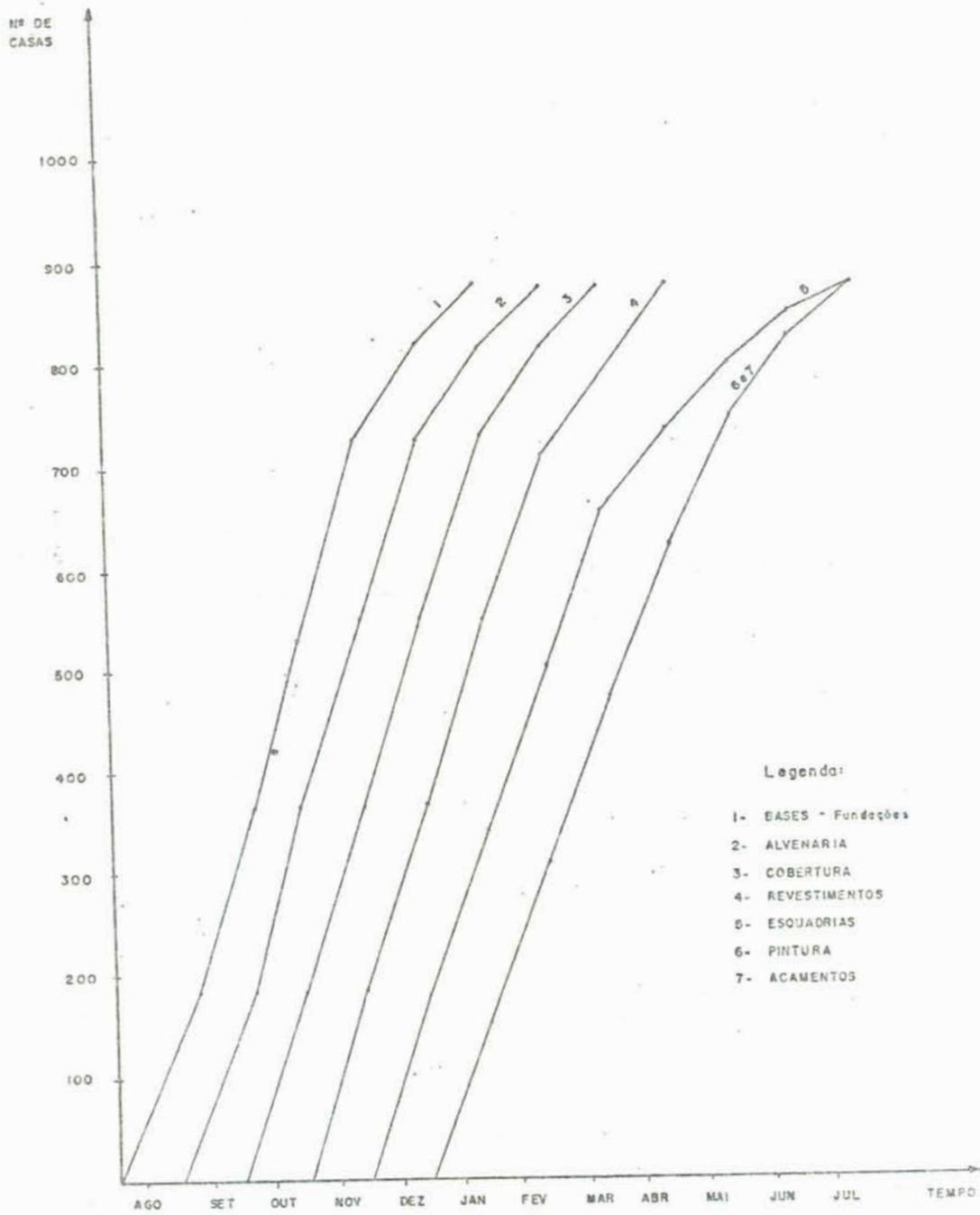


FIGURA 4.4 - Programa de execução das casas.

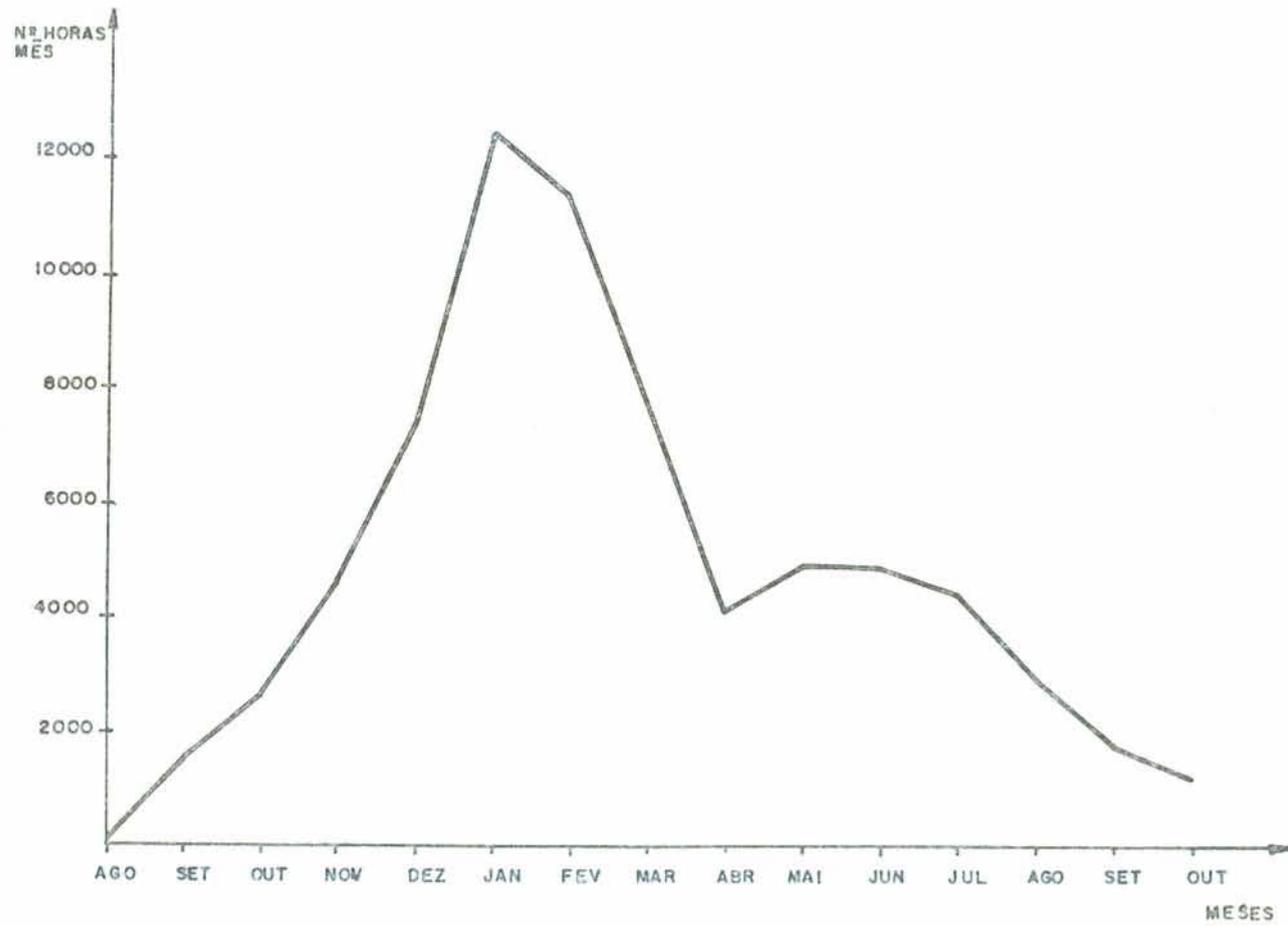


FIGURA 4.8 - Curva de alocação de mão-de-obra.

correu a obra apenas 356 foram dias trabalháveis, representando cerca de 77,9% do tempo. Os demais dias foram domingos, feriados ou dias impraticáveis ao trabalho devido ao mau tempo e greves. Este aspecto da efetividade do tempo torna-se importante na medida em que os dias não trabalháveis representam uma parcela substancial do tempo, não podendo ser esquecidos no exercício de programação da execução de qualquer empreendimento.

Com os dados obtidos montou-se tabelas que evidenciaram a forma de execução dos serviços no empreendimento. Estas tabelas foram elaboradas à semelhança dos programas L.B., com referências ao instante e local onde eram executadas as diferentes atividades. Para facilitar a análise, estas atividades foram reunidas em oito (8) grupos de serviço:

- 1) trabalhos em terra e fundações;
- 2) alvenaria;
- 3) cobertura e reservatório;
- 4) instalações;
- 5) reboco e forro;
- 6) pisos e esquadrias;
- 7) pintura;
- 8) arremates e limpeza.

A análise global do empreendimento, encerrando o trabalho das três empresas envolvidas, revelou que, na etapa da execução referente à obra grossa, o princípio orientador do ataque das quadras foi, embora intuitivamente, muito semelhante aquele proposto pela L.B. Ou seja, as quadras eram trabalhadas em uma seqüência com cada atividade sendo realizada de forma relativamente contínua, em uma mesma unidade.

A FIGURA 4.1, projeto de implantação das unidades em quadras, apresenta graficado o caminhamento seguido pelas empresas no ataque das quadras. A observação da trajetória seguida pelas equipes de trabalho revela a tendência natural de ataque das quadras próximas na seqüência do trabalho, evidenciando a atuação das diversas frentes de trabalho atuantes no empreendimento.

A representação diagramática obtida com a tabulação dos dados (TABELAS 4.1, 4.2, 4.3, 4.4) denota a semelhança gráfica existente entre a forma de apresentação dos programas da L.B. e o registro do trabalho executado.

A etapa de acabamentos (obra fina) não apresentou fluxos de trabalho com as características das etapas anteriores. Algumas atividades como o reboco, a colocação de forros e a pintura apresentam-se disseminadas por um grande período em uma mesma quadra, significando que visitas esparsas dos profissionais ocorreram para a execução destes serviços. Este tipo de ação pode demonstrar que apenas algumas unidades eram atacadas em detrimento de outras onde o trabalho não era iniciado consecutivamente, mas demorava algum tempo (TABELAS 4.5, 4.6, 4.7, 4.8).

Na análise individual do trabalho executado pelas empreiteiras envolvidas no empreendimento, observou-se que a linha de ação que orientava o ataque das unidades para execução dos serviços era a mesma. As conclusões esboçadas a partir deste estudo são semelhantes àquelas quando analisou-se o empreendimento globalmente, com a atuação de todas as empresas (veja cronogramas das FIGURAS 4.5, 4.6 e 4.7).

O estudo particular da atuação de cada empresa iniciou-se pela empresa B - agora denominada subcontratada B. Esta empreiteira, embora não fosse a contratada direta pelo órgão promotor (COHAB/RS) detinha sob sua execução o maior número de unidades do conjunto habitacional, cerca de 47% do total.

No entanto, a subcontratada B abandonou o canteiro de obras na vigésima sexta (26ª) semana de trabalho. As unidades a serem executadas pela mesma passaram a ser trabalhadas pela empresa A, chamada aqui contratada A.

TABELA 4.1 - Total de horas trabalhadas nas quadras para execução dos trabalhos em terra e fundações.

GRUPO DE SERVIÇOS - 1		TODAS AS EMPRESAS																																			
SEN.	121-31	126-47	117-12	118-27	119-38	115-31	112-52	118-15	117-34	119-59	101-18	102-34	103-24	113-37	104-28	105-17	114-21	113-17	107-19	106-30	101-29	118-15	110-24	105-20	116-06	100-24	109-38	114-24	105-16	111-22	112-22	107-16	106-17	103-21	1014		
1																																					146
2		48																																			132
3		48	48																																		284
4		48	48	48																																	384
5		48	48	48	48	48																															504
6			48	48	48	48	48																														624
7			48	48	48	48	48	48																													744
8																																					864
9					48																																984
10																																					1104
11																																					1224
12																																					1344
13																																					1464
14																																					1584
15																																					1704
16																																					1824
17																																					1944
18																																					2064
19																																					2184
20																																					2304
21																																					2424
22																																					2544
23																																					2664
24																																					2784
25																																					2904
26																																					3024
27																																					3144
28																																					3264
29																																					3384
30																																					3504
31																																					3624
32																																					3744
33																																					3864
34																																					3984
35																																					4104
36																																					4224
37																																					4344
38																																					4464
39																																					4584
40																																					4704
41																																					4824
42																																					4944
43																																					5064
44																																					5184
45																																					5304
46																																					5424
47																																					5544
48																																					5664
49																																					5784
50																																					5904
51																																					6024
52																																					6144
53																																					6264
54																																					6384
55																																					6504
56																																					6624
57																																					6744
58																																					6864
59																																					6984
60																																					7104
TOTAL	48	120	112	290	250	208	584	88	232	256	120	120	256	352	288	184	224	276	200	208	152	202	368	376	120	320	184	208	272	268	248	168	168	208	704		

TABELA 4.2 - Total de horas trabalhadas nas quadras para execução da alvenaria.

GRUPO DE SERVIÇOS - 2		TODAS AS EMPRESAS																								TOTAL										
SER.	I21-31	I28-47	I17-12	H18-27	I19-38	I15-31	I12-52	I18-15	H17-34	H19-59	I81-18	I02-34	I03-24	H13-37	I04-28	I05-17	H14-21	I13-17	I07-19	I06-38	H01-29	H10-15	I10-24	I08-28	I16-06	H03-24	I09-38	I14-24	H05-16	H11-22	H12-22	H07-16	H06-17	H03-21	TOTAL	
1	48																																			48
2	48																																			48
3	48																																			48
4	48																																			48
5	48																																			48
6	48																																			48
7	48																																			48
8	48	48																																		144
9	48	48																																		144
10	48	48																																		144
11	48	48																																		144
12	48	48																																		144
13	48	48																																		144
14	48	48																																		144
15	48	48																																		144
16	48	48																																		144
17	48	48																																		144
18	48	48																																		144
19	48	48																																		144
20	48	48																																		144
21	48	48																																		144
22	48	48																																		144
23	48	48																																		144
24	48	48																																		144
25	48	48																																		144
26	48	48																																		144
27	48	48																																		144
28	48	48																																		144
29	48	48																																		144
30	48	48																																		144
31	48	48																																		144
32	48	48																																		144
33	48	48																																		144
34	48	48																																		144
35	48	48																																		144
36	48	48																																		144
37	48	48																																		144
38	48	48																																		144
39	48	48																																		144
40	48	48																																		144
41	48	48																																		144
42	48	48																																		144
43	48	48																																		144
44	48	48																																		144
45	48	48																																		144
46	48	48																																		144
47	48	48																																		144
48	48	48																																		144
49	48	48																																		144
50	48	48																																		144
51	48	48																																		144
52	48	48																																		144
53	48	48																																		144
54	48	48																																		144
55	48	48																																		144
56	48	48																																		144
57	48	48																																		144
58	48	48																																		144
59	48	48																																		144
60	48	48																																		144
TOTAL	533	474	58	392	528	288	376	216	248	376	392	392	112	488	288	272	264	128	184	232	224	248	136	248	0	128	248	268	48	96	96	268	192	96		

TABELA 4.3 - Total de horas trabalhadas nas quadras para execução da cobertura e instalação dos reservatórios.

GRUPO DE SERVIÇOS - 3 TODAS AS EMPRESAS

SER.	121-31	128-47	117-12	118-27	119-38	115-31	112-52	118-15	117-34	119-59	181-18	182-34	183-24	113-37	184-28	185-17	114-21	113-17	187-19	186-38	181-29	118-15	118-24	183-28	116-88	188-24	189-38	114-24	185-16	111-22	112-52	187-16	186-17	183-21	TOTAL		
1																																					
2																																					
3																																					
4																																					
5																																					
6																																					
7																																					
8																																					
9																																					
10																																					
11																																					
12																																					
13																																					
14																																					
15																																					
16																																					
17																																					
18																																					
19																																					
20																																					
21																																					
22																																					
23																																					
24																																					
25																																					
26																																					
27																																					
28																																					
29																																					
30																																					
31																																					
32																																					
33																																					
34																																					
35																																					
36																																					
37																																					
38																																					
39																																					
40																																					
41																																					
42																																					
43																																					
44																																					
45																																					
46																																					
47																																					
48																																					
49																																					
50																																					
51																																					
52																																					
53																																					
54																																					
55																																					
56																																					
57																																					
58																																					
59																																					
60																																					
TOTAL	158	224	48	368	144	248	144	192	288	328	248	192	192	96	384	192	96	144	248	96	248	248	248	144	48	192	248	9	48	144	192	144	8	96			

TABELA 4.4 - Total das horas trabalhadas nas quadras para execução das instalações elétricas e hidrosanitárias.

GRUPO DE SERVIÇOS - 4 TODAS AS EMPRESAS

SER.	121-31	128-47	117-12	118-27	119-38	115-31	112-52	118-15	117-34	119-59	181-18	182-34	183-24	113-37	184-28	185-17	114-21	113-17	187-19	186-38	181-29	118-15	118-24	188-28	116-86	188-24	189-38	114-24	185-16	111-22	112-22	187-16	186-17	183-21	TOTAL		
1																																					
2																																					
3																																					
4																																					
5																																					
6																																					
7																																					
8																																					
9																																					
10																																					
11																																					
12																																					
13																																					
14																																					
15																																					
16																																					
17																																					
18																																					
19																																					
20																																					
21																																					
22																																					
23																																					
24																																					
25																																					
26																																					
27																																					
28																																					
29																																					
30																																					
31																																					
32																																					
33																																					
34																																					
35																																					
36																																					
37																																					
38																																					
39																																					
40																																					
41																																					
42																																					
43																																					
44																																					
45																																					
46																																					
47																																					
48																																					
49																																					
50																																					
51																																					
52																																					
53																																					
54																																					
55																																					
56																																					
57																																					
58																																					
59																																					
TOTAL	272	320	264	336	368	128	384	368	248	416	688	488	144	304	464	416	192	192	336	144	48	172	336	288	96	248	144	336	192	288	248	96	144	144	256		

TABELA 4.5 - Total das horas trabalhadas nas quadras para execução do reboco e colocação do forro.

EMPLO DE SERVIÇOS - 5 TODAS AS EMPRESAS

SE	121-31	122-47	117-12	118-27	119-38	115-31	112-52	116-15	117-34	119-57	101-18	102-34	103-24	113-37	104-28	105-17	114-21	113-17	107-19	106-30	101-29	110-15	110-24	104-20	116-04	103-24	109-30	114-21	103-16	111-22	112-22	107-16	106-17	103-21	TOTAL		
1																																					
2																																					
3																																					
4																																					
5																																					
6																																					
7																																					
8																																					
9																																					
10																																					
11																																					
12																																					
13																																					
14																																					
15																																					
16																																					
17																																					
18																																					
19																																					
20																																					
21																																					
22																																					
23																																					
24																																					
25																																					
26																																					
27																																					
28																																					
29																																					
30																																					
31																																					
32																																					
33																																					
34																																					
35																																					
36																																					
37																																					
38																																					
39																																					
40																																					
41																																					
42																																					
43																																					
44																																					
45																																					
46																																					
47																																					
48																																					
49																																					
50																																					
51																																					
52																																					
53																																					
54																																					
55																																					
56																																					
57																																					
58																																					
59																																					
TOTAL	434	543	96	277	320	320	304	288	416	320	240	480	240	520	336	240	192	192	182	144	192	240	96	192	96	192	144	576	192	336	528	240	192	576			

TABELA 4.6 - Total de horas trabalhadas nas quadras para execução dos pisos e colocação das esquadrias.

GRUPO DE SERVIÇOS - 6 TODAS AS EMPRESAS

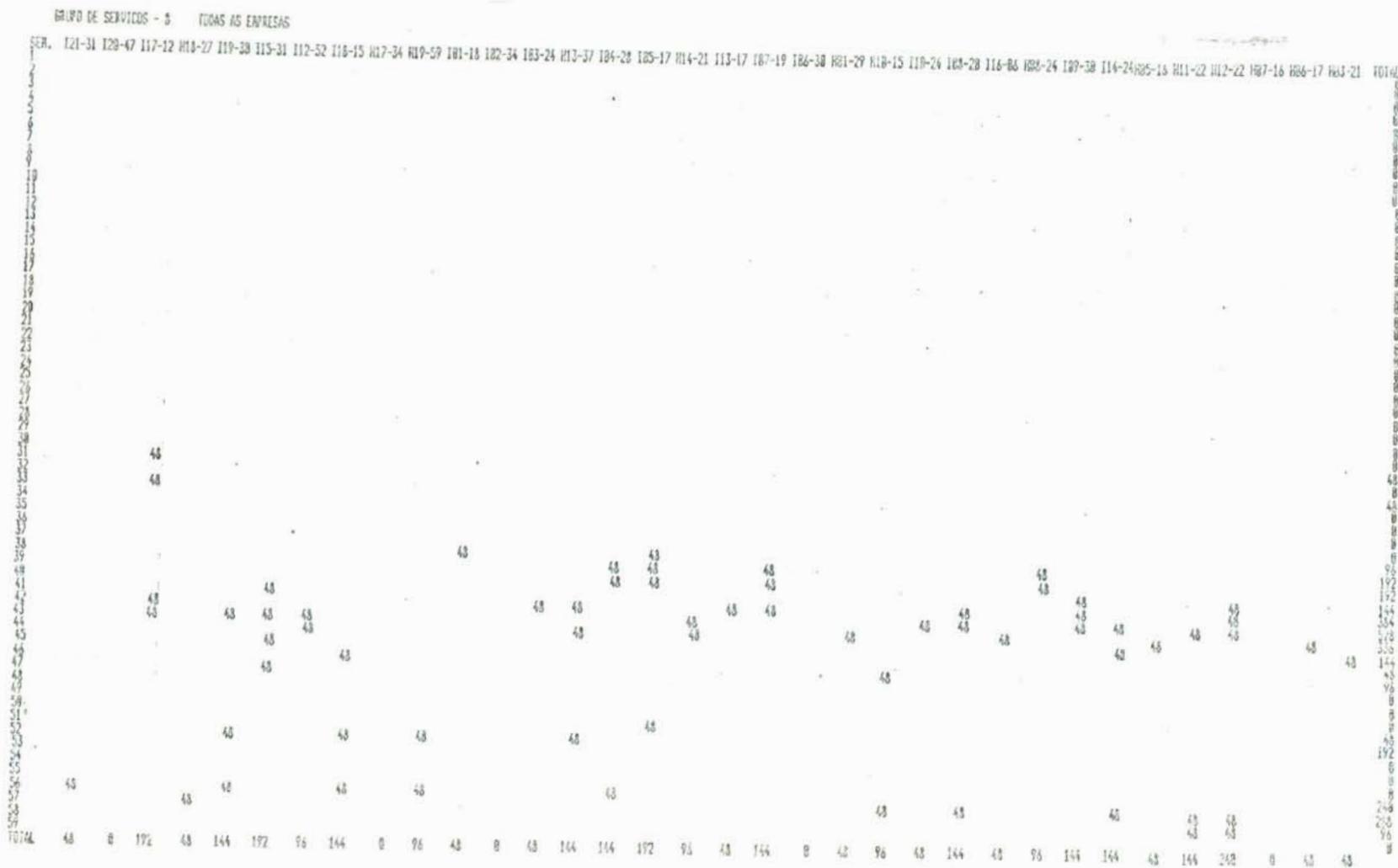
SER.	121-31	128-47	117-12	118-27	119-38	115-31	112-52	110-15	117-34	119-59	181-18	182-34	183-24	113-37	184-28	185-17	114-21	113-17	187-19	186-38	181-29	116-15	118-24	183-28	114-65	183-24	189-38	114-24	185-18	111-22	112-22	187-16	183-17	183-21	TOTAL		
1																																					
2																																					
3																																					
4																																					
5																																					
6																																					
7																																					
8																																					
9																																					
10																																					
11																																					
12																																					
13																																					
14																																					
15																																					
16																																					
17																																					
18																																					
19																																					
20																																					
21																																					
22																																					
23																																					
24																																					
25																																					
26																																					
27																																					
28																																					
29																																					
30																																					
31																																					
32																																					
33																																					
34																																					
35																																					
36																																					
37																																					
38																																					
39																																					
40																																					
41																																					
42																																					
43																																					
44																																					
45																																					
46																																					
47																																					
48																																					
49																																					
50																																					
51																																					
52																																					
53																																					
54																																					
55																																					
56																																					
57																																					
58																																					
59																																					
60																																					

TABELA 4.7 - Total de horas trabalhadas nas quadras para execução da pintura.

GRUPO DE SERVIÇOS - 7 TODAS AS EMPRESAS

SEN.	121-31	126-47	117-12	118-27	119-38	115-31	112-52	118-15	117-34	119-59	121-18	122-34	123-24	113-37	124-28	125-17	114-21	113-17	127-19	126-38	121-29	119-15	118-24	123-28	116-26	122-24	129-38	114-24	125-16	111-22	112-22	127-18	120-17	123-21	TOTAL	
1																																			192	
2																																				248
3																																				248
4																																				248
5																																				248
6																																				248
7																																				248
8																																				248
9																																				248
10																																				248
11																																				248
12																																				248
13																																				248
14																																				248
15																																				248
16																																				248
17																																				248
18																																				248
19																																				248
20																																				248
21																																				248
22																																				248
23			48																																	248
24			48																																	248
25			48																																	248
26																																				248
27																																				248
28																																				248
29																																				248
30																																				248
31		48																																		248
32			48																																	248
33		48																																		248
34			48																																	248
35																																				248
36																																				248
37																																				248
38																																				248
39																																				248
40																																				248
41																																				248
42		48																																		248
43		48																																		248
44			48																																	248
45			48																																	248
46																																				248
47																																				248
48																																				248
49																																				248
50																																				248
51																																				248
52																																				248
53																																				248
54																																				248
55																																				248
56																																				248
57																																				248
58																																				248
59																																				248
TOTAL	192	488	488	304	192	336	288	432	528	432	432	432	248	432	144	248	192	0	192	48	248	384	288	336	288	336	384	336	96	304	96	192	48	192		

TABELA 4.8 - Total de horas trabalhadas nas quadras para execução dos arremates e limpeza geral.









Durante a sua permanência no canteiro de obras a subcontratada B finalizou, em todas as unidades das quadras sob sua responsabilidade, os serviços de escavações, fundações e alvenaria. O fechamento das casas com a cobertura, assim como a colocação dos dutos do sistema de alimentação de água e energia elétrica e o esgotamento de águas servidas ficaram executadas em 80% das referidas casas. Os outros serviços (reboco, colocação de forros, pisos, esquadrias e pintura) foram realizados ou apenas iniciados em algumas unidades.

Percebeu-se que nas atividades executadas pela subcontratada B a orientação seguida era a de realização de um trabalho consecutivo e quase contínuo nas quadras onde eram realizados estes serviços. Este princípio de continuidade e seqüência organizada do trabalho ficou melhor evidenciado nas atividades de obra grossa. Os trabalhos de obra fina, definidos como de acabamento, parecem estar associados a um descuido ou dificuldade de orientação ordenada de sua execução.

Acredita-se que pelo sistema construtivo vigente, muitas irregularidades no fluxo de trabalho dos acabamentos sejam inerentes ao processo de construção, e algumas vezes podem ter sido causados pelo descaso na organização destas atividades.

Estas observações podem ser visualizadas no cronograma da FIGURA 4.5. Esta figura, montada através de dados de obra coletados, apresenta claramente a forma esparsa de realização destas atividades. A execução dos revestimentos e colocação de forros, por exemplo, embora tenham sido mais concentradas em determinados períodos de tempo, aparecem em trabalho desde a décima oitava (18ª) semana, até as últimas semanas. Situações idênticas ocorrem com os serviços de pintura, piso e colocação de esquadrias. Os serviços de arremate, complementação e limpeza de obras, entretanto, concentraram-se no período das dezenove (19) últimas semanas, ocorrendo com mais freqüência em determinadas semanas.

A análise feita no cronograma da empresa B, pode ser estendida ao da empresa C com pequenas variações nas datas de início e término dos serviços (FIGURA 4.6).

Já o cronograma da empresa A demonstra uma organização mais deficiente do trabalho. Acredita-se que isto tenha ocorrido em decorrência do acréscimo de unidades no seu lote de trabalho, em função do afastamento da empresa B (FIGURA 4.7).

A representação do trabalho de obra mostrada na FIGURA 4.7 apresenta as atividades mais esparsas com nítidas interrupções que devem ter sido ocasionadas pela dupla ação dos operários, nas suas quadras originais e nas quadras restantes da empresa B.

O gráfico da FIGURA 4.8 e os dados da TABELA 4.9 apresentam a alocação de recursos e horas trabalhadas durante o período de execução do empreendimento. Pode-se observar no gráfico nitidamente, a redução do número de operários sofrida com a rescisão de contrato da empreiteira B. Não fosse esse fato, teria-se um período de produção menor, compatível ao prazo contratual, e o aspecto do gráfico de alocação de recursos seria bastante semelhante ao da programação de recursos.

Os dados da TABELA 4.9, quando analisados, evidenciam a variação ocorrida na intensidade de trabalho em alguns grupos de serviço ao longo do período de execução e mostram o tempo total utilizado para execução de cada atividade e o total de horas trabalhadas em cada mês.

Analisando-se o gráfico da FIGURA 4.12, pode-se verificar uma grande queda no número de operários que trabalhavam na execução do reboco das unidades em meados do mês de março. Este primeiro declínio pode ser comparado ao da curva de alocação da FIGURA 4.8 que demonstra nitidamente a retirada do canteiro de obras de parte dos profissionais com a rescisão de contrato de subempreiteira com a empresa B.

TABELA 4.9 - Durações dos serviços ao longo do tempo (em horas).

SERVIÇOS	Horas trabalhadas															TOTAL	
	MES	Ago/79	Set/79	Out/79	Nov/79	Dez/79	Jan/80	Fev/80	Mar/80	Abr/80	Mai/80	Jun/80	Jul/80	Ago/80	Set/80		Out/80
1) Base- Trab.tenda Fundações	112	928	704	88	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.880
	-	472	1.264	1.376	1.304	152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.568
2) Elevação Alvenaria Pré-laje	-	88	368	1.168	2.232	1.920	728	355	-	-	-	-	-	-	-	-	6.859
	-	-	280	432	928	1.304	1.144	408	-	-	-	-	-	-	-	-	4.496
3) Cobertura Estrutura Telhamento Reservat.	-	-	-	416	696	1.608	1.528	464	472	320	-	-	-	-	-	-	5.504
	-	-	-	390	355	1.224	874	442	96	-	-	-	-	-	-	-	3.381
	-	-	-	390	385	1.220	730	326	500	302	-	-	-	-	-	-	3.833
4) Revestim. e tubulaç. Reboco+pordo Eletrodut. Tubul.e	-	-	-	200	100	1.286	1.440	1.848	0,36	1.368	528	144	432	336	408	-	9.026
	-	-	-	75	615	1.104	960	24	-	-	-	-	-	-	-	-	2.778
	-	-	-	65	900	1.651	2.064	744	-	-	-	-	-	-	-	-	5.424
5) Esquadrias Portas, jan. Piso madeira Piso ciment	-	-	-	-	-	816	936	864	480	720	816	624	240	57	30	-	5.588
	-	-	-	-	-	192	360	864	144	-	-	490	264	-	40	-	2.314
	-	-	-	-	-	-	-	768	576	576	-	144	-	-	-	-	2.064
6) Acabamentos Pintura Inst.elétr. Coloc.apar. Piso exter. Cerca,arrem.	-	-	-	-	-	-	600	686	816	1.500	1.344	1.224	1.584	1.162	168	-	9.144
	-	-	-	-	-	-	-	-	144	-	600	221	360	-	48	-	1.373
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	259	216	-	-	-	-	523
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	384	422	-	-	-	-	902
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.008	1.008	96	192	600	-	2.904
Total de serviço	112	1.488	2.616	4.600	7.563	12.477	11.364	7.793	4.164	4.942	4.493	4.493	2.976	1.795	1.254	-	72.576

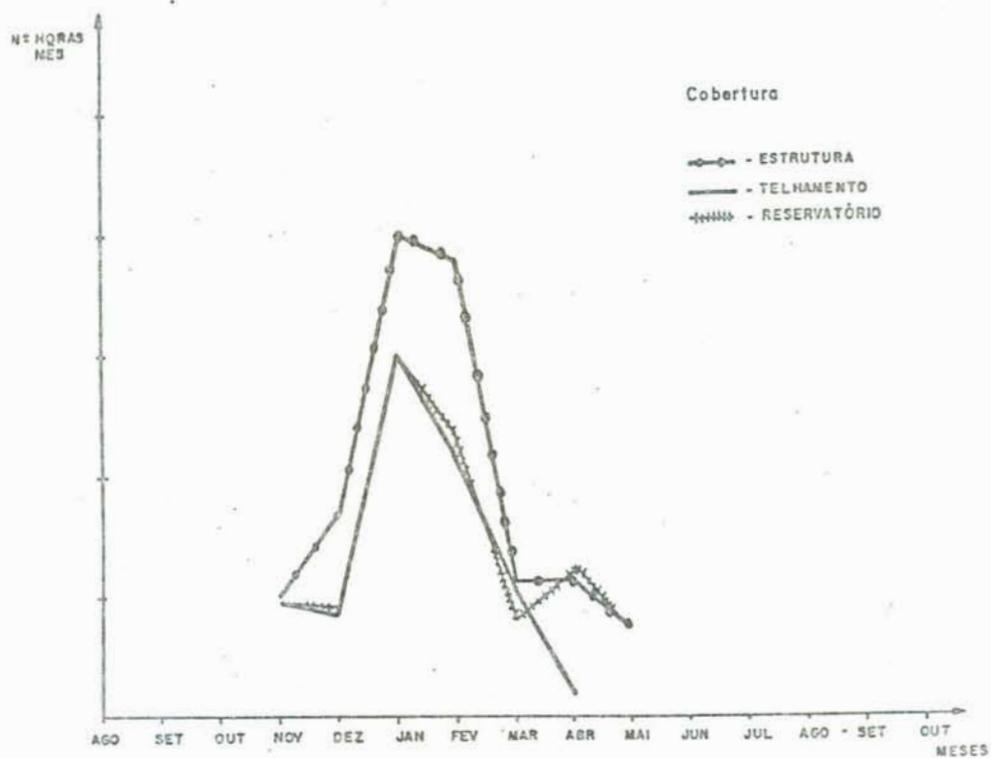


FIGURA 4.11 - Curva de alocação para cobertura e reservatórios.

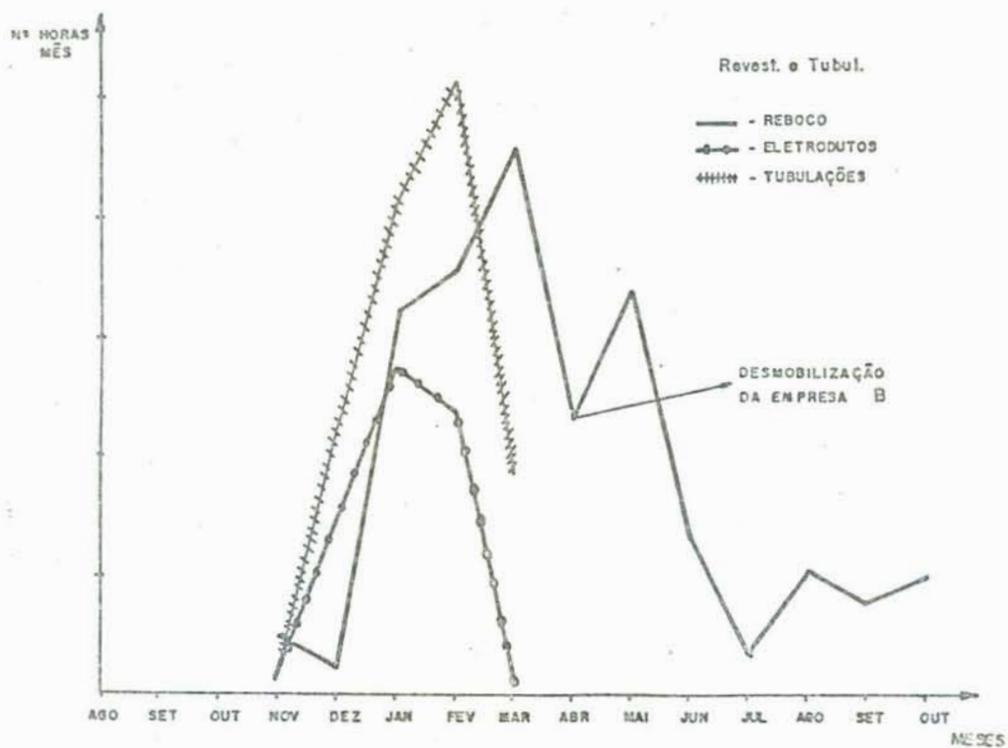


FIGURA 4.12 - Curva de alocação para revestimentos e tubulações.

Submetendo-se o grupo de gráficos a um estudo conjunto, conclui-se que a alocação de mão-de-obra na execução das atividades é variável e que há uma tendência a continuidade operacional das atividades, ou seja, as mesmas atividades são executadas na série de casas do empreendimento.

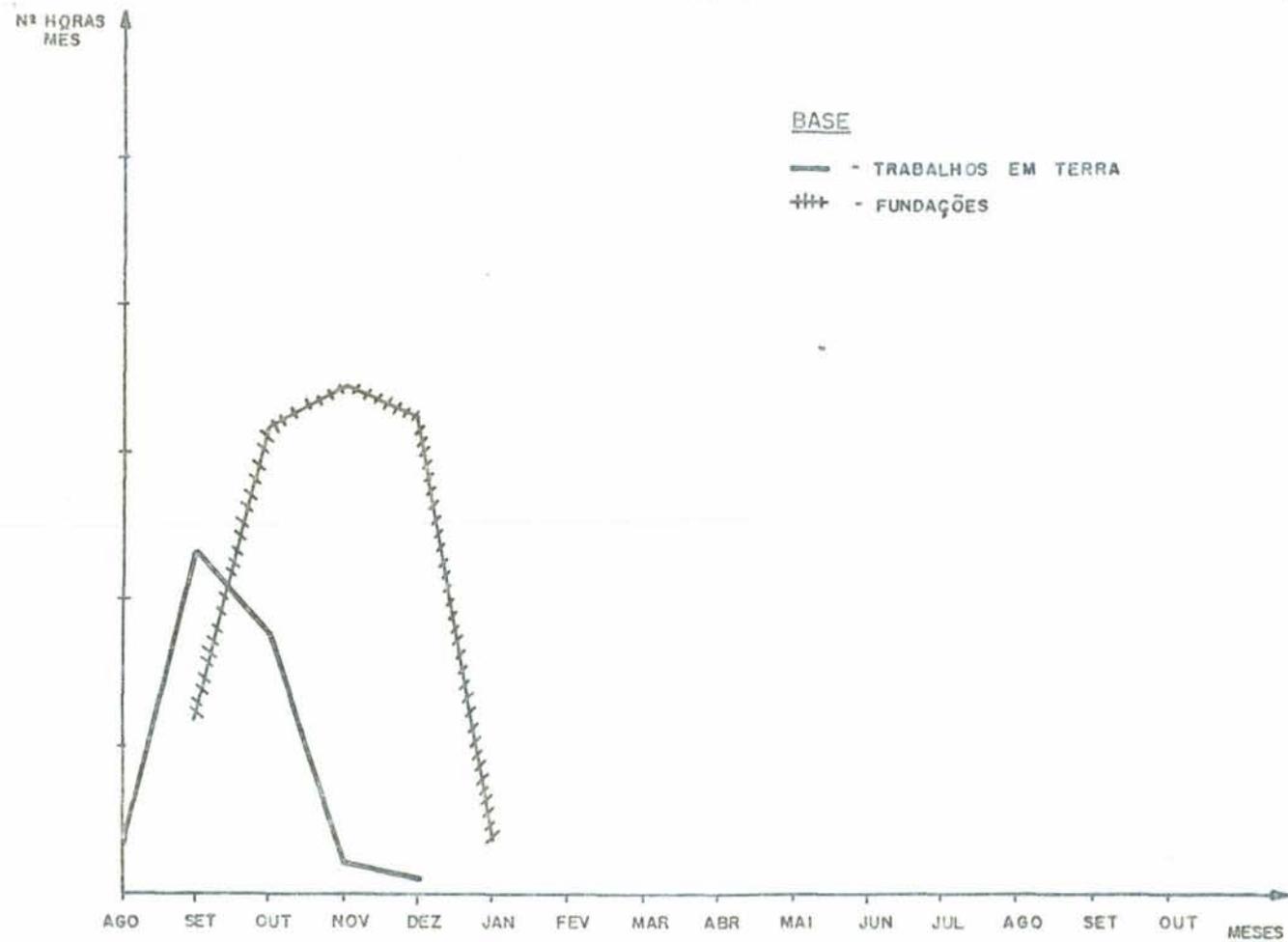


FIGURA 4.9 - Curva de alocação para os trabalhos em terra e fundações.

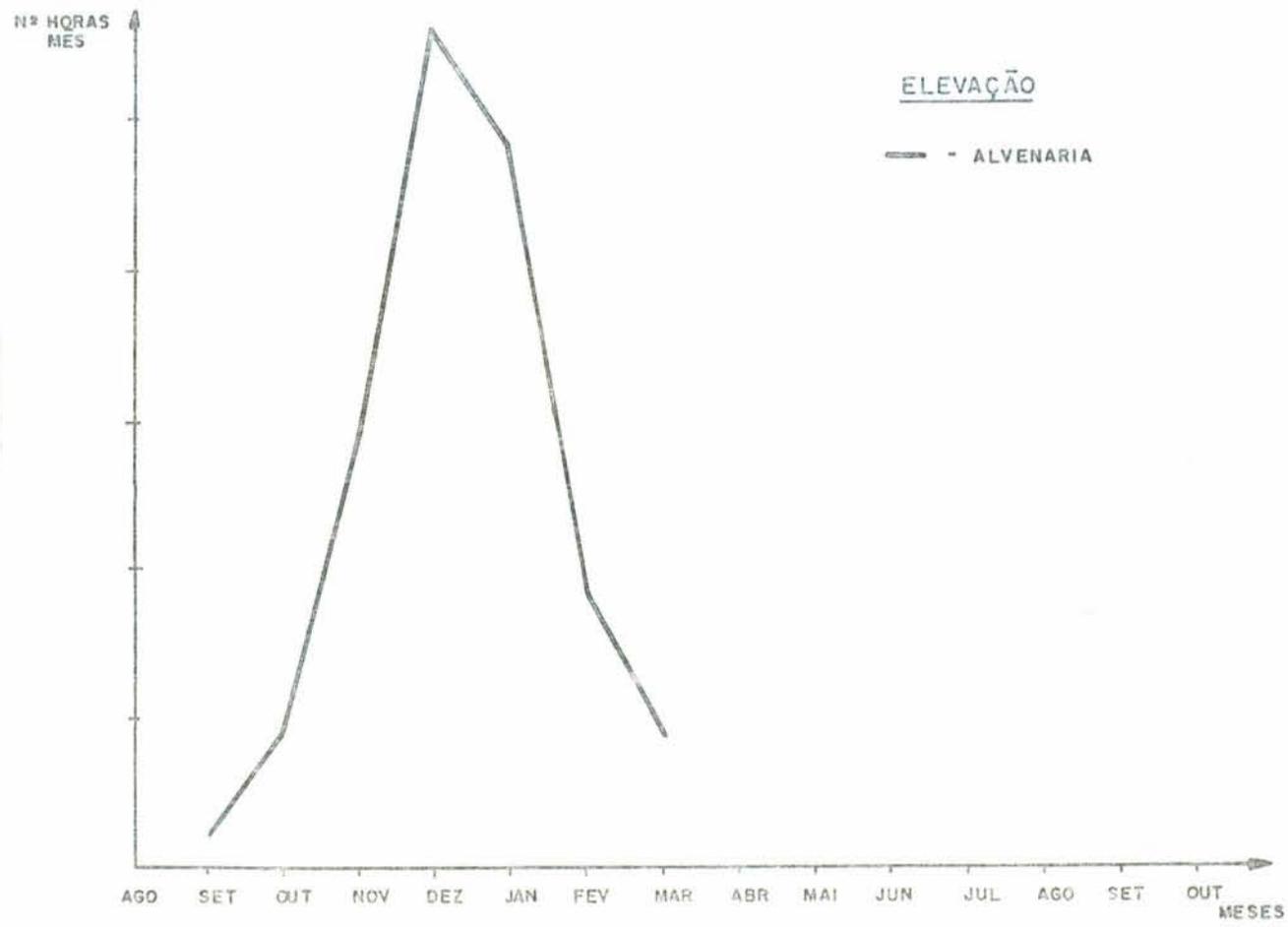


FIGURA 4.10 - Curva de alocação para alvenaria.

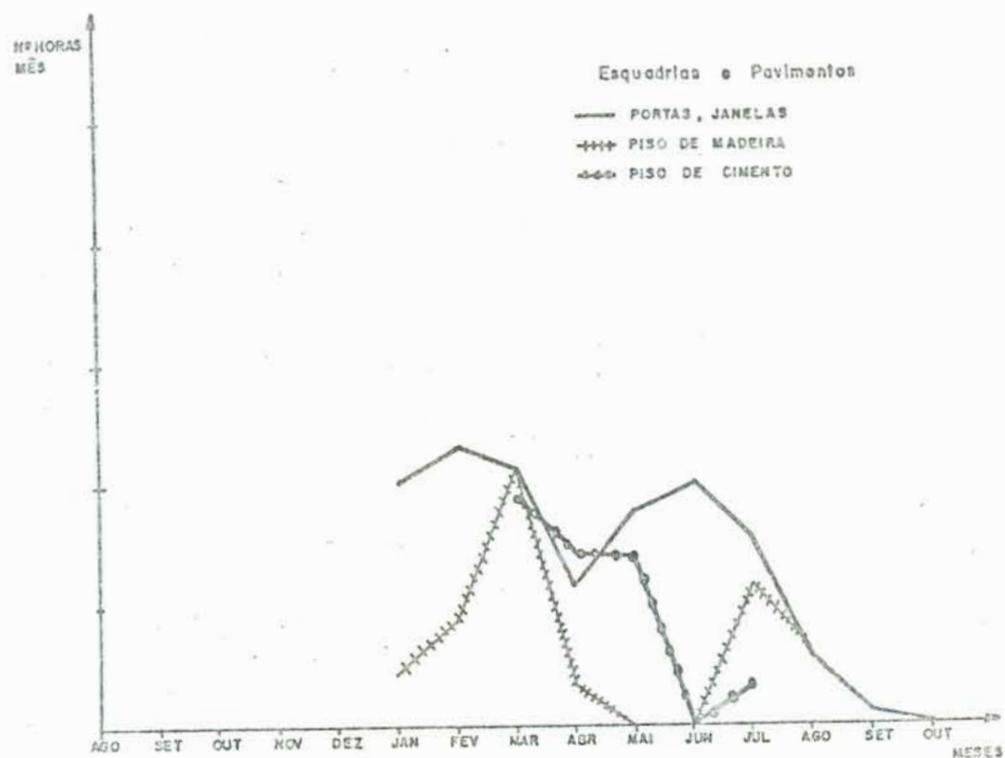


FIGURA 4.13 - Curva de alocação para esquadrias e pavimentos.

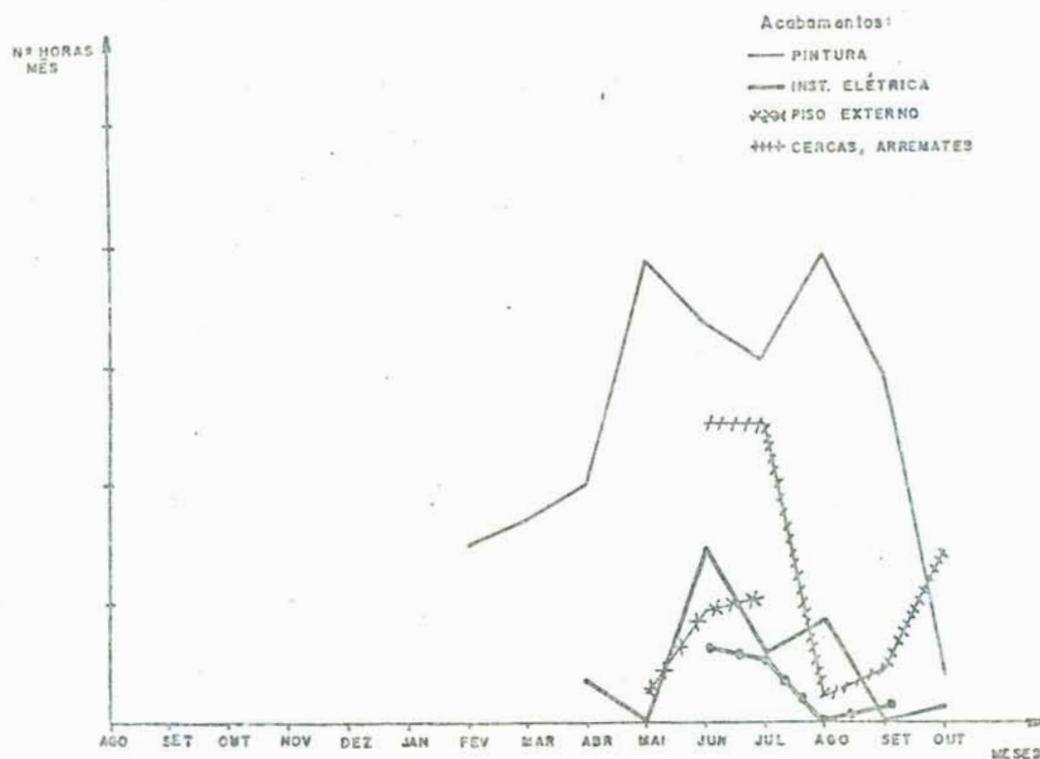


FIGURA 4.14 - Curva de alocação para as atividades de acabamento.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

A parte final deste estudo prende-se à análise das possibilidades de sucesso da programação elaborada através da L.B. As conclusões esboçadas através desta análise são apresentadas em dois momentos. No primeiro momento há uma comparação da eficiência das técnicas de programação quando utilizadas em obras de caráter repetitivo; num segundo momento, ocorre a síntese das observações feitas na organização do canteiro de obras das empresas envolvidas no caso estudado.

### 5.1. Comparação das Técnicas de Programação e Controle

Esta comparação é feita, primeiramente, analisando-se a forma de apresentação dos programas e as informações fornecidas pelos mesmos. Os gráficos de Gantt e da Linha de Balanço apresentam as mesmas características de clareza e simplificação de apresentação, superando as redes PERT e CPM que, em geral, mostram as informações de forma complexa e inteligível apenas após treinamento dos profissionais que vão utilizá-las.

Quanto às relações tecnológicas das atividades, elas não são claramente mostradas nos gráficos de Gantt, mesmo quando na forma de barras interligadas. Isto representa uma desvantagem em relação às redes e à técnica da L.B. Os programas L.B., apesar da semelhança ao gráfico de Gantt, apresentam claramente as interrelações entre as atividades mais importantes do processo (as críticas), suas durações e também em quais seções do projeto executar-se-ão as mesmas.

Quanto ao nível de informação, os gráficos de Gantt colocam-se em posição inferior por apresentarem planos superficiais de execução do trabalho, mas por sua clareza e facilidade de entendimento, complementam as outras técnicas.

Enquanto as redes trabalham , na maioria das vezes, com informações detalhadas e pormenorizadas, os diagramas da L.B., a exemplo dos gráficos de Gantt, utilizam-se de extratos superficiais e, às vezes, insuficientes. Mas os diagramas L.B. são adequados para o planejamento inicial, pois simplificam as decisões acerca da direção do trabalho, velocidade de trabalho, número de atividades por ciclo de trabalho, etc.

Ao analisar-se, separadamente, a eficiência do uso destas técnicas de programação para obras repetitivas, conclui-se que o gráfico de Gantt, em função de seu nível de detalhe de informações ser muito superficial, apresenta-se inapto para este tipo de programação. As redes PERT e CPM mostram-se impróprias devido à complexidade de apresentação, ocasionada pelo elevado número de atividades a serem repetidas nas inúmeras unidades que compõem o projeto, e as suas falhas de lógica ao impor certas precedências às atividades que podem ser executadas paralelamente a outras. Já a Linha de Balanço modela perfeitamente o fluxo de trabalho do processo repetitivo de produção, pois localiza a seção de trabalho, programa o momento de execução e a equipe destinada à realização do mesmo, respondendo a três perguntas básicas: como, onde e quando será realizado o trabalho.

## 5.2. Vantagens e Desvantagens da Utilização da Linha de Balanço

As principais vantagens da Técnica da Linha de Balanço são:

- a clareza e simplicidade de representação dos programas;
- a facilidade de transmissão das informações da programação;
- a representação, no programa, do intervalo de tempo em que cada atividade deve ser executada em cada seção do projeto;
- a representação, no programa, da folga existente entre a execução das atividades;

- a visualização imediata das atividades que desviaram-se do programa inicial e suas influências nas demais etapas da obra, quando usada como instrumento de controle;

- a facilidade de cálculo e rapidez de análise dos programas;

- a programação de entrega de unidades concluídas desde os primeiros períodos do processo produtivo, com possibilidade de rápida comercialização das unidades e rápido retorno do capital;

- a diferente forma de conduzir a obra, possibilitando menor turbulência no consumo de mão-de-obra.

- a possibilidade de programar-se a utilização de equipamentos e de componentes de construção;

- a possibilidade de programar-se a aquisição e uso de materiais em obra.

As desvantagens e necessidades geradas pela Técnica da Linha de Balanço são:

- a necessidade de manter-se um eficiente departamento de compras de materiais ou estabelecer locais para a estocagem destes, em função da utilização gradual destes materiais prevista na programação;

- a complexidade de representação dos programas quando várias etapas ou sub-projetos do empreendimento não são repetitivos;

- a necessidade de programar-se tarefas ocasionais para o consumo da ociosidade de mão-de-obra imposta pela programação paralela;

- a possibilidade de depredação das unidades concluídas e não ocupadas em locais propensos a esta ação, devido à entrega parcial das unidades. Estas situações exigem a manutenção de vigias para assegurar as boas condições do produto.

Apesar das desvantagens apresentadas, a L.B. aparece como a técnica mais apropriada à condução dos trabalhos em canteiros de obra repetitivos. Estas desvantagens podem ser solu-

cionadas com uma política organizacional da empresa mais adequada aos problemas de obra e uma administração dos canteiros mais criteriosa.

### 5.3. Conclusões

Após apresentadas as vantagens e desvantagens da Técnica da L.B., cabe analisar-se as condições gerais de sucesso e aceitação da mesma no meio empresarial.

Sabe-se que, embora haja uma preocupação crescente de grande parte das empresas construtoras em conhecer métodos organizacionais de trabalho que determinem menor turbulência e desperdícios em obra, poucos são os que conseguem adotar e manter até o final da obra um método de programação e controle do trabalho. Os vícios dos métodos usuais de construção e a tendência geral a decisões emergenciais adotadas em canteiro vêm a colaborar para a inércia e falta de audácia do corpo técnico das empresas em utilizar novos métodos de organização do trabalho.

Por outro lado, os métodos construtivos pouco renovados vêm a comprometer o sucesso de métodos de planejamento e programação que esbarram nas interferências do processo produtivo e em projetos falhos, elaborados superficialmente.

Entretanto, embora o trabalho de construção esteja apoiado em falhas organizacionais tão marcantes, ao observar-se o processo em canteiro e analisar-se a linha de ação do trabalho, percebe-se que tentativas de organização são feitas e chegam a assemelhar-se, em alguns aspectos, aos métodos de planejamento e programação da construção.

O empreendimento analisado neste estudo e apresentado no capítulo IV mostra situações em que um fluxo produtivo semelhante ao proposto pela L.B. é utilizado; em outras, um ritmo de trabalho foi pré-estabelecido, a exemplo do que ocorre no programa L.B. (FIGURA 4.4).

No entanto, observa-se também que, num mesmo processo produtivo embora a primeira etapa - obra grossa - ocorra com uma certa organização, a etapa seguinte, a dos acabamentos, segue de forma aleatória, sem que haja uma seqüência do trabalho. Este tipo de atitude pode ser reflexo de uma maior preocupação nos estágios iniciais da obra onde o emprego de capital é grande, pois apenas além da metade da obra, quando já se executam os acabamentos, as faturas começam a ser de maior valor e este capital investido é recuperado.

Outra explicação para estas ocorrências pode estar nos tipos de acabamentos adotados, na utilização dos métodos construtivos que necessitam a presença de um mesmo profissional várias vezes numa mesma seção de trabalho para execução de pequenas tarefas.

Do exposto acima, observa-se que, embora algumas alterações na ação construtiva sejam propostas, como a especialização do trabalho e a adoção de ritmos de produção, ocorre uma grande identificação dos princípios propostos pela L.B. com a maneira usual de tratar-se as obras. Assim sendo, a adoção de uma programação do trabalho através da L.B. não significaria violentar a prática vigente nas obras deste caráter, embora exigisse um estudo mais detalhado do processo construtivo e uma maior organização da construtora como empresa.

Cabe ressaltar neste momento em que se finaliza o trabalho, a importância dos desempenhos em obra, pois nenhuma programação é efetiva se não houver, durante o processo de construção, correções no fluxo de trabalho programado. Existem fatores que fogem à programação e que podem interferir significativamente no fluxo de trabalho, tornando obsoleto o programa. Para que isto não ocorra existe a necessidade constante de reavaliação dos planos traçados. Qualquer método de programação só logrará sucesso se estiver associado ao controle da construção.

#### 5.4. Sugestões para Futuros Trabalhos

Os trabalhos sugeridos estão relacionados à organização do trabalho em canteiros de obra, a produtividade da mão-de-obra e à modelagem do fluxo de produção na construção. Pesquisas nestas áreas completariam os dados que proporcionariam o entendimento perfeito do trabalho em obra e possibilitariam a simulação dos fluxos de produção com modelos matemáticos apropriados. Estes estudos são:

- o prosseguimento deste estudo com pesquisas em outros canteiros de obra para formação de um acervo de dados de obra e de exercícios de programação;
- a proposição da técnica para um empreendimento e acompanhamento de seu desempenho;
- a implementação da técnica através de computador;
- estudos de produtividade em canteiros do tipo repetitivo, com análise das durações das atividades;
- estudos sobre métodos de controle de trabalho em obras;
- estudos acerca de estratégias de dimensionamento de equipes nestes canteiros repetitivos;
- pesquisa de outros modelos de programação adaptáveis ao fluxo de trabalho da construção;
- estudos sobre as principais interferências do processo construtivo tradicional e suas influências no desempenho;
- estudo de estratégias de ataque ao canteiro incluindo o seqüenciamento do trabalho de unidade a unidade, número de frentes de trabalho, dispersão das equipes adequada ao longo do canteiro, prazos totais de construção.

Em relação as idéias abordadas e termos sugeridos neste trabalho, pode-se dizer que a técnica é apenas um instrumento a ser usado na busca da racionalização da produção nos canteiros. Cabe, no entanto, alertar que as soluções acerca da melhor estratégia de ação a adotar é uma decisão gerencial.

A gerência é o elemento dinâmico e vital a qualquer obra e ficará, sempre, sob sua responsabilidade a utilização correta dos instrumentos e meios de produção. À produção científica cabe o papel de fornecer todas as informações necessárias ao entendimento do processo produtivo.

## BIBLIOGRAFIA

1. ARDITI, D. Diffusion of network planning in construction. Journal of Construction Engineering and Management, New York, ASCE, 109(1):1-12, Mar. 1983.
2. ASHLEY, D.B. Simulation of repetitive unit construction. Journal of the Construction Division, New York, ASCE, 106(2):185-95, June 1980.
3. AZEVEDO, S. & ANDRADE, L.A.G. Habitação e poder - da fundação da Casa Popular ao Banco Nacional da Habitação. Rio de Janeiro, Zahar, 1982. 135p.
4. BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO. Departamento de Planejamento e Coordenação. Linhas de financiamento do BNH - condições gerais. 4.ed. Rio de Janeiro, 1981. 251p.
5. \_\_\_\_\_. Secretaria de Comunicação Social da Presidência do BNH. A dimensão social do BNH. Rio de Janeiro, 1982. 21p.
6. BARROSO-AGUILAR, L.F.; NAKAJIMA, T.; WOODHEAD, R.W. The construction project daily labor allocation problem. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE PRACTICAL APPLICATION OF PROJECT PLANNING BY NETWORK TECHNIQUES, 3., Stockholm, May 1972. London, John Wiley, 1972. v.3, p.59-71.
7. BEAMONT, E. Construction monitoring techniques. Architects Journal, London, 152:1379-82, 1970.
8. BIRREL, G.S. Construction planning-beyond the critical path. Journal of the Construction Division, New York, ASCE, 106(3):389-407, Sept. 1980.
9. BISHOP, D. Labour requirements for house buildings. The Builder, London, 209(6374):150-4, July 1965.

10. BROMILOW, F.J. Measurement and scheduling of construction time and cost performance in the building industry. Chartered Builder, 10:57-65, June/July, 1974.
11. CARR, R.I. & MEYER, W.L. Planning construction of repetitive building units. Journal of the Construction Division, New York, ASCE, 100(3):403-12, Sept. 1974.
12. CLAPP, M.A. Labour requirements for conventional houses Garston, Building Research Establishment, 1965. 11p. (Current Paper, 17).
13. \_\_\_\_\_. Productivity on building sites. BRE News, Garston, Building Research Establishment, 51:17-8, 1980.
14. COLE, L.J.R. Applied flow line technology. The Building Economist, 15(4):218-24, Mar. 1977.
15. CONSIGLO, G.C. A methodology for strategy planning in building construction. In: SYMPOSIUM ON ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 4., 1984. p.145-54.
16. DARLOW, M.J. Investigations into line of balance scheduling for house building. Loughborough, Loughborough University of Technology, Department of Civil Engineering, 1968. 112p.
17. DAVIDSON, C. Repetitive operations in building: results of ECE/UN studies. The Builder, London, 210(6399):9-10, Jan. 1966.
18. DIGMAN, L.A. PERT/LOB: life-cycle technique. The Journal of Industrial Engineering, Columbus, 18(2):154-8, Feb. 1967.
19. DUFF, A.R. A new look at estimating the cost of repetitive work. Building, London, 236:56-8, Apr. 1979.
20. ENK, I. Aspectos relativos ao gerenciamento da construção de conjuntos habitacionais. Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1984. 232p. Diss. maestr.
21. FINE, B. The repetitive process. London, Fine, Curtis & Gross, 1977. (Internal Report, 4)

22. FONDAHL, J.W. Construction methods improvement by timelapse movie analysis. Bulletin, Highway Research Board, Washington, 41: 163-72, 1962.
23. FORBES, W.S. The BRE site activity analysis package. Garston, Building Research Establishment, 1981. (BRE Report, 13)
24. \_\_\_\_\_. Flow charts to control progress on housing sites. Garston, Building Research Station, 1971. (BRE Digest, 134).
25. \_\_\_\_\_. The rationalization of house building. Garston, Building Research Establishment, 1977. 5p. (Current Paper, 48).
26. FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. Evolução recente da indústria da construção civil no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1982.
27. \_\_\_\_\_. Desempenho recente da indústria da construção civil no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1983.
28. \_\_\_\_\_. A indústria da construção: uma análise econômico-financeira. Porto Alegre, 1984. 175p.
29. FUNDAÇÃO METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO - METROPLAN. Programa habitacional da Região Metropolitana de Porto Alegre. Porto Alegre, 1984.
30. GATES, M. & SCARPA, A. Learning and experience curves. Journal of the Construction Division, ASCE, vol. 102, CO2, June 1976, pp.307-323.
31. \_\_\_\_\_. Optimum number of crews. Journal of the Construction Division, New York, ASCE, 104(2):123-32, June 1978.
32. HALL, B.O. RIT - a computer program for simulating construction work. Garston, Building Research Establishment, 1980. (Internal Note, 52).
33. HALPIN, D.W. & WOODHEAD, R.W. Flow modelling concepts in construction management. In: NATIONAL WATER RESOURCES ENGINEERING MEETING, ASCE, Atlanta, Ga., Jan. 1972. (Meeting preprint, 1618).

34. HARELI, M. Optimizing the execution sequence in construction projects with repetitive processes. In: SYMPOSIUM OF CIB W-65 ON ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 2., Haifa, Oct. 1978. Proceedings... Israel, Ministry of Construction and Housing, 1978. v.2, p.II 217-II 30.
35. HARRIS, F.C. Programming house building by line of balance. London, The National Building Agency, 1968.
36. HARRIS, F.C. & EVANS, J.B. Road construction - simulation game for site managers. Journal of the Construction Division, New York, ASCE, 103(3):405-14, Sept. 1977.
37. HEINECK, L.F.M. The analysis of activity's duration, precedence and sequence of work on house building sites of repetitive nature: graphical software to enhance the printed output from the Building Research Establishment site activity analysis package. Leeds, Department of Civil Engineering, University of Leeds, 1983. 182p.
38. \_\_\_\_\_. Modelos para o planejamento de obras. Trabalho apresentado no 7º Encontro Nacional da Construção, Curitiba, julho de 1984. 14p.
39. HEINECK, L.F.M. & FORBES, W.S. A new improved methods of activity sampling. 16p. Não publicado.
40. THE INSTITUTE OF BUILDING. Code of estimating practice. 4.ed. Ascot, 1979.
41. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E GERENCIAL. A construção habitacional no Brasil. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1971.
42. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Nível de satisfação em conjuntos habitacionais da Grande São Paulo. São Paulo, 1975.
43. LABOUR requirements of construction. BRE News, Garston, Building Research Establishment, 44:5, Summer 1978.
44. LUMSDEN, P. The line of balance method. Oxford, Pergamon Press, 1968. 72p.

45. McCafffer, R. & Harris, F.C. Modern construction management. London, Granada, 1977. 363p.
46. MACEDO, M.L. A aplicação do Método da Linha de Balanço na coordenação da execução de canteiros de habitações unifamiliares. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, São Paulo, out. 1981. p.777-86.
47. McNally, H.E. & Havers, J.A. Labor productivity in the construction industry. Journal of the Construction Division, New York, ASCE, 93(2):1-11, Sept. 1967.
48. MADDEN, L.W. Designing for productivity. Building, London, 220(6682):64-8, June 1971.
49. MASCARÓ, L.R. & MASCARÓ, J.L. A construção na economia nacional. São Paulo, Pini, 1981. 112p.
50. MÜRCEL, S.R. Planejamento e gerência de empreendimentos (conceitos e instrumentos), programação e controle de obras. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1981. 121p. Diss. maestr.
51. NUTTALL, J.F. The control of repetitive construction. Garston, Building Research Station, 1964. (Current Paper, 34)
52. \_\_\_\_\_. Some principles of the production control of building work. Journal of Industrial Economics, Oxford, 10(1):37-50, Nov. 1961.
53. O'BRIEN, J.J. VPM scheduling for high-rise buildings. Journal of Construction Division, New York, ASCE, 101(4):895-905, Dec. 1975.
54. PEDERSEN, H. Network planning of repetitive process in the housing construction industry. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE PRACTICAL APPLICATION OF PROJECT PLANNING BY NETWORK TECHNIQUES, 3., Stockholm, May 1972. London, John Wiley, 1972. p.381-92.

55. PEER, S. Network analysis and construction planning. Journal of Construction Division, New York, ASCE, 100(3):203-10, Sept. 1974.
56. PILCHER, R. Principles of construction management. 2.ed. London, McGraw-Hill, 1976.
57. PILCHER, R. & OXLEY, R. Optimizing productivity and cost in repetitive construction. In: SYMPOSIUM OF CIB W-65 ON ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, Washington, May 1976. v.4, p.172-95.
58. RODERICK, I.F. Examination of the use of Critical Path Methods in buildings. Building Technology and Management, 15(3):16-9, Mar. 1977.
59. ROESCH, W. Network planning and velocity-diagrams in housing construction industry. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE PRACTICAL APPLICATION OF PROJECT PLANNING BY NETWORK TECHNIQUES, 3., Stockholm, Sweden, May 1972. p.415-22.
60. ROSSO, T. Operações repetitivas na construção. In: ENCONTRO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO, 3., Porto Alegre, 1976. v.2, p.2-23.
61. \_\_\_\_\_. Produtividade da construção. Trabalho apresentado no 2º Encontro Nacional da Construção, Rio de Janeiro, dez. 1974. 30p.
62. \_\_\_\_\_. Tempos improdutivos nas operações de construção. Cadernos do Centro Brasileiro da Construção, São Paulo, 6(4):1-18, 1972.
63. STRADAL, O. & CACHA, J. Time space scheduling method. Journal of Construction Division, New York, ASCE, 108(3):445-57, Sept. 1982.
64. SUPRIMENTOS, um setor que pode dar lucros à empresa. Dirigente Construtor, São Paulo, 17(10):57-9, nov. 1981.
65. TABELA de produções para aplicação de PERT na construção. Dirigente Construtor, São Paulo, 5(12):57-62, set. 1969.

66. TRIMBLE, G. Resource - oriented scheduling. International Journal of Management, London, 2(2):70-4, May 1984.
67. TRIMBLE, G. & DARLOW, M.S. A study to determine the feasibility of a Line of Balance computer program. Loughborough, Department of Civil Engineering, Loughborough University of Technology, 1969.
68. TURBAN, E. The Line of Balance - a management by exception tool. The Journal of Industrial Engineering, Columbus, 19(9):440-8, Sept. 1968.
69. UNITED NATIONS. Economic Commission for Europe. Effects of repetition on building operations and process on site. New York, 1965. 140p.