

FC. FT-668  
LUIZ SÉRGIO FRANCO

Eng. Civil, Escola Politécnica da U.S.P., 1983

**APLICAÇÃO DE DIRETRIZES DE RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA PARA  
A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM  
ALVENARIA ESTRUTURAL NÃO ARMADA**

Tese apresentada à Escola Politécnica  
da U.S.P. para obtenção do título de  
Doutor em Engenharia.

Área de Concentração:  
Eng. de Construção Civil e Urbana

Orientador:  
Prof. Dr. Vahan Agopyan

São Paulo

1992

Franco, Luiz Sérgio

Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. São Paulo, 1992.

319p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Alvenaria estrutural 2. Racionalização construtiva I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t

À  
minha esposa Vera Lúcia,  
meus filhos Juliana e  
Pedro Luiz e meus pais  
Caetana Leonor e Alfredo.

**AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Vahan Agopyan pela amizade e dedicação ao longo destes nove anos de orientação na minha formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Fernando Henrique Sabbatini, pelo constante auxílio, amizade e incentivo na elaboração deste trabalho.

Aos Professores Mércia Maria Semensato Bottura de Barros, Ubiraci Espinelli Lemes de Souza que, com sua dedicação e empenho pessoal, possibilitaram a elaboração deste trabalho e, em especial, aos Profs. Sílvio Burratino Melhado, Eliane Monetti Ferraz Siqueira que corrigiram os originais.

Aos amigos professores do Departamento de Engenharia de Construção Civil pela cooperação e estímulo constante, em particular, aos Profs Vitor Levy Castex Aly, Francisco Ferreira Cardoso. Aos colegas Pós-graduandos, estagiários e técnicos do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da EPUSP que, com dedicação e trabalho, possibilitaram a execução das pesquisas que fundamentaram esta Tese. À bibliotecária Ademir do Carmo Merlim Barroso, pelo cuidado na revisão das referências bibliográficas.

Às empresas Tebas Cerâmica Ltda., Encol S.A. Engenharia Comércio e Indústria e Lix da Cunha S.A., pelo apoio recebido na elaboração das pesquisas, que além dos valiosos resultados, proporcionaram o amadurecimento para a elaboração deste trabalho.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	III
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XII
SIGLAS	XIII
RESUMO	XIV
ABSTRACT	XV
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Justificativa	1
1.2 Objetivos	7
1.3 Estruturação do Trabalho	8
<b>2. INDUSTRIALIZAÇÃO, RACIONALIZAÇÃO E QUALIDADE NA     CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>12</b>
2.1 A Industrialização da Construção Civil	12
2.1.1 O Conceito de Industrialização	16
2.1.2 O Conceito de Desempenho	22
2.1.3 Técnicas, Métodos, Processos E Sistemas Construtivos	25
2.2 Racionalização Construtiva e Construtibilidade	28
2.3 A Implementação da Qualidade	40
2.3.1 O Conceito de Qualidade	43
2.3.2 Qualidade Total e Gestão da Qualidade	49
2.3.3 Garantia da Qualidade, Sistema da Qualida- de e Controle da Qualidade	57

2.3.4 A Qualidade na Construção Civil	60
2.4 Relacionamento entre os Conceitos	73
<b>3. A IMPLANTAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO NAS EMPRESAS E NOS EMPREENDIMENTOS</b>	79
3.1 A Influência do Sistema de Decisões na Implantação da Racionalização Construtiva	82
3.1.1 Nível Hierárquico	83
3.1.2 A Sintonia com o Planejamento Estratégico, Tático e Operacional	85
3.1.3 Compreensão da Estratégia Empresarial	90
3.1.4 A Descentralização Administrativa	93
3.1.5 O Risco	94
3.1.6 A Motivação	96
3.2 A Influência do Sistema de Informações na Implantação da Racionalização Construtiva	97
3.2.1 A Qualidade do Sistema de Informações da Empresa	100
3.2.2 A Circulação da Informação Entre os Participantes do Empreendimento	103
3.2.3 O Sistema de Informações como Suporte da Tecnologia	105
3.3 A Influência das Relações Contratuais na Implantação da Racionalização Construtiva	107
<b>4. RACIONALIZAÇÃO NA FASE DE CONCEPÇÃO DOS EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL</b>	113
4.1 Organização para o Desenvolvimento dos Projetos	116

4.1.1	Coordenação de Projeto	121
4.1.2	Definição dos Condicionantes dos Projetos	126
4.1.3	Especificação e Controle dos Projetos	133
4.2	Diretrizes para o Desenvolvimento dos Projetos em Alvenaria Estrutural Não Armada	139
4.2.1	Arranjo Arquitetônico	140
4.2.2	Coordenação Dimensional	148
4.2.2.1	Modulação	150
4.2.2.2	Coordenação com os Demais Componentes e Subsistemas	160
4.2.3	Otimização do Funcionamento estrutural da Alvenaria	163
4.2.4	Projetos Racionalizados dos Demais Subsistemas	171
4.2.4.1	Instalações Prediais	171
4.2.4.2	Revestimentos	173
4.2.4.3	Esquadrias	176
4.2.4.4	Outros Procedimentos Construtivos	180
4.2.5	Projetos dos Métodos de Produção	185
4.3	Diretrizes de Projeto como Soluções Racionalizadas	189
4.3.1	Resultados Gerais da Racionalização na Fase de Projeto	191
4.3.1.1	Coordenação do Projeto	191
4.3.1.2	Aplicação das Diretrizes de Coordenação Modular	195

4.3.2	Aplicação das Diretrizes de Racionalização na Fase De Projeto Aos Diversos Subsistemas	199
4.4	Construtibilidade e Desempenho como Parâmetros de Desenvolvimento dos Projetos	209
4.5	Diretrizes de Projeto como Responsáveis pelo Incremento do Nível de Industrialização e Qualidade	217
<b>5.</b>	<b>RACIONALIZAÇÃO NA FASE DE EXECUÇÃO DOS EDIFÍCIOS</b>	
	<b>EM ALVENARIA ESTRUTURAL</b>	223
5.1	Organização da Produção	225
5.1.1	Organização do Canteiro de Obras	229
5.1.2	Definição dos Procedimentos Construtivos	231
5.1.3	Gerenciamento da Produção	234
5.1.4	Organização para o Controle da Produção	236
5.2	Diretrizes para a Implantação da Racionalização na Fase de Execução	238
5.2.1	Treinamento e Motivação da Mão-de-obra	239
5.2.2	Racionalização das Técnicas Construtivas	249
5.2.3	Racionalização dos Métodos Construtivos (Projeto do Método de Execução)	259
5.2.4	Controle da Produção	262
5.3	Aplicação das Diretrizes Racionalizadas à Execução	266
5.3.1	Treinamento da Mão-de-obra e Organização do Canteiro de Obras	267
5.3.2	Racionalização das Técnicas Construtivas	271



5.3.2.1 Assentamento da Alvenaria	273
5.3.2.2 Colocação de Esquadrias	279
5.3.2.3 Embutimento das Instalações Elétri- cas	283
5.3.3 Racionalização dos Métodos Construtivos	285
5.4 Diretrizes de Execução como Responsáveis pelo Incremento do Nível de Industrialização e Qualidade	290
<b>6. CONCLUSÕES</b>	<b>296</b>
6.1 A Racionalização como Forma de Evolução dos Processos Construtivos em Alvenaria Estru- tural Não Armada	297
6.2 O Ambiente para a implantação da Racionaliza- ção Construtiva	299
6.3 Observações em Relação à Aplicação das Dire- trizes de Racionalização	301
6.4 Resultados da Aplicação das diretrizes de Ra- cionalização	304
6.5 Conclusões Gerais	305
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>307</b>

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Contexto da classificação das ações de implementação da construtibilidade [O'CONNOR e TUCKER, 1986].	37
2.2	Significados da qualidade [DIAS, 1990].	44
2.3	A espiral do progresso na qualidade [JURAN e GRZYNA, 1991].	51
2.4	O conceito de "qualidade total" na construção [GRIFFITH, 1989].	54
2.5	A espiral da qualidade da construção [CLUB CONSTRUCTION E QUALITÉ, 1990].	55
2.6	Garantia da qualidade no empreendimento do edifício [KOSKISTO, 1989].	59
2.7	Ciclo de qualidade segundo a NB 9004 (ISO 9004) [ABNT, 1990e].	62
2.8	Ações para modernização do setor da construção [CBIC, 1991]	74
3.1	Hierarquia dos sistemas de decisão [LIMA JR., 1990a].	83
3.2	Estrutura de um empreendimento da construção civil (adaptado de [LIMA JR., 1988]).	108
4.1	Capacidade de influenciar o custo total durante o ciclo do empreendimento [O'CONNOR e DAVIS, 1988].	118
4.2	Esquema da produção dos projetos.	127
4.3	Amarração entre painéis de alvenaria: (a) amarração de canto de "meio bloco"; (b) amarração "de terço".	153
4.4	Componentes especiais para "adaptação" de blocos de 150 x 200 x 400 mm a uma malha modular de 200 mm de lado.	155
4.5	Alternativas para a amarração de paredes sem a interposição de blocos.	157
4.6	Efeitos aplicados no cálculo de esforços na alvenaria estrutural: (a) efeito arco; (b) uniformização de esforços.	167
4.7	Componente complementar utilizado para o embutimento das instalações.	172

- 4.8 Procedimento para a colocação de janelas: (a) instalação da esquadria com buchas plásticas e parafusos; (b) gabaritos para garantia das dimensões dos vãos deixados; (c) componente especial pingadeira; (d) componente especial parapeito. 178
- 4.9 Contramarco pré-moldado de argamassa armada para a racionalização na colocação das esquadrias. 179
- 4.10 Colocação das aduelas envolventes. 180
- 4.11 Detalhes empregado na execução de juntas: (a) junta vertical de dilatação ou trabalho; (b) junta horizontal de dilatação com a laje de cobertura. 183
- 4.12 Detalhes racionalizados para execução da amarração entre painéis de parede: (a) utilização de tela metálica; (b) utilização de bloco-e-meio. 184
- 4.13 Desenhos detalhados do "projeto executivo" do processo de alvenaria de blocos de concreto. 193
- 4.14 Blocos desenvolvidos na EPUSP com medidas modulares planimétricas múltiplas de 15 cm: (a) bloco cerâmico; (b) bloco de concreto. 196
- 4.15 Edifícios de maior altura utilizando alvenaria não armada de blocos vazados: (a) Blocos de concreto; (b) detalhe do "pilotis"; (c) blocos cerâmicos. 200
- 4.16 Colocação de janelas: (a) com componente especial, (b) com gabarito; embutimento de instalações: (c) nos "shafts", (d) nos vazados dos blocos, (e) em paredes hidráulicas com componentes especiais; Juntas: (f) horizontal, (g) vertical; (h) Amarração com blocos especiais. 202
- 4.16 (Continuação) (i) vergas pré-moldadas; Revestimentos sem camada de regularização: (j) de piso, (m) de parede, (n) azulejos; (k) Amarração com telas metálicas; (l) Aduelas envolventes; (o) Escada pré-moldada. 203
- 5.1 Modelo de fatores para operações de trabalho intenso em um ambiente de trabalho constante [THOMAS e YIAKOUMIS, 1987]. 228
- 5.2 Escala das necessidades humanas [GARCIA MESSEGUER, 1991]. 243
- 5.3 Satisfação e a não satisfação (frustração) das necessidades humanas básicas [CHIAVENATO, 1987]. 245
- 5.4 Fatores motivacionais e fatores higiênicos [CHIAVENATO, 1987]. 246

5.5 Transporte dos blocos de concreto: (a) pilha de blocos preparada para o transporte; (b) e (c) carregamento dos blocos; (d) transporte; (e) e (f) descarga dos blocos.	274
5.6 Montagem dos andaimes.	275
5.7 Caixote com suporte para a colocação da argamassa.	275
5.8 Equipamentos auxiliares utilizados para assentamento da alvenaria: escantilhão; esticador de linha; e régua de nível e prumo.	276
5.9 Seqüência de assentamento dos blocos de concreto.	278
5.10 Seqüência de colocação da aduela metálica envolvente: (a) colocação da aduela; (b) verificação do prumo e nível; (c) travamento e nivelamento; (d) fixação com preenchimento de argamassa.	280
5.11 Seqüência de colocação do contramarco de argamassa armada: (a) colocação do contramarco; (b) fixação do suporte e acerto do nível e prumo; (c) consolidação com argamassa; (d) contramarco servindo como referência para o assentamento da alvenaria.	282
5.12 Embutimento das instalações elétricas: (a) lançamento dos eletrodutos pelos vazados dos blocos; (b) corte do bloco; (c) posicionamento e chumbamento da caixinha.	284
5.13 Projeto de laje acabada.	288

## LISTA DE TABELAS

2.1	Medidas e procedimentos a serem tomados ou verificados em cada uma das etapas.	65
4.1	Medida coordenada dos componentes utilizados na alvenaria estrutural no Brasil (dimensão + espessura da junta + folga).	151
4.2	Medidas de racionalização utilizadas nos projetos dos protótipos.	204
4.2	(Continuação) - Medidas de racionalização utilizadas nos projetos dos protótipos.	205
4.3	Valores de espessura média de revestimento e emprego de mão-de-obra apropriados dos edifícios protótipos de blocos de concreto.	206
4.4	Valores de emprego de mão-de-obra de diferentes processos construtivos em alvenaria estrutural.	208
5.1	Medidas para o aumento da eficiência da construção [LOWE, 1987].	235

## SIGLAS

Foram empregadas no trabalho as seguintes siglas:

ABCI	- Associação Brasileira da Construção Industrializada
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANCE	- Associazione Nazionale Costruttori Edili
ANSI/ASQC	- American National Standard Institute/ American Society for Quality Control
ASCE	- American Society of Civil Engineers
BNH	- Banco Nacional da Habitação
BRE	- British Research Establishment
BSI	- British Standards Institute
CBIC	- Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil
CIB	- Conseil International du Bâtiment/ International Council for Building, Research , Studies and Documentation
CII	- Construction Industry Institute
CIRIA	- Construction Industry Research and Information Association
CONESP	- Companhia de Construções Escolares do Estado de São Paulo
CPqDCC	- Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
CSTB	- Centre Scientifique et Technique de la Construction
EPUSP	- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISO	- International Organization for Standardization
SINDUSCON/SP	- Sindicato da Indústria da Construção Civil de Grandes Estruturas no Estado de São Paulo

## RESUMO

Os processos construtivos em alvenaria estrutural vêm sendo empregados, ao longo da última década, para a construção de edifícios, na sua maioria de até cinco pavimentos. O uso intensivo deste processo é justificado por suas características, que permitem a construção com custo mais reduzido e desempenho adequado, quando comparado com os processos tradicionais. Entretanto, ainda não foram exploradas todas as potencialidades em relação ao desempenho e a racionalidade destes processos construtivos.

No presente trabalho, propõe-se a implementação de diretrizes de racionalização construtiva, aplicadas às fases de concepção e execução dos empreendimentos. Estas resultam no incremento do nível de industrialização e qualidade dos mesmos, revertendo numa maior eficiência do processo construtivo e qualidade dos produtos finais.

As diretrizes propostas para a racionalização construtiva são aplicadas ao projeto e execução de edifícios protótipos, construídos no âmbito de pesquisas de cooperação tecnológica desenvolvidas em convênio entre a Universidade e empresas do setor privado. Na avaliação da aplicação destas medidas, obteve-se um aumento no nível organizacional e de qualidade, dos edifícios e processos de produção.

**ABSTRACT**

Structural masonry construction process has been used during last decade for low-cost housing, in buildings not higher than five floors. The intensive use of this process is justified because it results a low cost dwelling with suitable performance when compared with the traditional construction process. However, all of its performance and building rationalization potentialities have not been already used.

In this work, the implementation of construction rationalization guidelines has been proposed. These guidelines are applied both at conception and construction phases of the building. Moreover they improve the industrialization and quality of the process which implies in a high efficiency of constructive process and quality of the finish products.

These proposed guidelines for constructive rationalization have been applied in design and construction of prototype buildings, produced in cooperation research program of the University with private companies. As result of the application of that guidelines an improvement on organization and quality of that buildings and productive process are achieved.



## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria da Construção Civil é reconhecidamente um dos setores de grande importância dentro de cenário nacional. Nas últimas décadas, vem participando com uma produção correspondente a 6 a 8 % do Produto Interno Bruto anual do país [SINDUSCON, 1991]<sup>(\*)</sup>. Além disso, possui importância estratégica no desenvolvimento da nação, gerando a infraestrutura física para o funcionamento dos demais setores e atendendo várias necessidades básicas da população.

Este setor produtivo e, em particular, o subsetor de edificações, vem enfrentando nas últimas décadas o grande desafio de atender à demanda crescente por habitações. Estima-se que o déficit acumulado seja superior a dez milhões de habitações [ALBUQUERQUE, 1985]. Apesar disso, o sub-setor de edificações é marcado por uma série de características, que o torna ineficiente em relação à produtividade, desperdício de insumos, qualidade e confiabilidade dos produtos

---

(\*) Neste trabalho, as referências bibliográficas serão indicadas entre colchetes pelo sobrenome do autor e a data de publicação (ou só pela data quando o autor estiver sendo citado no texto). No Capítulo 7 as referências completas poderão ser identificadas por estes dois elementos.

(edifícios). Esta situação reflete-se, como afirma ZANETTINI [1992], na "baixa qualidade de execução de obras em geral e, em especial daquelas de cunho social, pela qualidade dos projetos, pelo despreparo da mão-de-obra, pela quase impossibilidade de controle da qualidade da obra artesanal".

O desperdício de recursos, cada vez mais escassos, é também significativo. PICCHI [1991] estima que os prejuízos causados na construção de edifícios estejam em torno de 30 % do custo total das edificações, considerando o volume de entulho retirado, bem como o "entulho" que é incorporado na forma de, por exemplo, excesso de espessura de revestimentos, utilizados para encobrir falhas de execução da estrutura e alvenaria, perdas de produtividade da mão-de-obra, retrabalhos, etc.

Esta situação é especialmente difícil no setor de construções habitacionais, onde características próprias, como a heterogeneidade do produto e o uso intensivo de mão-de-obra entre outras diagnosticadas no lançamento do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade [CBIC, 1991], agravam a situação. Todos estes problemas têm importantes implicações sociais, tornando a habitação digna, condizente com os requisitos mínimos de sanidade e habitabilidade, um privilégio que é, a cada dia, restrito a uma menor parcela da população.

Os fatores que levaram à situação exposta acima estão, entretanto, tendem a se alterar. Muitas são as pressões para que os diversos setores produtivos do país aumentem o nível de eficiência tanto dos processos de produção, objetivando o incremento de produtividade e nível de produção, quanto dos produtos elaborados, visando o aumento de satisfação dos consumidores.

Dentre os fatores responsáveis por esta mudança, podem-se destacar como principais a maior competitividade presente atualmente no mercado e a diminuição da procura, causada pela recessão econômica dos últimos anos. PICCHI [1991] alerta que o mercado da construção torna-se cada vez mais competitivo e, as empresas que não se adequarem à nova realidade ficarão "espremidas entre a maior eficiência e qualidade dos concorrentes e a crescente exigência dos consumidores, cada vez mais organizados e hoje amparados pelo Código de Defesa do Consumidor".

O maior nível de conscientização dos consumidores tem levado ao aumento da procura por produtos de maior qualidade. Segundo a análise de SOUZA [1992] "A melhoria da qualidade e da produtividade era pouco demandada, devido ao atrelamento e dependência do setor para com o Estado, que não exigia qualidade em suas obras e era rico em financiamentos. O mercado consumidor, marcado pela excessiva carência e pelo baixo grau de exigência, também pouco demandava em termos de qualidade. Em épocas não remotas, do nosso mercado imobiliário, tudo o que se produzia era consumido, e o

preço era resultante de regras em que contava mais a capacidade de especulação, do que a capacidade gerencial e de produção".

As mudanças ocorridas no setor da Construção Civil expõem a urgência com que se deve alterar a postura das empresas, na busca de uma maior eficiência no desenvolvimento de suas atividades. Atualmente, o debate sobre o incremento de eficiência e competitividade gira em torno da implantação das modernas teorias de gestão da qualidade. Assim, muitas empresas procuraram incluir em sua estrutura departamentos de qualidade, lançando diretrizes nesta área. Muitas delas entretanto, vêm encontrando sérias dificuldades para a implementação desta postura, e as intenções relativas ao incremento da qualidade acabam não se tornando realidade na execução das tarefas diárias.

Na própria discussão sobre qualidade, não se encontrou ainda uma alternativa de consenso para a sua aplicação ao setor da Construção Civil. Como destacam AL-MUFTI e COCHRANE [1989], se existe alguma concordância dos diversos encontros realizados sobre garantia da qualidade é que esta "permanece um assunto vago, ainda em nível conceitual e existe ainda muito que avançar para transformá-la em propostas específicas para o setor da construção". Isto faz com que as ações práticas pareçam estar ainda longe de chegar ao canteiro de obras ou aos escritórios de projeto, e se consubstanciarem em uma realidade tecnológica.

Na busca da eficiência e produtividade foram tentadas, nos últimos anos, muitas soluções como a importação ou a concepção de processos construtivos inéditos. Dentre as poucas experiências de sucesso com a utilização destes vários processos construtivos, destacam-se os processos em alvenaria estrutural, que se tornaram predominantes na construção habitacional de interesse social.

A alvenaria estrutural é conceituada como um processo construtivo que se caracteriza pelo emprego de paredes de alvenaria e lajes enrijecedoras, como principal estrutura suporte dos edifícios, dimensionadas segundo métodos de cálculo racionais e de confiabilidade determinável. Neste processo construtivo, as paredes constituem-se ao mesmo tempo nos subsistemas estrutura e vedação. A simplicidade resultante deste fato traz inúmeras vantagens, possibilitando a racionalização destes processos.

O grande sucesso destes processos construtivos pode ser explicado por suas vantagens. A sua simplicidade permite uma imediata diminuição de custos e facilita as operações de execução do edifício. As habitações resultantes mostram ter bom desempenho frente às necessidades e condições existentes na maior parte do país. Além disso, a utilização destes processos construtivos leva à diminuição dos investimentos fixos com a compra ou aluguel de equipamentos, o que permite uma maior flexibilidade quanto à definição de cronogramas e fluxos de caixa, característica essencial para os investimentos numa economia ainda instável. Apesar disso,

na maioria dos casos ainda não foi explorado todo o potencial destes processos construtivos em nosso país, tanto no que diz respeito à capacidade estrutural da alvenaria, quanto à racionalização do processo construtivo.

Neste trabalho, apresenta-se uma alternativa para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural, baseada no incremento do seu nível de racionalização. Através das recomendações e procedimentos propostos, aumentam-se o nível organizacional dos empreendimentos e o nível de industrialização destes processos. Estabelece-se ainda um ambiente favorável à implantação de uma estratégia realística para o aumento da qualidade, tanto do processo construtivo, como dos produtos.

A busca pelo aprimoramento de nossas atividades deve estar sempre presente no desenvolvimento de nosso trabalho. Como afirma GALLEGOS [1989], "dominar o material, projetar com segurança e economia, calcular as dimensões e os esforços, elaborar planos e especificações, adquirir os insumos necessários e construir utilizando-os corretamente, controlando o processo construtivo e conduzindo-o - não sendo conduzido pelos operários, é o que deve fazer o profissional para dar dignidade ao seu exercício e servir efetivamente ao homem".

Nas construções de edifícios em Alvenaria Estrutural, por suas vantagens e sua simplicidade, encontra-se um vasto campo para trabalhar no sentido do aumento da racionalização.

zação, nível de industrialização, produtividade e qualidade. É nossa convicção, que estes processos construtivos podem representar uma solução coerente com nossa realidade, para o déficit habitacional de nosso país. Ao longo da última década, dedicamo-nos em participar da evolução tecnológica e do aprimoramento destes processos construtivos, que também foram tema de nossa Dissertação de Mestrado [FRANCO, 1987]. Com este trabalho, pretendemos apresentar uma nova e efetiva contribuição para o avanço tecnológico destes processos, para que, somada aos esforços de tantos outros pesquisadores, se possa dar uma resposta para o aumento de eficiência do setor, esperado por toda a sociedade.

## **1.2 OBJETIVOS**

O principal objetivo deste trabalho é utilizar os princípios da racionalização construtiva nos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada, como forma de se aumentar o nível de industrialização e como etapa de implementação de um sistema que incremente a qualidade e o desempenho, tanto dos processos produtivos como dos produtos.

A aplicação dos princípios de racionalização construtiva é feita através da elaboração de diretrizes para o projeto e para as obras de edifícios de alvenaria estrutural não armada.

É feita ainda uma análise dos resultados da aplicação destes princípios e diretrizes em projetos e processos em alvenaria estrutural não armada, cujo desenvolvimento vêm sendo realizado nos últimos anos pela linha de pesquisa em Tecnologia de Processos Construtivos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

### **1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO**

Para atingir os objetivos propostos, o tema é desenvolvido ao longo de quatro capítulos temáticos, além da introdução e conclusão, descritos a seguir.

No capítulo 2, "Industrialização, Racionalização e Qualidade na Construção Civil", são discutidos os principais conceitos ligados a estes temas, procurando mostrar a aplicação destes conceitos ao longo do tempo no setor da Construção Civil. Procura-se ainda correlacionar estes conceitos, que sempre foram empregados com um objetivo único: o aumento da competitividade e eficiência do setor para atendimento das demandas da sociedade. Com este capítulo pretende-se estabelecer uma linguagem única para o desenvolvimento do trabalho.

A implantação dos procedimentos de racionalização nos processos construtivos é um mecanismo que deve ser desenvolvido no interior das empresas do setor da Construção Civil. Assim, a viabilidade da implementação destes procedimentos



está diretamente ligada à estrutura organizacional das empresas do setor. No capítulo 3, "A Implantação da Racionalização nas Empresas e nos Empreendimentos", traça-se um panorama da importância e influência exercida pela estrutura organizacional dos participantes dos empreendimentos na efetiva implantação da racionalização. Pretende-se ainda identificar nestas estruturas, quais pontos são críticos para a implantação destas mudanças nos processos construtivos em alvenaria estrutural. Procura-se, com isso, situar o desenvolvimento tecnológico e sua implantação no contexto real das empresas.

O passo primordial e fundamental para a racionalização do processo construtivo é sem dúvida a melhoria da qualidade dos projetos. No capítulo 4, "Racionalização na Fase de Concepção dos Edifícios em Alvenaria Estrutural", procuram-se apresentar as recomendações e diretrizes para aplicação da racionalização à fase de concepção dos projetos dos edifícios em Alvenaria Estrutural. São apresentados neste capítulo, os resultados da aplicação destas recomendações e diretrizes a dois processos construtivos em alvenaria estrutural não armada, desenvolvidos no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que já se encontram em fase de utilização. Neste capítulo discutem-se ainda, os resultados da aplicação destas diretrizes para o aumento do nível de racionalização, industrialização e qualidade dos projetos.

No capítulo 5, "Racionalização na Fase de Construção dos Edifícios em Alvenaria Estrutural", de forma análoga ao que foi desenvolvido no capítulo anterior, apresentam-se as recomendações e diretrizes para aplicação da racionalização à fase de execução das obras. Neste caso também é feita uma análise da aplicação destas diretrizes aos dois processos construtivos em alvenaria estrutural desenvolvidos.

Cabe destacar, que os acordos cooperativos entre a Universidade e empresas do setor privado, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, mostram-se uma solução bastante eficiente para o desenvolvimento de tecnologia aplicada. Temos a convicção de que através de pesquisas desta natureza a Universidade contribui decididamente para o desenvolvimento da Sociedade, cumprindo um dos seus papéis primordiais.

Finalmente, no capítulo 6 apresentam-se as conclusões do trabalho. Nele se ressalta a utilização da racionalização construtiva como caminho para o aumento da eficiência do setor. Discute-se a criação de um ambiente favorável à introdução de ações que visem o desenvolvimento tecnológico, nas empresas. Discutem-se ainda, os resultados e observações feitas em relação à aplicação das diretrizes propostas nos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada desenvolvidos. Espera-se que estas, adicionadas às diversas observações e recomendações feitas neste trabalho, representem contribuições para o aumento do nível de

racionalização, industrialização e qualidade dos processos construtivos em alvenaria estrutural.

## **CAPÍTULO 2**

### **INDUSTRIALIZAÇÃO, RACIONALIZAÇÃO E QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Neste capítulo, é feita uma análise dos conceitos ligados à melhoria e modernização da Indústria da Construção Civil, como industrialização, racionalização e qualidade. Define-se o sentido no qual estas palavras e conceitos serão utilizados ao longo deste trabalho. Procura-se também, estabelecer relações entre os mesmos, seus objetivos e as ações implícitas à aplicação de cada um. Detalhou-se os conceitos ligados à industrialização e qualidade, para destacar os vários aspectos comuns destes, que levaram a racionalização construtiva a servir de etapa para a implantação, tanto da industrialização, como da qualidade nas construções.

#### **2.1 A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A construção dos grandes conjuntos habitacionais no Brasil, a partir da segunda metade dos anos setenta e início dos anos oitenta, marca pela primeira vez, além da utilização em massa de sistemas construtivos inovadores, a preocupação por encontrar alternativas para o aumento dos níveis de produção e produtividade no setor da Construção Civil. Este setor sempre foi dominado por técnicas e materiais tradi-

cionais, cuja evolução ao longo do tempo não acompanhou a dos demais setores industriais.

Esta procura pelo incremento nos níveis de produção foi motivada pelas pressões geradas pelo crescente déficit habitacional e marcada por políticas que interferiram no mercado consumidor, através de órgãos governamentais pelo chamado "Sistema Financeiro da Habitação". Estas políticas, se por um lado permitiram a importação e introdução de processos construtivos inovadores, por outro, através de sua futura desarticulação no final dos anos oitenta, iriam expor toda a falta de flexibilidade desses sistemas quanto às flutuações no nível de investimento por parte do setor público. Este fator é apontado pelos empresários como o principal responsável pela inviabilização na aplicação destes sistemas [CONSTRUÇÃO, s.d.].

Com a aplicação dos processos inovadores, procurava-se construir um grande número de habitações no menor tempo possível e buscava-se ao mesmo tempo a redução dos custos de construção, muitas vezes em prejuízo de quaisquer outras características, como conforto ou durabilidade.

A importação de sistemas construtivos de outros países que passaram pelo mesmo problema de déficit habitacional foi a resposta imediata para o atendimento a estes anseios de modernização. Muitos destes sistemas eram baseados em produção de pré-fabricados em usina. "A pré-fabricação fechada ou total foi e é a solução mais elementar para enfrentar a

industrialização da construção sem a necessidade de se definirem previamente, em toda a sua extensão, os problemas metodológicos" [ROSSO, 1980].

FULLER [1975] apresenta a evolução dos sistemas industrializados na Europa em três fases sucessivas: A primeira, depois da segunda guerra mundial até o início dos anos cinquenta, caracterizava-se pela complementação dos métodos tradicionais, procurando-se o aumento do nível tecnológico e da escala de produção. Nesta época, os governos locais asseguravam a demanda possibilitando a produção. A segunda fase, entre o fim dos anos cinquenta e o início dos anos sessenta, é marcada pela consolidação dos sistemas mais adequados e eliminação dos que não eram competitivos nem aceitáveis para os consumidores. O terceiro estágio ocorre no fim dos anos sessenta, com a introdução de métodos científicos aos empreendimentos com o objetivo de diminuição dos custos finais, frente aos sistemas tradicionais.

A tônica durante o período inicial da utilização dos sistemas industrializados no Brasil é o emprego do ciclo fechado, seguindo o mesmo caminho utilizado na Europa Ocidental e Japão no pós-guerra e na produção em massa na URSS a partir da década de trinta. Os sistemas fechados baseiam-se na massificação da produção dos elementos e componentes que são característicos de um projeto. Com isso, possibilitam a redução de custos e o aumento de produtividade [FARAH, 1992].

Muitos dos sistemas trazidos, entretanto, já se mostravam obsoletos nos seus respectivos países de origem. Esta postura mostrou-se, ao longo do tempo, geradora de sérios problemas, tanto gerenciais pelo desconhecimento dos profissionais envolvidos e pela total falta de adaptação às condições da construção nacional, quanto técnicos, pela inobservância de requisitos dos usuários e pela falta de durabilidade motivada por adaptações feitas sem critérios técnicos.

Ao lado dos estrangeiros, foi sendo criada no país uma série de outros sistemas construtivos que também se apresentavam como possíveis soluções para o déficit habitacional. Uma boa parte destes sistemas, entretanto, foi desenvolvida da noite para o dia, sem uma metodologia científica que embasasse os aspectos técnicos.

A partir desta situação, surgiram inúmeros problemas de patologias da construções com grande frequência de aparecimento de fissuras, infiltrações, descolamento de revestimentos e degradações. Isto contribuiu para se criar uma imagem bastante negativa de construções feitas a partir de sistemas não convencionais, que se perpetua até hoje. Um exemplo extremado desta situação é o conjunto de edifícios de Santa Etelvina, construído com painéis moldados com uma composição de gesso e cimento portland, cuja incompatibilidade levou a uma extensa degradação, obrigando à demolição de cerca de 2200 unidades habitacionais [JOHN et al. 1990]

### 2.1.1 O CONCEITO DE INDUSTRIALIZAÇÃO

No cenário exposto anteriormente, iniciou-se a discussão sobre a industrialização da construção no Brasil. Era consenso entre o meio técnico que a industrialização iria resolver todos os problemas do déficit habitacional, do nível de produção e dos custos. O entendimento do que vem a ser industrialização, entretanto, nunca chegou a ser consenso, nem mesmo na atualidade. Várias são as interpretações sobre este conceito.

No início, os profissionais envolvidos com estes sistemas inovadores sempre ligaram a industrialização a sistemas que utilizam elementos e componentes pré-fabricados e um maior nível de mecanização. Isto se deve, sem dúvida, ao pioneirismo dos sistemas pré-fabricados. As primeiras alusões a sistemas pré-fabricados de concreto remetem a 1892 na França, quando se utilizou um sistema de paredes estruturais de concreto para a construção de um cassino [FULLER, 1975].

Esta tendência de se associar a industrialização à pré-fabricação pode ser observada na definição proposta por DAVISON [1975]. Nela enuncia-se industrialização como "um método produtivo baseado na mecanização e num processo organizado de caráter repetitivo que requer continuidade". Este autor distingue os edifícios tradicionais (que são construídos com materiais e componentes industrializados) dos industrializados pela "complexidade dos produtos



(componentes) produzidos industrialmente e projetados para serem montados industrialmente", isto é, pressupõe necessariamente a utilização de elementos complexos.

Nas palavras de DIETZ [1971] a "industrialização" é um dos termos de utilização mais comum e significa coisas diferentes para diferentes pessoas "para alguns apenas subterfúgio para evitar o termo 'pré-fabricação' que é mal visto. Para outros é a panacéia para todos os males da construção".

Para BRUNA [1976] "a pré-fabricação dos elementos de uma construção constitui uma fase da industrialização, uma vez que não esta associada aos conceitos de organização e de produção em série".

TRIGO [1978] enfatiza que alguns autores entendem ser a transferência das operações normalmente executadas no canteiro de obras para instalações fixas, o principal aspecto da industrialização da construção, "acabando por identificar a industrialização da construção com pré-fabricação". Entretanto, explica que, embora a pré-fabricação seja apenas uma das manifestações importantes da industrialização, "esta (a industrialização) corresponde a uma noção muito mais vasta que incide sobre a totalidade do processo".

Vários autores definem industrialização da construção civil. Embora estas definições agreguem elementos diferentes, todas ressaltam os aspectos da "organização da produção".

TESTA [1972] usa a seguinte definição: "industrialização é um processo pelo qual, através de avanços tecnológicos, conceitos e métodos organizacionais, e investimento de capital, tende a aumentar a produtividade e a melhorar o desempenho". Entre as vantagens desta conceituação, segundo o seu autor, está a de apresentar dois objetivos: produtividade e desempenho dos edifícios, que podem ser transformados em parâmetros que permitem a medição do sucesso desta atividade. Observa ainda que a industrialização é principalmente uma maneira de organização. "Organização é a essência da industrialização dos edifícios".

Segundo BRUNA [1976] "a industrialização está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, os quais deverão ser entendidos, analisando-se de forma mais ampla as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção". Desta forma, este autor caracteriza o processo industrial basicamente como um modo produtivo organizado e de natureza repetitiva. Ressalta entretanto, que a repetitividade não deve ser entendida estritamente dentro de seu caráter de "modelos físicos", como foi interpretado nos primórdios da instalação dos processos industriais. Este caráter foi levado às últimas consequências no setor da construção, pelos pioneiros dos processos industrializados, resultando na repetição massificada dos edifícios dos primeiros conjuntos habitacionais.

Para este mesmo autor, deve-se entender a repetição de "modelos analógicos", isto é, a partir da "constante inte-

ração de modelos operativos com diversos conteúdos de informação. Ao variarem as informações, são produzidas modificações, até mesmo dimensionais nos objetos a produzir". Esta segunda forma de se encarar a repetitividade abre espaço para a produção de elementos e componentes em série e de "maneira industrial", que podem ser associados em composições variadas, dependendo do talento criador do projetista. No que se refere à organização, a definição proposta por BRUNA é entendida essencialmente como "planejamento da produção".

A definição de método industrial apresentada por ROSSO [1980] também ressalta a característica organizacional do processo e a definição das decisões. Segundo ele, este método "é baseado essencialmente em processos organizados de natureza repetitiva e nos quais a variabilidade incontrollável e casual de cada fase do trabalho, que caracteriza as ações artesanais é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva, característica das modalidades operacionais parcial ou totalmente mecanizadas".

SABBATINI [1989], em sua Tese de Doutorado, analisa os conceitos emitidos por vários autores sobre o assunto e, também observa que em sua grande maioria, estes autores caracterizam a industrialização da construção como um processo essencialmente de organização da atividade produtiva. Ele estabeleceu a definição utilizada pela Linha de Tecnologia de Processos Construtivos da Escola Politécnica da USP

como: "Industrialização da construção é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva". É neste sentido que utilizaremos este conceito ao longo do trabalho.

Em cerca de apenas uma década, os sistemas ditos "industrializados" mostraram-se inadequados para resolver o problema habitacional como se pretendia inicialmente. Muitos são os motivos deste fracasso, que vão desde a falta de adaptação dos mesmos às características de materiais e mão-de-obra encontradas no país, até a capacidade de investimentos das empresas e as flutuações e instabilidades no sistema financeiro e no mercado habitacional. Estas impediram a utilização contínua e em larga escala destes sistemas, condição necessária para amortização dos custos de investimentos em usinas e equipamentos. Estas preocupações foram explicitadas pelo extinto Banco Nacional da Habitação (BNH) em relação aos sistemas pré-fabricados num documento no qual afirma que "somente uma sólida garantia de mercado, em níveis de economia de escala, irá viabilizar o empreendimento" [BNH, 1978].

Na Europa e nos Estados Unidos, a industrialização seguiu outra direção: a industrialização de ciclo aberto, isto é, a industrialização e coordenação dos componentes da construção como um todo. Embora seja difícil avaliar quão pró-

ximo ou distante está um país deste modo de industrialização, este modelo é hoje o mais atual nos países em que o mercado é realmente competitivo.

Acreditamos porém, que os freqüentes fracassos, no país, de "sistemas industrializados" estão ligados a uma postura errônea na interpretação do conceito de industrialização. Esta má interpretação leva a duas atitudes. A primeira delas, com caráter imediatista e sem o devido suporte técnico e organizacional, leva a médio e a longo prazo, inevitavelmente ao fracasso e conseqüentemente a um maior descrédito destes sistemas. A segunda é a de imobilismo, gerada pelo fato de se acreditar que a implantação da industrialização só é possível a partir de sistemas complexos e radicais, implementados com grande aporte de capital, o que a torna incompatível com a situação da economia nacional nas últimas décadas.

Por outro lado, quando entendida em seu espectro mais amplo, a industrialização da construção mostra-se como o caminho mais direto para a evolução dos processos construtivos e da tecnologia no campo das edificações. Desta forma, concordamos com o Prof. SABBATINI [1989] quando diz que "o processo de industrialização constitui-se no próprio desenvolvimento da indústria da construção". É dentro deste espírito que elaboramos este trabalho, acreditando que as ações organizacionais propostas contribuirão efetivamente para a elevação do nível de industrialização.

### 2.1.2 O CONCEITO DE DESEMPENHO

Com o emprego de novos processos construtivos e a elaboração de vários outros processos no país, bem como o frequente aparecimento de problemas patológicos dos mais diversos tipos, surgiu a necessidade de aplicação de metodologias de avaliação destes sistemas que permitissem comparar a aptidão dos mesmos em atender as necessidades dos usuários.

DIETZ [1971] entende que a introdução de inovações tecnológicas, que não possuem uma história de utilização traz grandes incertezas quanto ao seu desempenho, tanto mais que ainda não é possível reproduzir em ensaios acelerados em laboratório o real comportamento que estes sistemas terão quando expostos a todas as ações do meio ambiente, e que o atual conhecimento do comportamento dos materiais ainda é insuficiente para preencher esta lacuna. Algo semelhante já havia ocorrido principalmente na Europa e foi resolvido pela adoção do conceito de desempenho.

O desempenho conceito foi definido pelo CIB ("Conseil International du Bâtiment") [CIB, 1975] como sendo "o comportamento de um produto em utilização". Esta conceituação é aceita pelo meio técnico em todo o mundo.

O caráter não prescritivo deste conceito o torna atual e moderno, independente do local e da época de aplicação. Ele é ferramenta fundamental para o balizamento do desenvolvi-

mento de novos materiais, componentes e sistemas construtivos. Do ponto de vista das modernas teorias de gestão e garantia da qualidade (ver item 2.3), este conceito também se mostra atual, pois a avaliação "em utilização" vai de encontro ao real funcionamento dos sistemas e portanto ao atendimento das exigências dos usuários.

Embora tenha sido introduzido no Brasil no fim dos anos setenta e difundido através do esforço de normalização por entidades como a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), este conceito não é ainda plenamente utilizado e entendido pelo meio técnico. Um exemplo disso, são os códigos de obra, que em geral não incorporam tais conceitos e se baseiam ainda em medidas prescritivas (por exemplo utilização de paredes externas de 20 cm de espessura).

Citando os campos, propostos por Roberto de Souza, de aplicação à habitação do conceito de desempenho, SABBATINI [1989] generaliza o emprego deste conceito aos mais diversos setores da atividade produtiva. Aponta entretanto, como sendo cinco os principais campos de utilização na Construção Civil:

- No desenvolvimento de produtos, fornecendo orientação racional e caracterizando de forma precisa os requisitos e critérios que estes produtos devem atender;

- Na elaboração de projetos, pois através do estabelecimento de especificações mais precisas pode-se obter um produto que melhor atende às expectativas do usuário;
- Na avaliação do desempenho, propiciando uma base objetiva e racional do desempenho provável de inovações tecnológicas;
- Na normalização, possibilitando a elaboração de normas de desempenho que não restringem a natureza do produto e estimulam a evolução tecnológica dos mesmos; e
- No controle da qualidade, por facilitar a implantação de certificados de homologação técnica e permitir a avaliação da qualidade através de propriedades que realmente refletem o comportamento em utilização do produto.

A utilização do conceito de desempenho principia com a definição das "exigências do usuário", isto é, o conjunto de necessidades dos usuários (pessoas, animais ou objetos) a serem satisfeitas pelo edifício, a fim de que este cumpra a sua função. Estas necessidades refletem a expectativa do usuário final e se tornam objetivos do empreendimento.

Com base nas exigências dos usuários, são definidos os requisitos de desempenho que expressam qualitativamente os atributos que o edifício deve possuir para satisfazer às



exigências e aos critérios de desempenho, que representam a quantificação dos requisitos de desempenho. Os requisitos e critérios de desempenho formam a base para que medidas efetivas quantificáveis, de caráter técnico, possam ser adotadas a fim de que se satisfaçam as exigências dos usuários.

Finalmente, definem-se especificações de desempenho de um edifício ao conjunto dos requisitos e critérios de desempenho associados a uma forma de avaliação bem definida.

### 2.1.3 TÉCNICAS, MÉTODOS, PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Outros conceitos que não encontram unanimidade dentro do meio técnico, tanto nas publicações nacionais como nas estrangeiras, são os de técnicas, métodos, processos e sistemas construtivos. Com a introdução dos processos construtivos inovadores, a partir das primeiras tentativas de industrialização, estes termos passaram a ser utilizados com uma frequência relativamente grande, sem existir, entretanto, uma maior preocupação com sua precisa definição.

Cabe observar, que tais termos não possuíam significação técnica específica e desta forma eram empregados com o significado coloquial de técnica, método, processo e sistema adicionado da qualificação "construtiva". Assim, estes termos eram empregados de maneira dúbia, muitas vezes como sinônimos, significando todos eles "formas de construir um edifício". Apesar disso, o seu entendimento é de fundamen-

tal importância para a compreensão unívoca por todos os profissionais empenhados no aprimoramento da atividade construtiva e em particular, para o melhor entendimento deste trabalho.

Estes conceitos foram analisados detalhadamente por SABBATINI [1989] que propôs as definições apresentadas a seguir. Estas definições são empregadas pela Linha de Tecnologia de Processos Construtivos da Escola Politécnica da USP, na qual se insere o autor deste trabalho.

"Técnica construtiva: um conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção";

"Método construtivo: um conjunto de técnicas construtivas independentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação";

"Processo construtivo: um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício (invólucro)";

"Sistema construtivo: um processo construtivo de elevado níveis de industrialização e de organização, constituído

por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo".

Segundo a conceituação apresentada, a definição de técnica construtiva está associada às operações elementares nas quais se pode dividir a execução do edifício. Poder-se-ia ainda associar com as operações elementares executadas por um determinado oficial, tais como a colocação de uma porta, o assentamento de um piso, a execução de uma parede. Mesmo quando tomadas em conjunto como "técnicas construtivas", SABBATINI [1989] ressalta que "não estão implícitas noções de seqüência, precedência, organização, mas somente a noção de coleção".

Os conceitos de métodos e processos construtivos guardam entre si a idéia de organização e seqüência de operações. Desta maneira, o conceito de técnica construtiva fica subordinado a eles. Quanto à diferenciação entre estes dois termos, ela é feita quanto ao objetivo na aplicação das técnicas. SABBATINI [1989], examinando o significado em que tais termos são empregados pelo meio técnico, conclui que "processo construtivo possui nível hierárquico superior em relação ao termo método construtivo". Assim usa o primeiro, processo construtivo, como uma maneira específica de construir um edifício (o todo), e o termo método construtivo como o conjunto de técnicas ordenadas de forma se construir um elemento, componente ou subsistema (as partes). Desta forma, são exemplos de métodos construtivos as operações para a execução de uma laje ou das paredes do edifício, e

de processo construtivo, o conjunto coerente e ordenado daqueles métodos, como no "processo construtivo de alvenaria estrutural de blocos de concreto" que contempla uma forma definida de se construir um edifício.

Finalmente, à definição de sistema construtivo é dado um caráter mais geral e evolutivo. Aos sistemas construtivos estão associados um nível superior de organização entre as partes ou "um processo construtivo de superior complexidade, muito bem definido e tecnologicamente mais avançado" [SABBATINI, 1989].

Os conceitos de técnicas, métodos, processos e sistemas construtivos guardam entre si uma relação crescente de hierarquia e complexidade que vai das técnicas aos sistemas. As definições apresentadas são formas precisas de entender estes conceitos e foram adotadas na elaboração deste trabalho.

## **2.2 RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA E CONSTRUTIBILIDADE**

Com a desarticulação do Sistema Financeiro da Habitação e com a conseqüente diminuição dos financiamentos para a construção dos grandes conjuntos habitacionais, os sistemas construtivos industrializados de "ciclo fechado", que necessitam de um grande número de repetições para a sua viabilização econômica, tornaram-se cada vez mais escassos. Infelizmente, muito pouco da experiência com os processos

construtivos neste período esteja organizada e acessível ao meio técnico.

A partir destas primeiras experiências de industrialização, ficou claro que a "forma tradicional de construção" não conseguiria atender a demanda do mercado. Estes processos, entretanto, poderiam ser melhorados em muitos de seus aspectos, apresentando-se como alternativa aos processos ditos "industrializados".

Em seu trabalho DIETZ e CUTLER [1971] já reconheciam que um dos caminhos para se atingir uma melhor eficiência no setor da construção civil é a implementação dos princípios de organização nos métodos tradicionais da construção. Segundo eles, estes são "métodos que, quando bem organizados e eficientemente aplicados, muitas vezes ainda oferecem a melhor solução possível para os problemas".

Pode-se encontrar exemplos de empresas que, isoladamente, estão preocupadas em aumentar o nível de produção e a produtividade, através da melhoria das operações e das atividades envolvidas na execução dos edifícios. Estas iniciativas adquirem as mais diversas formas, que vão desde a procura por inovações tecnológicas no mercado externo [SOUSA, 1990] à utilização de métodos construtivos otimizados para execução de um determinado subsistema do edifício [LOURDES, 1990], ou ainda à utilização de um conjunto de técnicas aprimoradas para garantir o sucesso na construção de um edifício [INTEGRAÇÃO, 1990]. HEINECK [1991a] reuniu em uma

listagem bibliográfica vários exemplos que ilustram a procura pela racionalização construtiva e aumento da produtividade. Nas publicações dirigidas ao setor da construção civil, encontram-se vários exemplos, como os indicados acima.

Também na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, desenvolveram-se a partir de 1984, vários trabalhos de pesquisa voltados aos processos construtivos tradicionais que tiveram como principal objetivo o desenvolvimento de métodos e processos construtivos racionalizados.

Esta nova forma de encarar a construção tradicional, conduziu ao conceito de racionalização. Desta maneira, a racionalização tornou-se uma alternativa mais próxima à realidade da indústria da construção civil que a industrialização, sobretudo quando esta pressupõe a utilização de sistemas fechados. Na análise realizada por FARAH [1992] "as propostas de racionalização surgiram no âmbito da proposta de industrialização do setor". Para ela, a idéia de racionalização surgiu do "taylorismo" que "constituiu-se historicamente na primeira proposta sistemática de aumento da produtividade".

Numa análise sobre atualização tecnológica, o IPT conclui que "através de processo de racionalização, as empresas procuram obter ganhos de produtividade e minimizar os custos e prazos, sem uma ruptura da base produtiva que caracteriza o setor" [IPT, 1988].

Embora quase todas as definições de racionalização apresentem como objetivos a diminuição dos desperdícios e o aproveitamento pleno dos insumos disponíveis, ainda existem discrepâncias na interpretação do conceito de racionalização. As diferenças encontram-se principalmente na abrangência deste conceito. Para alguns autores, a racionalização da construção é um conceito bastante abrangente, que extrapola a aplicação de medidas de otimização às fases dos empreendimentos da construção civil. Neste caso, a racionalização passa pela mudança de todo o setor da construção e depende de ações institucionais como a adoção de normalização e padronização por todo o setor. Encarada desta forma, como destaca SABBATINI [1989] "a racionalização da construção é concebida como um processo complexo, de fundamental importância para a atividade construtiva e com reflexos econômicos e sociais importantíssimos na sociedade como um todo".

Este mesmo autor apresenta em seu trabalho duas definições que vão de encontro com esta conceituação de racionalização. A primeira delas foi proposta no primeiro simpósio latino americano sobre racionalização da construção: "racionalização da construção é o processo dinâmico que torna possível a otimização do uso dos recursos humanos, materiais, organizacionais, tecnológicos e financeiros, visando atingir objetivos fixados nos planos de desenvolvimento de cada país e de acordo com a realidade sócio-econômica própria".

A segunda foi proposta ao BNH ("Banco Nacional da Habitação") tendo-se em vista um Sistema de Racionalização da Construção Habitacional. "Racionalização da construção é um processo dinâmico que se desenvolve e aperfeiçoa sistematicamente, em consonância com as características regionais e o macro desenvolvimento do País, tendo por objetivo a otimização dos recursos materiais, humanos, organizacionais, tecnológicos e financeiros que intervêm na construção, em todas as suas fases".

Por outro lado, a racionalização pode ser entendida num enfoque mais específico, com a otimização das atividades construtivas. Neste caso, aplicam-se os princípios de racionalização às técnicas e métodos construtivos como forma de se alcançar um melhor resultado nos desenvolvimento destes específicos empreendimentos. É com esta abrangência que utilizaremos o termo racionalização construtiva neste trabalho.

Vários autores procuraram conceituar a racionalização construtiva. A racionalidade deve ser entendida, segundo ROSSO [1980] como "a aplicação mais eficiente de recursos para a obtenção de um produto dotado da maior efetividade possível", entendendo como efetividade a capacidade de satisfação das necessidades dos usuários. A aplicação deste conceito à construção civil com vistas a racionalizar a construção, significa, na visão deste mesmo autor, "agir contra os desperdícios de materiais e mão-de-obra e utilizar mais eficientemente o capital". Explica ainda, que isso se faz



através da aplicação de princípios de planejamento e gerenciamento, com objetivo de eliminar a casualidade das decisões.

Alguns dos elementos acima podem ser também observados na definição de racionalização apresentada por TRIGO [1978] que entende este conceito como "o conjunto de ações tendentes ao aumento de rendimento do setor em conjunto e de cada uma das tarefas a realizar em particular". Segundo este mesmo autor, a racionalização pressupõe a organização, a planificação, a verificação e as técnicas adequadas à melhoria da qualidade e ao acréscimo de produtividade.

Para TESTA [1972] as ações ligadas à racionalização construtiva "são baseadas no esforço para o aumento do desempenho e produtividade pela aplicação de todas as possíveis medidas para incrementar a produção, para garantir a melhor utilização dos materiais, equipamentos e mão-de-obra, no canteiro de obras e no processo de produção".

SABBATINI [1989] distingue a racionalização da construção (do setor da Construção), que possui um caráter mais geral e abrangente, da racionalização construtiva (das operações de construção) que apresenta como "ferramenta da industrialização". A partir desta postura, define: "racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnoló-

gicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em toda as suas fases".

O conceito de racionalização apresenta aspectos convergentes com o conceito de industrialização, tanto no que diz respeito aos objetivos, quanto a forma de implementação. Desta forma, poder-se-ia considerar as ações de organização utilizadas na industrialização como "medidas de racionalização". Vários autores entendem a racionalização como parte ou "instrumento" da industrialização. Para TRIGO [1978] na industrialização presumem-se as ações de racionalização, mecanização e pré-fabricação. Uma posição semelhante pode ser encontrada na clássica fórmula proposta por BLACHERE [1974]:

$$\text{Industrialização} = \text{Racionalização} + \text{Mecanização}$$

O aspecto que parece ser preponderante na diferenciação destes dois conceitos é a mudança na base produtiva. Embora este não seja um pré-requisito da industrialização, que na sua essência é uma ação organizacional, em boa parte das vezes a industrialização é marcada pela mudança na forma de produção. Por outro lado, o conceito de racionalização pressupõe a manutenção da mesma condição, pois em sua natureza não é uma alteração, mas a otimização dos recursos disponíveis. Assim, neste trabalho, utilizaremos a definição proposta por Sabbatini citada acima, acrescentando, entretanto que esta ocorre sem uma mudança radical nos meios de produção.

A racionalização construtiva não pode ser encarada unicamente como a melhoria ou alteração de determinados procedimentos construtivos, sob pena de se ter anulado ou diminuído os seus efeitos em termos de redução de custos e benefícios. A racionalização de um empreendimento implica na aplicação dos princípios de racionalização de uma forma mais ampla, que abrange desde as fases de concepção, devendo englobar uma mudança de postura de "como resolver os problemas" por parte das pessoas envolvidas. Caso contrário, encontrar-se-ão grandes barreiras para a real implantação dos procedimentos racionalizados. A preocupação quanto a uma postura mais abrangente na aplicação dos princípios da racionalização construtiva para se atingir os resultados esperados é também exposta por ROSSO [1980] que afirma que as ações de racionalização, no canteiro de obras, "são fadadas ao insucesso" quando resultam de intervenções isoladas.

Outro conceito que possui aspectos comuns com o conceito de racionalização construtiva é o de "construtibilidade". Numa visão particularizada do conceito de construtibilidade, O'CONNOR e TUCKER [1986] fazem a seguinte interpretação: "a construtibilidade é entendida como a habilidade das condições do projeto permitir a ótima utilização dos recursos da construção". Esta interpretação particulariza a aplicação de ações à fase de projeto com o objetivo de racionalização da construção, mostrando a convergência entre estes conceitos.

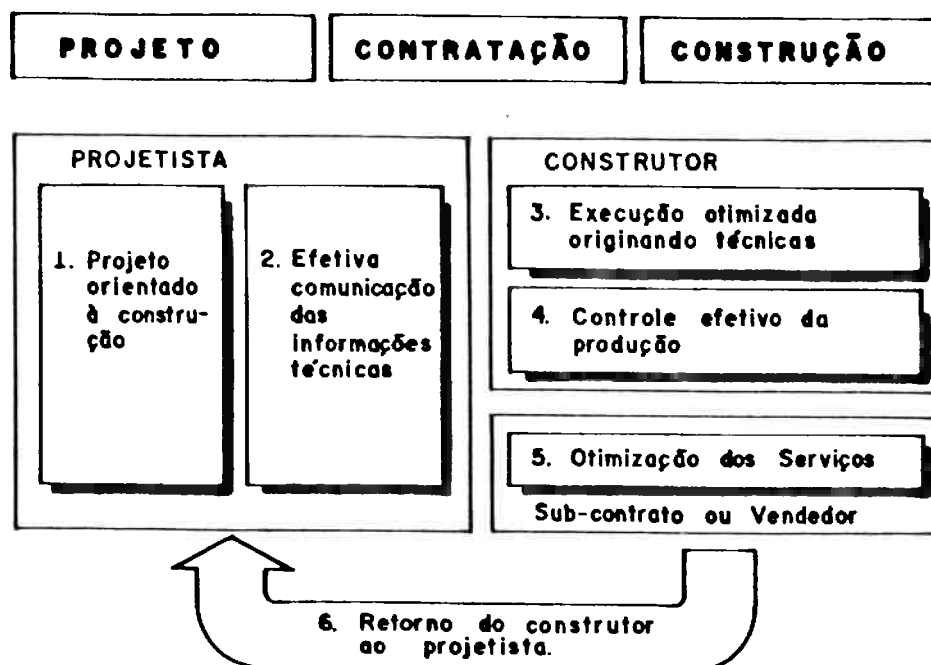
O "Construction Industry Institute" [CII, 1987], entidade norte americana que congrega diversas empresas do setor da construção, define construtibilidade ("constructability") como "o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento". Nesta definição é ressaltada a importância do envolvimento das pessoas que tenham experiência e conhecimento em execução das construções, desde as etapas iniciais do empreendimento, para se conseguirem os maiores benefícios, como a redução do custo dos empreendimentos. Ressalta também a importância da participação de todos os profissionais envolvidos e, em particular, aqueles envolvidos com a execução e com a elaboração dos projetos.

Um melhor entendimento do conceito de construtibilidade proposto pelo CII pode ser obtido a partir da análise do sistema de classificação de ações para implementação da construtibilidade proposto por O'CONNOR e TUCKER [1986]. Neste sistema as ações são classificadas em seis categorias distintas:

- Orientação do projeto à execução;
- Comunicação efetiva das informações técnicas;
- Otimização da construção, com a geração de técnicas construtivas;

- Recursos efetivos de gerenciamento e normalização;
- Melhoria dos serviços dos sub-empregados; e
- Retorno do construtor ao projetista.

O relacionamento destas ações é apresentado na figura 2.1 a seguir. Observa-se que tais ações se desenvolvem durante as principais fases do empreendimento da construção civil e envolvem os principais agentes: projetistas, construtores e sub-empregados. Destaca-se, também, a grande importância que é dada ao desenvolvimento dos projetos assistidos pelas informações provenientes dos responsáveis pela execução.



**FIGURA 2.1** Contexto da classificação das ações de implementação da construtibilidade [O'CONNOR e TUCKER, 1986].

Segundo TATUM [1987], a definição utilizada pelo CII enfatiza "tanto a capacidade de ser construído, como a intervenção de informações provenientes dos construtores para todas as fases do empreendimento". Dentre os benefícios proporcionados pela implantação da construtibilidade destaca: diminuição das tarefas na construção, diminuição das dificuldades durante a construção, reconhecimento das limitações e práticas locais, melhoria dos métodos construtivos e da tecnologia. Aponta também como de grande importância a melhoria de coordenação entre os projetistas e construtores e a adoção do mesmo ponto de vista por todos os membros da equipe. Em termos de custos, ressalta que é muito difícil quantificar a economia, porém cita retornos estimados em até 20:1 no investimento com construtibilidade.

Comentando sobre a aplicação do conceito de construtibilidade na fase de projeto, SABBATINI [1989] conclui que esta "constitui-se em uma ação voltada para o aperfeiçoamento da habilidade que o objeto do projeto tem em ser construído. E neste contexto, é entendida como uma ação totalmente direcionada para a racionalização da construção".

Analisando o conceito de construtibilidade do ponto de vista da execução, O'CONNOR e DAVIES [1988] afirmam que este vai muito além da necessidade de um bom sistema de gerenciamento do empreendimento e que as ações em campo não são apenas uma nova forma de encarar técnicas de gerenciamento, como controle de custos e prazos, programação, qualidade e segurança. Segundo eles, o enfoque é o "do desen-

volvimento e efetiva utilização de métodos construtivos inovadores que simplificam a execução e reduzem os custos do empreendimento".

GRIFFITH [1987] cita em seu trabalho a definição de construtibilidade ("buildability") elaborada pela "Construction Industry Research and Information Association" (CIRIA), segundo a qual, construtibilidade é "o campo de ações a partir do qual a concepção do edifício simplifica e facilita as atividades de execução, sujeitando-se a todos os requisitos do edifício, quando executado". Embora nesta definição esteja abrangida apenas a fase de projeto, segundo este autor, este conceito deve ser aplicado a todo o processo de construção, sendo igualmente parte do processo de execução e de projeto. Neste mesmo trabalho, GRIFFITH [1987] considera a racionalização na fase de projeto como um dos aspectos da construtibilidade.

SABBATINI [1989] particulariza a aplicação do conceito de construtibilidade. Desta maneira, define construtibilidade de um edifício (ou de um elemento) como "a propriedade inerente ao projeto de um edifício, ou de sua parte, que exprime a aptidão de ser construído" e analogamente construtibilidade de um método, processo ou sistema construtivo como "a propriedade que caracteriza um certo método, processo ou sistema construtivo e que exprime a aptidão que ele tem de ser executado". Esta definição é semelhante a definição de "produtibilidade" ou "Manufaturabilidade", voltada a todos os setores industriais, apresentada por

JURAN e GRAYNA [1991]. Segundo eles, este parâmetro "mede até que ponto o projeto do produto pode ser prontamente executado com os recursos disponíveis". Enfatizam ainda, que embora esta propriedade não tenha importância para os "clientes externos", é de importância fundamental para os "clientes internos".

### **2.3 A IMPLEMENTAÇÃO DA QUALIDADE**

Mais recentemente, os esforços de modernização da indústria da Construção Civil estão assumindo novas formas. Atualmente, procura-se incorporar os conceitos de qualidade utilizados pelos demais setores da indústria de transformação com o objetivo de atingir melhores níveis de produção, produtividade e desempenho, aprimorando os processos construtivos e produtos.

Estes conceitos ligados à qualidade já são utilizados nos demais setores da indústria e vêm sofrendo uma contínua evolução que tem marcado significativamente o próprio desenvolvimento destes setores. A sua utilização iniciou-se com o surgimento da atividade industrial, através da forma mais elementar, qual seja a do controle dos produtos acabados, passando pelas fases de controle do processo produtivo, chegando atualmente num estágio bem mais abrangente, incluindo a "qualidade da organização", que enfoca aspectos de administração e gerência.



Para ROUNDS e CHI [1985] a evolução do conceito de qualidade é dividida em cinco etapas. A primeira delas, que vai até o fim do século XIX, caracteriza-se pelo controle feito pelo próprio artesão que dominava o ciclo total de produção. Na segunda, ocorrida durante a revolução industrial, a responsabilidade pela qualidade é entregue ao feitor responsável pela montagem final do produto. A terceira fase, compreende o período da primeira guerra mundial, quando os processos de produção se tornaram mais complexos, e surgiu a figura do inspetor de qualidade. A quarta fase ocorreu durante a segunda guerra mundial, quando se necessitou de um grande volume de produção. Nesta fase, foram introduzidas as ferramentas estatísticas para o controle de qualidade. A quinta e última fase inicia-se nos anos sessenta, motivada pelo grande aumento na demanda de produtos de alta qualidade e caracteriza-se pela utilização do princípio do "controle total da qualidade".

Na indústria de transformação, desde a década de 50, os conceitos de qualidade foram empregados para diminuição de custos totais de produção. Buscava-se o ponto de equilíbrio entre os custos do sistema de qualidade e os custos das falhas inerentes à produção. Nesta época o enfoque era o da mudança nos processos de produção. As ações, visando a diminuição das falhas dos produtos e a otimização da produção, englobavam todas as fases, desde o projeto do produto até à assistência técnica. As teorias estatísticas fo-

ram as ferramentas que serviram de suporte a estas mudanças.

Mais recentemente criaram-se os princípios da "Qualidade Total" e de "Gestão da Qualidade", firmando-se, antes de tudo, como verdadeiras estratégias empresariais para expansão ou permanência dentro de um mercado cada vez mais competitivo.

A indústria da Construção Civil no Brasil encontra-se ainda nos estágios primitivos da evolução da qualidade. Excepcionalmente projetos especiais, tais como usinas nucleares e grandes obras, pratica-se, quase que exclusivamente, o controle de qualidade sobre alguns insumos, mesmo assim de forma incipiente e em alguns poucos casos, o controle sobre produtos ou serviços acabados. Uma constatação que reforça esta afirmativa, é a predominância quase absoluta das normas e especificações sobre materiais e componentes, em relação às normas sobre processo de produção no Brasil.

Segundo DIAS [1990], "tradicionalmente, o controle da qualidade da construção tem-se identificado com a fiscalização periódica na obra e a realização de alguns ensaios...". Esta situação denota que a qualidade está bem abaixo de que deveria corresponder a uma indústria da sua importância, segundo o mesmo autor, e que sistemas de garantia e controle da qualidade das construções, além de pouco utilizados, são ainda insatisfatórios em nosso País.

Comparando a situação de outros países com a situação nacional, SIQUEIRA et al. [1991] afirmam que embora a implantação de sistemas de qualidade na construção civil sejam incipientes tanto no Brasil como no exterior, "no caso internacional o assunto é mais difundido que no Brasil e a implementação dos sistemas é maior, devido às exigências de maior competitividade do mercado, especialmente no caso europeu, americano e japonês".

### 2.3.1 O CONCEITO DE QUALIDADE

Embora bastante discutido e interpretado nos últimos anos, ainda se está longe de chegar a um consenso sobre o que significa qualidade. Existem várias interpretações para o conceito de qualidade, bem como para seus atributos. Estas interpretações se alteram conforme o ponto de vista de quem faz a conceituação. É possível encontrar entre diferentes autores as mais diversas posições e entre elas, algumas frontalmente antagônicas e contraditórias.

Várias formas de se interpretar o conceito de qualidade foram coletadas e analisadas por Garvin e utilizadas por DIAS [1990]. Segundo Garvin, a qualidade pode ser conceituada a partir de enfoques diferentes, segundo os quais os seus objetivos diferenciam.

Num primeiro enfoque, o transcendental, a qualidade é uma propriedade do produto ou serviço que o torna aceitável, embora isto não seja fruto de uma análise criteriosa, mas

uma verificação prática. No segundo enfoque, o do produto, a qualidade é uma característica inerente aos produtos e pode ser avaliada objetivamente. Neste caso, uma qualidade maior só pode ser obtida a um maior custo. Um terceiro enfoque é baseado no ponto de vista dos usuários, e neste caso, restringe-se a "necessidade de satisfação do cliente". O quarto enfoque, o da fabricação, considera como "de qualidade" aquele produto elaborado em conformidade com uma especificação. Finalmente, o quinto enfoque é o baseado no valor, isto é, a qualidade é obter o melhor desempenho possível a um determinado custo. Estes cinco diferentes enfoques são apresentados na figura 2.2 a seguir.

A primeira interpretação proposta por Garvin é bastante próxima à interpretação semântica coloquial de "qualidade", ou seja "de excelência", ou ainda "de atribuição ou pro-

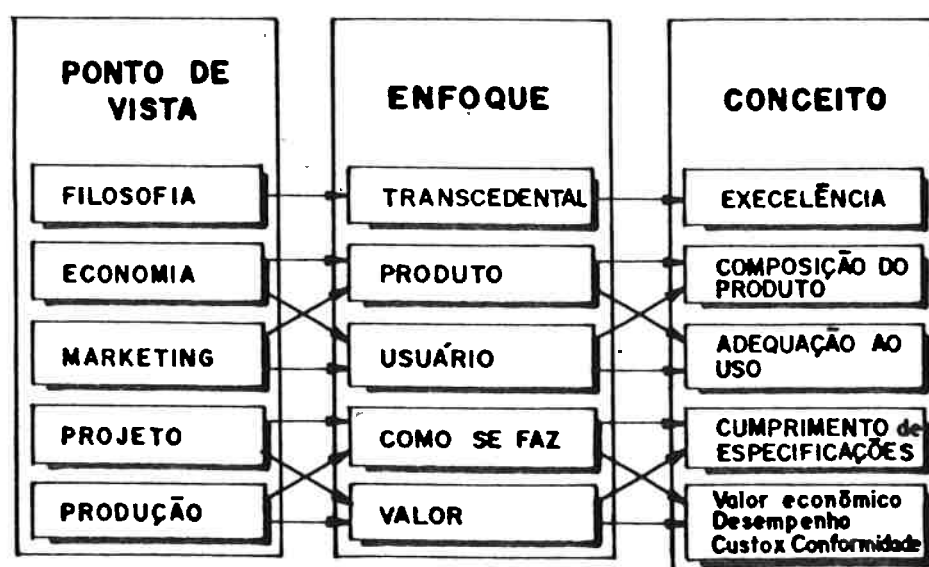


FIGURA 2.2 Significados da qualidade [DIAS, 1990].

priedade superior". Esta definição, embora não seja precisa, mesmo assim é freqüentemente utilizada, mesmo no meio técnico. É comum ouvir-se que "determinado produto possui qualidade" quando este possui características diferenciadas dos demais, independentemente do seu desempenho e finalidade. Um caráter subjetivo também pode ser observado no entendimento de SANDBERG [1987], que entre as características atribuídas ao conceito afirma que "a qualidade é subjetiva, ela é sentida, não medida".

A conceituação encontrada na maioria dos textos técnicos procura colocar o conceito de forma mais objetiva, para que possa servir de subsídio ao desenvolvimento dos meios de produção.

JURAN e GRZYNA [1991] afirmam que a palavra "qualidade" possui vários significados, entre os quais, os mais comuns são:

- As características do produto que atendem as necessidades dos clientes, proporcionando portanto satisfação; e
- A ausência de falhas.

Na mesma publicação, os autores fazem referência a algumas definições de qualidade, como a da ANSI/ASQC ("American National Standard Institute/ American Society for Quality Control") que inclui ao primeiro significado o fato das necessidades dos clientes serem explícitas ou implícitas.

Esta interpretação é coincidente com o conceito utilizado pela ISO ("International Organization for Standardization") [1986].

No presente trabalho, quando empregado de uma forma genérica, como "qualidade das edificações", utilizaremos o conceito normalizado internacionalmente pela ISO: "a totalidade de aspectos e características de um produto ou serviço que o tornam capacitado a satisfazer necessidades explícitas ou implícitas". Esta mesma norma faz algumas observações sobre este conceito, dentre as quais poder-se-ia destacar:

- O termo qualidade não é usado para expressar "grau de excelência", quando se estabelecem comparações, nem no sentido quantitativo, nas avaliações técnicas. Esta norma indica que, nestes casos, a palavra deve ser acompanhada de uma qualificação como "qualidade relativa", "nível de qualidade" ou "medida da qualidade;
- Dependendo do ambiente de utilização, o termo precisa ser identificado e definido;
- Em muitos casos as "necessidades" se alteram com o tempo e isto implica na revisão das especificações;
- As necessidades são usualmente traduzidas em propriedades e características, com critérios específicos. As necessidades podem incluir aspectos de capa-

cidade de utilização, segurança, disponibilidade, confiabilidade, capacidade de manutenção, economia e meio ambiente.

As observações feitas pela ISO demonstram que o conceito de qualidade deve ser entendido de uma maneira mais flexível, adaptando-se às necessidades de cada setor industrial. Várias são as entidades e autores que propuseram interpretações específicas para o conceito aplicado à construção civil.

A ANCE ("Associazione Nazionale Costruttori Edili") [1991], da Itália, faz esta interpretação da seguinte forma: "as exigências dos usuários da construção civil são traduzidas em requisitos e critérios de desempenho contidos nas normas técnicas", assim, a qualidade de uma construção pode ser traduzida "na resposta do nível de eficiência da obra executada à eficácia prevista no projeto e especificada na documentação técnica". Alerta, ainda, que o conceito de atendimento a uma determinada necessidade implica "não só na efetiva obtenção da qualidade, mas também em sua continuidade e confiabilidade".

Opinião semelhante é apresentada por SOUZA [1988], que citando alguns autores, esclarece que o conceito de qualidade é interpretado como "adequação ao uso" ou como "satisfação total do cliente externo ou interno", e que a primeira interpretação aproxima-se do conceito de desempenho que é o de "comportamento em uso" e que considera a construção como

"um produto cuja função é satisfazer às exigências do usuário, quando submetido às condições de exposição, ao longo da sua vida útil".

Muitas outras interpretações análogas também podem ser encontradas. Para DAVIS et al. [1989] a qualidade pode ser definida como "conformidade com requisitos". Esclarecem ainda que este entendimento bastante objetivo permite medir a qualidade, bem como os custos e benefícios resultantes de sua aplicação.

Citando a definição feita pela CIRIA ("Construction Industry Research Information Association"), da Inglaterra, que descreve a qualidade como "a totalidade dos aspectos e características de um produto ou serviço que o conduz à capacidade de satisfazer uma dada necessidade, ... ou, em termos mais simples, a aptidão de atender uma finalidade", GRIFFITH [1989] explica que para fins práticos, qualidade é prover a construção de um padrão aceitável, a um respectivo custo dado por este padrão e num prazo de construção factível.

GARCIA MESSEGUER [1989] diz que a palavra "qualidade" faz referência ao conjunto de atribuições do bem construído que são necessárias para satisfazer às necessidades do usuário. acrescenta ainda que tais atribuições se descrevem por meio dos requisitos e que os mais importantes em construção são os de segurança, habitabilidade ou aptidão ao serviço, durabilidade, estética e adequação ambiental. Assim, quando



este conceito for aplicado de forma mais restrita, como por exemplo "qualidade de um edifício" ou "qualidade de um componente, identificaremos, neste trabalho a capacidade que tal edificação ou componente têm de atender aos requisitos de desempenho, atendendo desta forma às "necessidades dos usuários".

### 2.3.2 QUALIDADE TOTAL E GESTÃO DA QUALIDADE

Nas duas últimas décadas, os setores industriais de produção de bens de consumo e de serviços vêm sofrendo uma verdadeira revolução devido ao salto de eficiência e qualidade que os produtos da indústria japonesa apresentaram em relação aos seus similares europeus e americanos.

O grande sucesso observado nas indústrias japonesas, no que diz respeito à melhoria da qualidade dos produtos e ao aumento de produtividade, pode ser associado com a facilidade e agilidade com que os trabalhadores daquele país incorporaram e aplicaram as ações ligadas à administração participativa. Esta foi implantada através dos métodos de qualidade total, tão bem equacionados por especialistas como J. M. Juran e E. Deming na década de cinquenta, bem como pela implementação dos círculos de qualidade conduzidos por Ishikawa, a partir da década de sessenta.

Estes círculos são formados por trabalhadores voluntários que se reúnem e discutem os problemas e possíveis soluções, que são repassados aos níveis mais altos da administração.

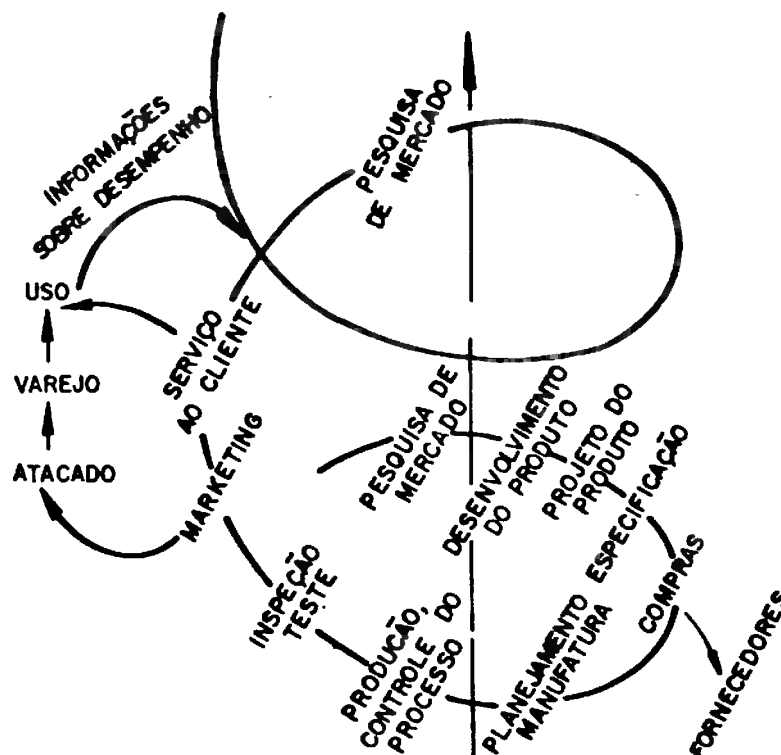
Este mecanismo melhora significativamente a comunicação entre os níveis hierárquicos da empresa e aumenta o nível de motivação dos trabalhadores justamente por permitir a sua participação em importantes decisões que os envolvem [GILLY et al., 1987].

Dado o sucesso das empresas japonesas com a utilização dos conceitos de "qualidade total" e de "gestão da qualidade", o problema da qualidade foi elevado a uma importante estratégia empresarial para participação e manutenção dentro de mercados competitivos, isto é, muito além de unicamente "a satisfação do cliente".

Estes conceitos caracterizam-se pela participação de todos os integrantes em todas as fases do processo, com uma motivação direcionada a se conseguir a qualidade

Na visão de GARCIA MESSEGUER [1989] "o mais importante em gestão da qualidade é a mudança de mentalidade, antes da mudança de atitudes". Este autor ressalta a necessidade da cooperação de todos participantes do processo em todas as fases, mesmo quando as responsabilidades vão se dispersando pela administração. Justamente o fato de considerar o processo como "um todo" é que melhor caracteriza a nova mentalidade que supõe a gestão da qualidade.

Posição semelhante pode ser encontrada no trabalho de JURAN e GRAYNA [1991] que afirmam que a qualidade do produto é resultado do trabalho de todos os departamentos dentro da es-



**FIGURA 2.3** A espiral do progresso na qualidade [JURAN e GRZYNA, 1991].

piral que descreve a seqüência típica das atividades encontradas na indústria (figura 2.3). "Cada departamento deve ser responsável por suas funções especiais, fazendo o trabalho mais corretamente possível. Assim cada departamento tem uma atividade voltada para a qualidade que deve ser executada juntamente com sua função principal".

ROUNDS e CHI [1985] utilizam o conceito de qualidade total proposto por Feigenbaum: "um sistema efetivo para integração entre implantação da qualidade, manutenção da qualidade e aperfeiçoamento da qualidade, resultante do esforço de vários grupos da organização, possibilitando a produção ou realização e de serviços a níveis mais econômicos, per-

mitindo a satisfação total do consumidor". Eles estabelecem quatro princípios do controle total da qualidade com base nestes conceitos:

- A qualidade não é responsabilidade de uma única pessoa ou departamento e sim de todos;
- O princípio de "fazer certo da primeira vez" deve substituir a filosofia de inspeção e rejeição ao final do processo;
- Deve ser assegurada a qualidade a custos ótimos;
- A qualidade não deve ficar fundamentada em trabalho de inspetores, mas de engenheiros de qualidade que utilizam modernos métodos estatísticos e de inspeção, além de aplicarem os conhecimentos da tecnologia em questão.

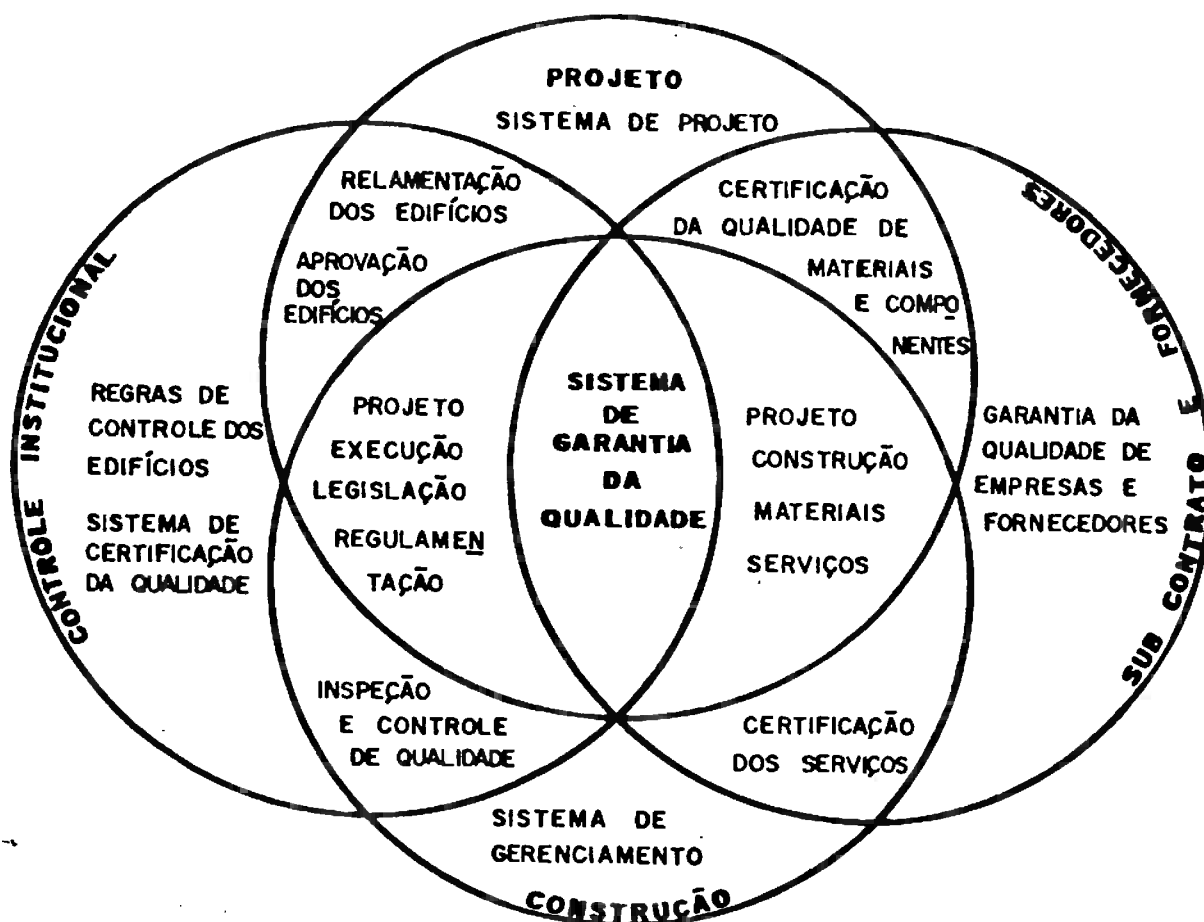
Na série de normas internacionais sobre a qualidade (Série ISO 9000), traduzida pela ABNT na série NB 9000 [ABNT, 1990a; 1990b; 1990c; 1990d; 1990e] é estabelecida a definição de gestão da qualidade como sendo "parte da função gerencial global que determina e implementa a política da qualidade". Define também política da qualidade de uma empresa como sendo "intenções e diretrizes globais de uma organização relativas à qualidade, formalmente expressas pela alta administração". Estas duas definições refletem o caráter global do conceito de Gestão da Qualidade.

Os conceitos de gestão da qualidade e de qualidade total nasceram no ambiente da indústria de bens de consumo, por isso a sua aplicação ao setor da construção civil não pode ser feito diretamente.

Mesmo reconhecendo as vantagens pela implantação da "qualidade total" através dos círculos de qualidade, ROUNDS e CHI [1985] admitem que por suas características particulares em relação às outras indústrias, "os procedimentos de controle da qualidade que são efetivamente utilizados nas indústrias de produção em massa não podem ser considerados apropriados para a indústria da construção". Mesmo assim, muitos autores e instituições procuraram adaptar os seus princípios para a construção civil.

Na visão de VALLAGE [1989] "gerenciamento da qualidade" na construção pode ser entendido como "todos os procedimentos necessários para a obtenção de um produto em conformidade com a demanda inicial". Alerta, entretanto, que estes procedimentos são tanto de ordem metodológica quanto humana, ressaltando que a vontade de participação dos intervenientes no processo é tão importante quanto o método "stricto sensu".

A "Qualidade Total" na construção é interpretada por GRIFFITH [1989] como uma interação entre projeto e construção, na qual fazem também parte os sub-contratados e fornecedores, e recebe a interferência da legislação e



**FIGURA 2.4** O conceito de "qualidade total" na construção [GRIFFITH, 1989].

regulamentação da construção. Esta interação pode ser observada na figura 2.4 abaixo.

O caráter global destes conceitos é explicitado nas recomendações feitas pelo British Research Establishment (BRE) para a implantação da qualidade dos edifícios, e citadas por HALL e FLETCHER [1990]. Entre elas, inclui-se a necessidade de melhorias tanto na elaboração do projeto quanto na construção; a necessidade de comunicação entre os projetistas e a equipe de obra; e a melhoria de motivação para a qualidade. Citam, ainda, que em outro estudo publicado mais



**FIGURA 2.5** A espiral da qualidade da construção [CLUB CONSTRUCTION E QUALITÉ, 1990].

recentemente pelo próprio BRE, é ressaltada a importância do envolvimento dos clientes com o empreendimento para a obtenção da qualidade.

O "Club Construction e Qualité" [1990] da França apresenta uma "espiral da qualidade" semelhante à proposta por JURAN e GRANA [1991], mas cujas etapas são adaptadas à construção e que vai da identificação de necessidades à medida da satisfação do usuário final (Figura 2.5). Segundo esta mesma entidade, a qualidade total se apóia num tripé formado pela:

- Satisfação do usuário (clientes finais) pela conformidade da construção ao uso;
- Satisfação do empreendedor pela rentabilidade;
- Satisfação dos envolvidos na construção pela valorização de seus dons e conhecimentos.

Segundo esta mesma entidade a gestão da qualidade "é sobretudo antecipar os problemas: prevenir antes que reparar". Destaca ainda, que além de métodos específicos para a melhoria da gestão do trabalho, deve-se mudar o "estado de espírito" e aplicar a gestão da qualidade à todas as fases da construção.

Com a apresentação da conceituação de gestão da qualidade e qualidade total por diversos autores, procuramos chamar a atenção para o caráter de "participação" embutido nestes conceitos. Acreditamos que este é realmente o caminho para a implementação da qualidade nas construções, pois sem uma efetiva participação e colaboração de todas as pessoas envolvidas, desde os níveis mais elevados da administração até o operário responsável pela produção, muito dificilmente se consegue aperfeiçoar a produção, introduzir ou desenvolver inovações e aumentar o nível de produtividade do setor.



### 2.3.3 GARANTIA DA QUALIDADE, SISTEMA DA QUALIDADE E CONTROLE DA QUALIDADE

Associados aos conceitos de Gestão da Qualidade e Qualidade Total, estão os conceitos de garantia da qualidade, sistema da qualidade e controle da qualidade.

Na literatura é possível encontrar várias definições e interpretações destes conceitos. Segundo JURAN e GRZYNA [1991], o termo garantia de qualidade não é utilizado da mesma maneira em todas as empresas. Algumas vezes este termo tem uma significação mais ampla de responsabilidade sobre a "função qualidade"; em outras está ligada a atividades mais específicas. Explicam ainda, que a duplicidade de sentidos vem do fato de que, em muitas empresas, o "Departamento de Garantia da Qualidade" seja um nome utilizado para substituir o "Departamento de Controle da Qualidade".

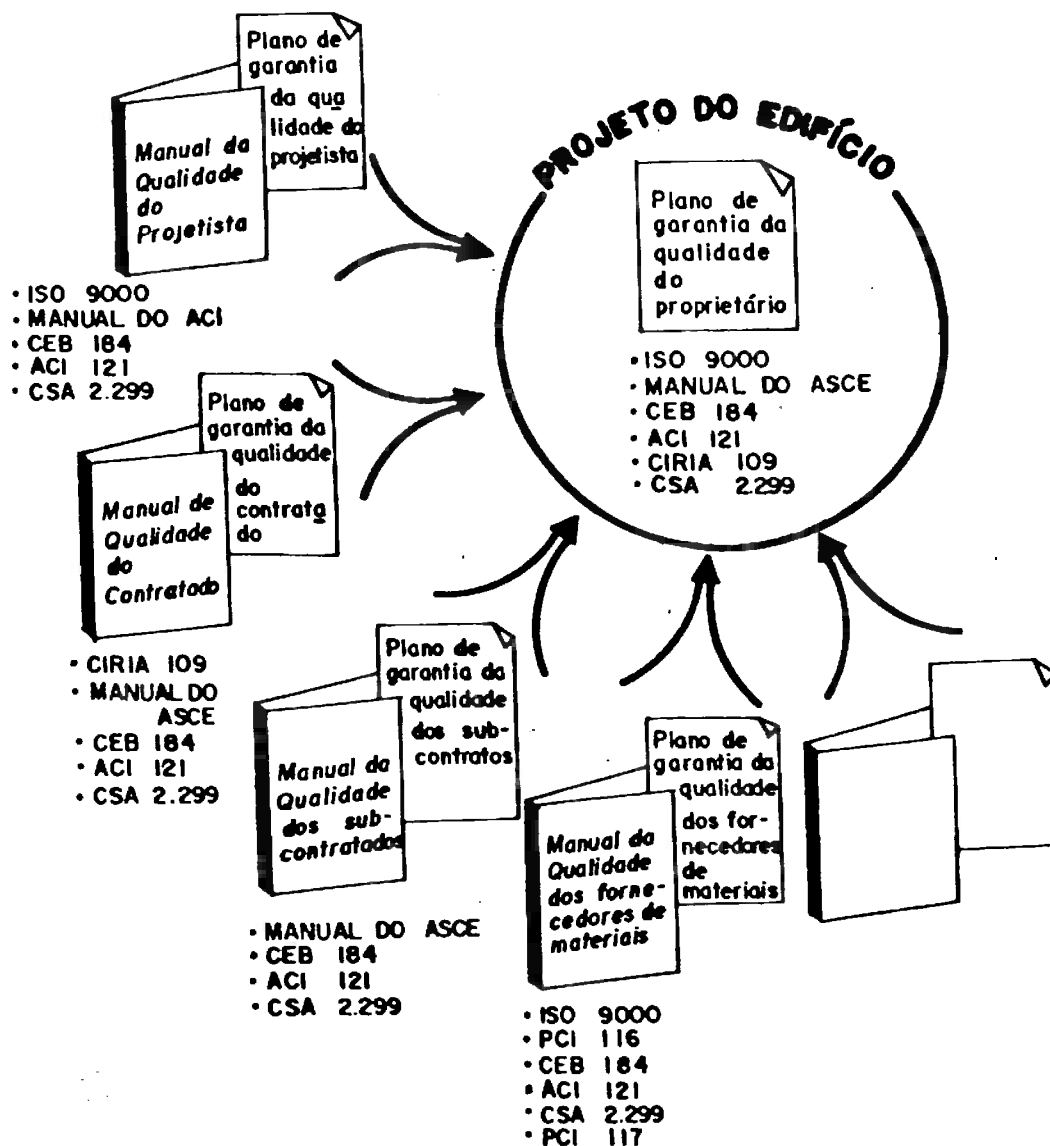
A expressão "Garantia da Qualidade" compõe-se, segundo GARCIA MESSEGUER [1989], de um conjunto de medidas orientadas a conseguir a qualidade e, em particular, "evitar ou detectar erros em todas as fases do processo construtivo". Num sentido mais restrito, este termo corresponde também à demonstração de que estão sendo feitos os controles pertinentes.

A norma A3 da ANSI/ASQC, terminologia dos sistemas de qualidade (citado em JURAN e GRZYNA [1991]) define a garantia

da qualidade como "Todo conjunto de ações sistemáticas ou planejadas necessária para conferir um nível de confiança adequado aos produtos e serviços, para que venham a atender às necessidades especificadas em termos de qualidade.

Em seu trabalho WILLENBROCK e SHEPARD [1980] citam a definição de "garantia da qualidade" feito pelo "Code of Federal Regulations" e utilizado pela Comissão de Regulamentação Nuclear: "garantia da qualidade compreende todas as ações planejadas e sistematizadas necessária a prover confiança adequada a uma estrutura ou sistema para ter desempenho satisfatório em serviço". Explica, ainda, que a garantia da qualidade engloba o "controle da qualidade que compreende todas as ações da garantia da qualidade relacionadas com as características físicas dos materiais, estruturas, componentes e sistemas que fornecem meios para o controle da qualidade do material, estrutura, componente ou sistema para requisitos pré-definidos".

Segundo KOSKISTO [1989], o principal objetivo das medidas de garantia da qualidade é o de reduzir a probabilidade de ocorrência de erros humanos e corrigir as deficiências resultantes do processo de produção através do adequado controle dos procedimentos. Para este mesmo autor, "o principal responsável pela qualidade de um empreendimento é o proprietário". Neste caso, o plano de garantia da qualidade do empreendimento deve ser definido pelo proprietário, e a partir do qual devem ser embasados os planos de garantia da qualidade dos demais participantes (Figura 2.6).



**FIGURA 2.6** Garantia da qualidade no empreendimento do edifício [KOSKISTO, 1989]

Para implantação dos princípios que envolvem a gestão da qualidade é necessário que se organize uma série de procedimentos, que vão definir a aplicação da doutrina da qualidade. O conjunto destes procedimentos é chamado de "sistema da qualidade". Mais precisamente, a norma NB 9000 (ISO 9000) [ABNT, 1990a] define sistema da qualidade como "estrutura organizacional, responsabilidades, procedimen-

tos, processos e recursos para implementação da gestão da qualidade". Esta mesma definição é utilizada pela norma A3 da ANSI/ASQC.

A definição dos sistemas da qualidade, recentemente normatizada pela ISO, vem sendo amplamente aplicada nos mais diversos setores industriais, dos países que adotaram estas normas. Os elementos para elaboração do sistema da qualidade encontram-se particularmente discutidos na norma NB 9004 "Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade: Diretrizes" [ABNT, 1990e].

O conceito de "controle da qualidade", por sua vez, tem uma significação mais específica e é associado às ferramentas necessárias para a implementação da qualidade. O controle da qualidade é definido pela ISO [1986] como um conjunto de "técnicas e atividades operacionais" empregadas para satisfazer às necessidades especificadas da qualidade.

Esta mesma norma explica que o controle da qualidade abrange tanto as técnicas e atividades de monitoração dos processos quanto a eliminação das causas de desempenho insatisfatório em qualquer estágio do ciclo de qualidade.

#### **2.3.4 A QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Os diversos autores que tratam da gestão da qualidade propõem estratégias distintas para implantação da qualidade nos empreendimentos industriais.

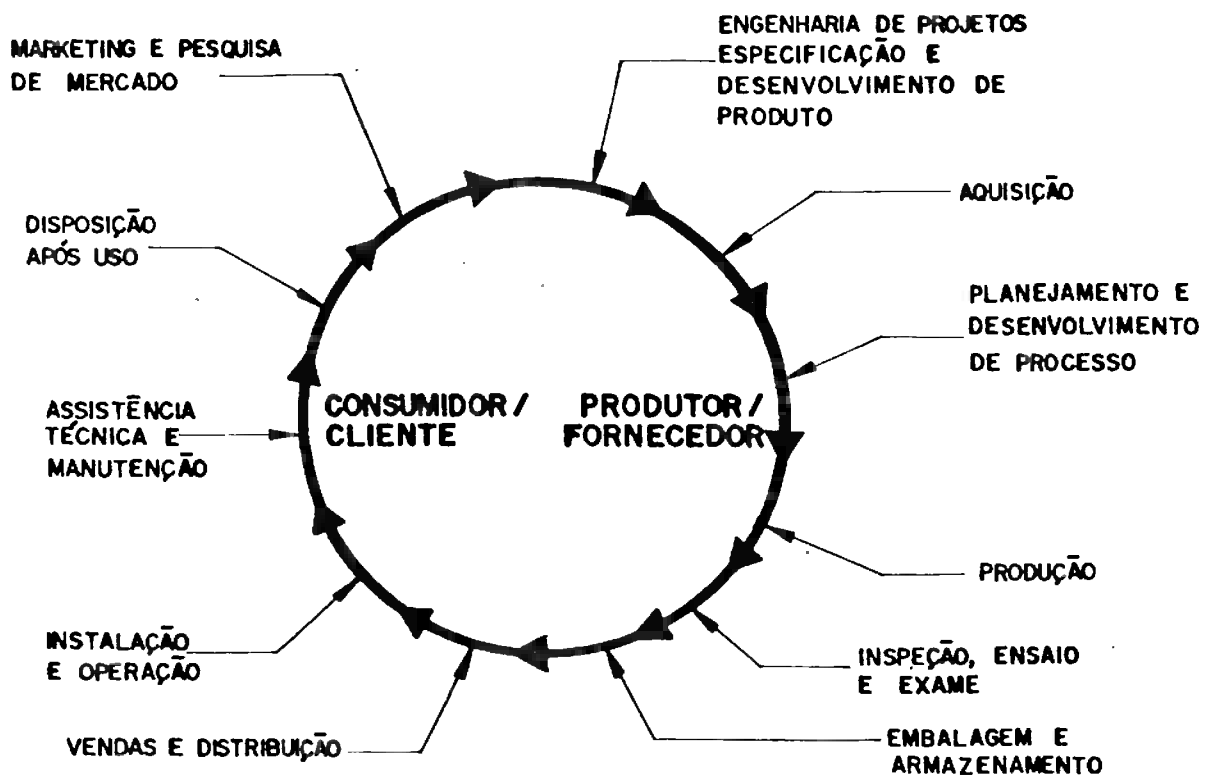
JURAN e GRZYNA [1991] tratam a implantação do sistema de qualidade de uma forma global. Para tanto, eles definem a "função qualidade" como sendo "o conjunto de atividades através das quais se atinge a adequação ao uso, não importando em que parte da organização essas atividades são executadas". Sua estratégia baseia-se em três etapas, que chama de "trilogia da qualidade".

A trilogia da qualidade de JURAN e GRZYNA compreende uma primeira etapa, o "Planejamento da Qualidade" que corresponde ao desenvolvimento dos produtos que atendam às necessidades do cliente. Esta etapa envolve todas as atividades até a fase de projeto. A segunda etapa da Trilogia é o "Controle da Qualidade" que corresponde a uma ferramenta de avaliação, comparação e intervenção no processo e no produto, realizado pelos "grupos operacionais". Finalmente, a trilogia se encerra através do "Aperfeiçoamento da Qualidade", que corresponde às atitudes para aumento do nível de desempenho do produto.

A melhoria dos níveis de qualidade é conseguida pela passagem cíclica e contínua nas três etapas que compõe a trilogia. Percebe-se desde já, que esta filosofia de implantação está baseada na realimentação dos requisitos dos usuários através do ciclo caracterizado pela produção e consumo. No caso específico da construção civil, este ciclo de produção-consumo é muito longo, o que representa um sério problema para a implantação desta filosofia.

A norma NB 9004 [ABNT, 1990e] utiliza também um "ciclo de qualidade" como estratégia de implantação (ver figura 2.7). Neste ciclo, e nas normas que tratam dos sistemas da qualidade propriamente ditos, identificam-se claramente as etapas de projetos, desenvolvimento, produção, instalação e assistência técnica. Novamente, percebe-se a utilização de um procedimento cíclico que presume a retroalimentação para a continuidade e efetividade de aplicação do sistema.

GARCIA MESSEGUER [1989] divide o empreendimento na construção civil em cinco etapas distintas, sobre as quais são aplicadas as ações de implementação da garantia da quali-



**FIGURA 2.7** Ciclo de qualidade segundo a NB 9004 (ISO 9004) [ABNT, 1990e].

dade. Estas etapas são diferenciadas tanto do ponto de vista dos agentes intervenientes, como no objetivo a ser alcançado dentro da execução do empreendimento. Estas etapas compreendem:

- A viabilização do Empreendimento;
- Os projetos;
- A fabricação dos materiais e componentes;
- A construção; e
- A utilização.

A definição das etapas de aplicação da sistemática da qualidade é de fundamental importância. A partir dela, estabelecem-se as ações a serem tomadas, e tornam-se mais claras as metas a serem alcançadas para se estabelecer a qualidade final desejada.

Outra fundamental definição para o estabelecimento de estratégias para a aplicação de políticas da qualidade é quanto ao objeto de suas ações. Neste caso, e em particular para a construção civil, é comum não se definirem claramente qual o objeto sobre o qual as ações da qualidade vão intervir, se sobre o produto (o edifício) ou sobre o processo de produção.

Freqüentemente, no setor de construção de edifícios, o "projeto executivo" possui um nível geral de detalhamento muito baixo, sem a indicação sobre a "forma de produzir". Um exemplo disso, são os projetos das estruturas de con-

creto armado que não trazem informações a respeito do sistema de fôrmas. Desta maneira, o "projeto do processo construtivo" (entendido como o meio de produção) é na maioria das vezes inexistente. Com isso, habitualmente confunde-se o produto com o processo de produção. Isto é reforçado pelo fato de se ter para cada empreendimento, além de um único produto, um particular processo de construção definido, uma vez que as experiências com os processos construtivos não são, comumente sistematizadas.

Na nossa opinião, este fato gera grandes obstáculos para a aplicação de medidas que visem melhorar o nível de qualidade da construção. BOBROFF [1991] afirma ser óbvio que existe uma estreita ligação entre a qualidade do produto e a qualidade do processo de produção, isto é, que não se pode imaginar a qualidade do produto sem a qualidade do processo. Ela lembra, entretanto, que as pessoas envolvidas no processo de produção do edifício enfrentam este assunto de maneiras diferentes. "Algumas são mais orientadas à qualidade do produto (arquiteto, cliente, investidor e usuário). Outras, como as empresas, são mais envolvidas na produção do edifício e levam o foco da qualidade para o processo, na sua organização, eficiência e produtividade".

Somos também de opinião de que a clara definição, dentro de cada etapa de produção, do objeto do controle da qualidade define de uma melhor forma as metas a serem atingidas em cada etapa e para o empreendimento como um todo.



Assim se for adotada a divisão de etapas definidas por GARCIA MESSEGUER, passaríamos a ter dez momentos bem definidos, nos quais poderíamos dividir a aplicação das medidas de implementação da qualidade. Na tabela a seguir são apresentados exemplos de medidas e procedimentos a serem tomados ou verificados em cada uma das etapas.

**TABELA 2.1** Medidas e procedimentos a serem tomados ou verificados em cada uma das etapas.

ETAPA	OBJETO	
	PRODUTO	PROCESSO
VIABILIDADE	* Necessidade da construção; * Retorno financeiro	* Adequabilidade dos processos e equipamentos disponíveis * Necessidade de desenvolvimento de tecnologia.
PROJETO	* Detalhamento do Produto	* Plano de execução (Projeto do processo)
FABRICAÇÃO DE MATERIAIS	* Características técnicas desejáveis (resistência, modulação, etc.)	* Característica que interferem na produtividade * Equipamentos especiais
CONSTRUÇÃO	* Controle das características da construção (nível, prumo, etc.)	* Desperdício de materiais * Produtividade
USO	* Manutenção	* Acessibilidade

Duas grandes vantagens, na nossa visão são advindas da divisão proposta:

- Torna-se muito mais clara a definição, em cada um destes estágios, de qual tipo de decisão tomar e quem deve ser o responsável por sua aplicação. Assim, por exemplo, nos parece razoável que durante o projeto quem vá decidir pela maneira de executar e

controlar uma tarefa seja alguém envolvida com a produção do edifício, por exemplo o engenheiro residente da obra, que deve participar do empreendimento já na fase do projeto, e não necessariamente o projetista especialista no produto.

- Torna mais claro o resultado esperado da aplicação das medidas ligadas à qualidade. Assim, quando se volta a atenção sobre o produto (edifício), é de se esperar que o nível de satisfação do usuário final seja maior, que a imagem da empresa, perante o mercado seja mais positiva, que o nível de reclamações seja menor. Neste caso também, pode-se esperar uma redução de custos advindos apenas da diminuição dos problemas patológicos a serem reparados. Por outro lado, se o foco das atenções é voltado ao processo de produção é de se esperar que se alcance uma diminuição do desperdício de materiais, uma maior produtividade, um maior controle sobre os prazos de execução e a diminuição de custos.

A melhor definição das responsabilidades e dos objetivos em cada etapa, ocasionada pela divisão proposta, abre a possibilidade do planejamento mais efetivo, cujos resultados em termos de qualidade do produto e produtividade são otimizados.

As ações da qualidade, desenvolvidas e aplicadas nos outros setores industriais não podem ser transpostas diretamente

para a Construção Civil. Mesmo quando se empregam os mesmos princípios. Os aspectos ligados à aplicação são completamente diversos, uma vez que a indústria da Construção Civil possui características bastante particulares. Os principais aspectos que diferenciam a construção civil dos demais setores da indústria de transformação são:

- A fabricação do produto único, ou com baixo nível de repetição;
- O caráter nômade da produção;
- A grande ligação à técnicas tradicionais, impondo grande inércia ao processo de evolução tecnológica;
- Trabalho desprotegido;
- O grande número de operações e insumos envolvidos na produção do edifício;
- O ciclo de consumo, que torna mais lento o retorno para o aperfeiçoamento do processo;
- especificações complexas e contraditórias;
- Responsabilidades dispersas;
- Menor precisão nas tarefas
- Baixa motivação da mão-de-obra, gerando rotatividade e baixo nível de qualificação.

Estas particularidades trazem entraves para a aplicação dos modelos "clássicos" da garantia da qualidade desenvolvida para as indústria de transformação. Esta opinião é compartilhada por diversos autores.

Segundo GRAZIA [1988] a aplicação dos conceitos de qualidade num empreendimento da construção civil "guarda certas semelhanças com a condução da qualidade na produção em oficinas de antes da revolução industrial" onde a responsabilidade pela qualidade era atribuição do mestre artesão.

A ANCE [1991] considera que a aplicação do conceito de gestão da qualidade na indústria de Construção Civil através da série de normas ISO 9000, só poderá ser realizado por uma adaptação destas normas, e atribui a dificuldade de uma aplicação mais direta, às características próprias da Construção Civil.

Para DIAS [1990] aspectos muito importantes para criar um ambiente favorável à indústria da Construção Civil, tais como "estabilidade e concorrência no mercado, existência de empresas sólidas, nível elevado de exigências por parte do consumidor, investimento no treinamento e outros, ainda não acontece na Construção Civil".

Talvez a pequena escala de produção seja um dos principais problemas para a introdução de um programa de gestão ou garantia da qualidade. Assim, poucos resultados práticos podem surgir de um programa de aperfeiçoamento da qualidade a

não ser em casos muito específicos, em que esta escala é maior, como nos empreendimentos dos conjuntos habitacionais.

Uma forma para contornar esta situação, na nossa opinião, pode ser o aperfeiçoamento da qualidade não para um produto específico (edifício), mas sim para um método, processo ou sistema construtivo. Isto corresponde ao desenvolvimento de um "modelo analógico" e não a um "modelo físico", ou seja, modelos operativos que se modificam de acordo com as mudanças da situação de aplicação, como propôs BRUNA [1976]. Neste caso, ao contrário de desenvolver um produto único e formal, são desenvolvidos os vários subsistemas exclusivos para a produção de uma específica "tipologia" de edifícios, são analisadas e resolvidas as relações entre estes subsistemas, não só do ponto de vista físico, mas também organizacional e gerencial. Para que esta sistemática produza benefícios, alguns pré-requisitos devem ser garantidos:

- O processo ou sistema construtivo deve estar bem definido, com todos os seus condicionantes e relações. Assim, Talvez um primeiro passo para quem está preocupado com a qualidade é a caracterização do seu processo ou sistema construtivo;
- É essencial que exista uma estrutura formal para a organização e análise de informações relativas aos processos construtivos, não vinculada necessariamente ao desenvolvimento de empreendimentos especí-

ficos. Esta estrutura será responsável pelo registro do aperfeiçoamento da qualidade do processo. Esta estrutura pode ser composta por uma ou mais pessoas ou entidades dentro da empresa cujo envolvimento não seja feito diretamente com projetos específicos, mas sim com sistemas ou processos construtivos;

- Na avaliação dos custos da qualidade devem estar bem definidos os custos relativos à falhas em um projeto específico e os custos relativos à falhas no processo construtivo.

Algumas outras especificidades da indústria da Construção Civil podem ser enfrentadas com a implementação de processos já consagrados, como o treinamento da mão-de-obra, o aperfeiçoamento da estrutura gerencial e administrativa dos empreendimentos, entre outros. Outras dependem de uma ação institucional, que extrapola a atuação das empresas individualmente. Um bom exemplo disso é o problema de controlar a qualidade do grande número de insumos utilizados na construção. Uma forma de contornar este problema sem sobrecarregar em demasia a estrutura administrativa e operacional das empresas é através da implantação de um sistema institucional de certificação da qualidade.

Alguns desses sistemas já existem e são aplicados na forma de "marca de conformidade" ou "selos da qualidade". Em termos práticos, parece que é impossível efetuar o controle de aceitação de todos os materiais e componentes empregados na

construção de um edifício, dada a sua grande diversidade. Nesse sentido, sistemas de garantia como os citados acima poderiam cobrir uma lacuna no controle. GARCIA MESSEGUER [1991] ressalta a grande importância dos selos e marcas de conformidade para o setor da Construção, e afirma que "existe uma tendência crescente em toda a Europa para que os materiais cheguem à obra com sua qualidade certificada de antemão".

Mais recentemente, as marcas e selos estão evoluindo da mera certificação de conformidade de materiais e componentes, para a certificação da qualidade do "produto edifício" como um todo. Um exemplo disso é o selo "Qualitel" utilizado na França. Ele se propõe a dar uma "certificação de conformidade" para o usuário final (comprador), através da análise das características técnicas do projeto. Oferece também vantagens aos projetistas, através de um sistema de assessoria e suporte técnico, bem como aos empreendedores, através do acesso mais fácil a financiamentos e vendas, resultante de uma maior confiança por parte dos compradores [ASSOCIATION QUALITEL, 1991].

Na Grã-Bretanha, a aplicação da marca de conformidade "Buildmark" está completando cinquenta anos [JOHNSON, 1991]. Ela abrange: o registro técnico dos construtores, a inspeção dos canteiros, a verificação da compatibilidade dos projetos com as normas e uma garantia de dez anos, que funciona como um seguro que ressarce os proprietários dos

gastos com eventuais danos causados pela falta de conformidade desta habitações.

A aplicação destes sistemas e seu efetivo funcionamento não são tarefas singelas, mas a despeito de todas as dificuldades que possam ser encontradas para a aplicação de sistemas desta natureza, acreditamos que este poderia ser um importante passo na superação de uma das efetivas barreiras à melhoria da qualidade na construção.

Apesar de todas dificuldades e barreiras que possam ser encontradas, acreditamos que a evolução da indústria da Construção Civil passa necessariamente pela implementação da qualidade, encarada de forma séria e consistente, dentro de uma visão geral do problema, com a consideração de todos os aspectos técnicos, organizacionais, humanos, econômicos, entre outros. Deve-se utilizar toda a criatividade e capacidade de análise para a superação destes problemas, sem se cair no otimismo exagerado dos "teóricos", que não consideram as conseqüências práticas de aplicação de suas teorias, nem no imobilismo dos "práticos" gerado pelo ceticismo em relação às teorias que propõem mudanças.

Ao propormos este trabalho, mais do que diretrizes para a resolução dos problemas de um determinado sistema construtivo, esperamos que este também seja um exemplo de mudança na postura perante os problemas.



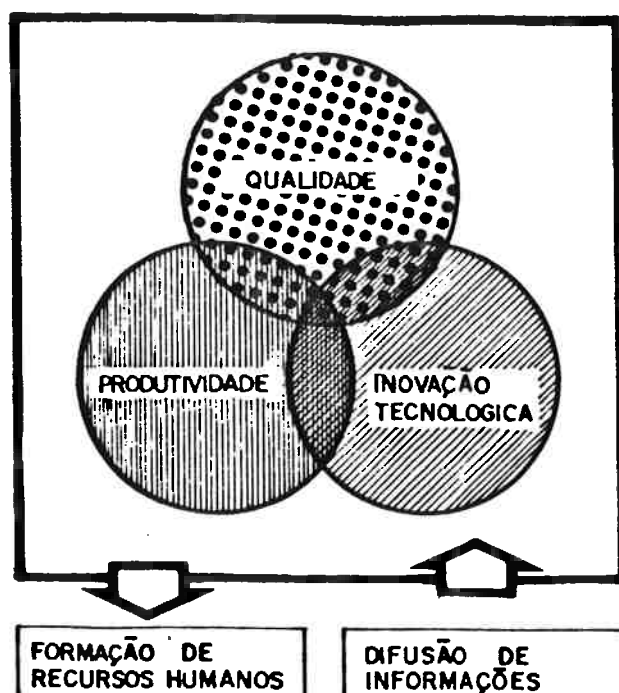
#### 2.4 RELACIONAMENTO ENTRE OS CONCEITOS

A partir da análise dos conceitos de industrialização, racionalização e qualidade, apresentados anteriormente, poder-se-ia traçar um quadro da evolução das idéias desenvolvidas e utilizadas nas últimas décadas, as quais guardam entre si um objetivo único: o de modernizar e melhorar a indústria da Construção Civil.

Uma ligação entre os conceitos de racionalização e qualidade é apontada por FARAH [1992], segundo a qual "as novas estratégias de racionalização tendem a incorporar, de maneira geral, a questão da qualidade, observando-se a inclusão, já nas fases de concepção e de projeto, de considerações relativas ao custo global".

No Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade, lançado pela Secretaria Nacional da Habitação [CBIC, 1991], parte destes conceitos aparecem também relacionados. Assim, entre as ações propostas para "modernização do setor da Construção Civil", estão aquelas que envolvem a melhoria da qualidade de produtos e serviços, o aumento da produtividade, o desenvolvimento de inovações tecnológicas, a formação dos recursos humanos e o registro e difusão das informações. Na figura 2.8, estas ações estão correlacionadas.

Para se fazer uma correlação entre estes conceitos, faz-se necessário entendê-los, da forma mais ampla e abrangente



**FIGURA 2.8** Ações para modernização do setor da construção [CBIC, 1991]

possível. É claro que os conceitos de industrialização e qualidade, além das ações que propõem, levam a uma nova maneira de encarar o ato de construir, estabelecendo uma verdadeira doutrina. A racionalização construtiva, para ser realmente efetiva, tem também que ser encarada como uma mudança na maneira de entender a agir frente à construção. Suas ações são mais abrangentes que a simples procura por novos instrumentos e novas formas mais eficientes de execução das técnicas construtivas. Passam por aspectos mais gerais, como o aumento do nível organizacional, a melhoria de comunicação e o aumento do desempenho dos envolvidos no processo, através da participação de todos. A correlação destes três conceitos, entretanto, deve ir mais longe e analisar as suas ações.

Os conceitos de industrialização, racionalização e qualidade guardam entre si objetivos em comum: O aumento do nível de produção e de produtividade; a diminuição de custos e desperdícios; o incremento no desempenho e a diminuição das ocorrências patológicas. Neste caso, parece que a correlação dos conceitos é total, pois foi com esta finalidade que as ações balizadas em tais conceitos foram aplicadas na Construção Civil nas últimas décadas.

A definição destes três conceitos pressupõe também, a sua aplicação da forma mais abrangente. Talvez, a principal lição presente nos três casos é que as ações devem antes de privilegiar os aspectos meramente operacionais, cuidar dos aspectos organizacionais, tendo como visão o empreendimento como um todo. BOBROFF [1991], discutindo sobre estratégia de implementação da qualidade, afirma que está ocorrendo uma evolução no conceito de racionalização "fragmentada", isto é, deve-se dar atenção às interfaces do processo produtivo e controlar e organizar a "coerência total da atividade", ou em outros termos "qualidade e produtividade devem ser entendidos em termos mais gerais, no contexto da eficiência global".

Apesar disso, a abrangência das ações ligadas a estes três conceitos é diferente. O mais abrangente é o conceito de qualidade, que engloba além de todo o ciclo produtivo, a fase de utilização. Assim, é essencial que do ciclo de qualidade participe o usuário final. A industrialização entendida como "ação essencialmente organizacional" deve ser im-

plementada, para uma maior eficiência final, a todo o processo que vai das fases de concepção à produção. Neste sentido, o mais restrito dos três conceitos é o de racionalização, que embora como "ação organizacional" deva estar presente a todas as fases do empreendimento, quase sempre privilegia apenas algumas das etapas como projeto e execução.

Estes três conceitos, também são diferentes quanto a oportunidade de sua atuação. Neste sentido, o mais crítico é o conceito de industrialização, pois apesar de ser na sua essência "organização da produção", caracteriza-se por uma profunda mudança na base produtiva. Quando a industrialização é vista na sua forma particularizada, dos sistemas fechados, os investimentos necessários à mudança da base produtiva fazem com que surja a necessidade de escala de produção, que inviabiliza estes sistemas em muitos casos. Por outro lado, a industrialização, vista através dos sistemas abertos, depende da mobilização de todo o setor da Construção Civil. Neste caso, sua aplicação não consegue se dar a partir de iniciativas isoladas.

A introdução do conceito de qualidade por sua vez, caracteriza-se pela mudança na forma organizacional de se encarar os empreendimentos. Neste caso, também se deve escolher o melhor momento e maneira de sua efetivação para se obter os resultados mais compensadores. A racionalização construtiva, por sua vez, permite que modificações sejam feitas de

forma contínua e, desta maneira, sua implantação não colida diretamente com as práticas em uso.

Encontram-se semelhanças também entre as táticas de aplicação destas três ações. Desta maneira, poder-se-ia dizer que a melhoria da sistemática de produção do projeto é essencial tanto para a implantação da industrialização, como para a aplicação da diretrizes de racionalização ou para o incremento da qualidade, tanto dos produtos como dos processos de produção. Também nas etapas de produção do edifício, podem ser identificadas semelhanças nos aspectos de organização da produção, que é comum às três ações.

De maneira geral, estas três ações prevêm, também, uma contínua e ininterrupta evolução tecnológica dos processos construtivos e a valorização e formação, treinamento e motivação da mão-de-obra. A definição, por parte da sociedade, das exigências funcionais e regras de qualidade mínima das habitações, associada à otimização do emprego dos recursos disponíveis tanto de materiais, equipamento, mão-de-obra e recursos financeiros, que caracterizam a racionalização construtiva, levará, segundo a visão de TRIGO [1978], a uma dinamização do setor da construção. Isto implicará na introdução e mudança de novos materiais, equipamentos e nos próprios processos de construção, e conduzirá a uma "crescente industrialização do processo".

No presente trabalho, procurar-se-á focar as ações de racionalização dos processos construtivos em alvenaria estru-

tural não armada, colhidas e elaboradas no desenvolvimento de projetos de pesquisa conduzidos pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil (CPqDCC) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e de nossa experiência pessoal. Estas ações, na nossa visão, constituem-se, além do aumento do nível de racionalização dos processos, mais um passo no sentido do aumento do nível de industrialização destes, bem como uma etapa na implantação da filosofia da qualidade.

Apesar de não ser o conceito mais discutido atualmente, escolhemos trabalhar com a racionalização construtiva por entender que, numa situação crítica como a que atravessa o setor nos últimos anos, o ânimo para grandes investimentos e a ousadia para grandes mudanças são cada vez menores. Assim, acreditamos que com suas mudanças possíveis de serem implementadas continuamente, necessitando em muitos casos, mais de participação global e de "investimento intelectual" que de investimento financeiro, a racionalização construtiva pode representar um bom caminho para fazer evoluir os processos construtivos.

**CAPÍTULO 3**  
**A IMPLANTAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO NAS EMPRESAS**  
**E NOS EMPREENDIMENTOS**

A implantação de medidas de racionalização e organização da produção, em uma empresa do setor da Construção Civil, ou num específico empreendimento, envolve muitos outros aspectos que não só os técnicos, ligados ao desenvolvimento de uma tecnologia, adequada à esta finalidade. O desenvolvimento tecnológico só se efetiva realmente quando é dominado, aplicado e implementado nos empreendimentos. Neste sentido, o desenvolvimento da etapa de implantação representa uma expressiva parcela do esforço de aprimoramento tecnológico. A implantação, segundo CHIAVENATO [1987], significa a colocação dos planos em ação. É a fase do "fazer acontecer". A implantação se refere às etapas que um administrador leva adiante para conseguir que seus subordinados e outros cumpram planos estabelecidos.

No setor da Construção Civil, é freqüente deparar-se com uma postura tradicionalista dos envolvidos no processo. Também é freqüente encontrar empresas que não apresentam uma organização "formal" bem definida, isto é, sem o entendimento claro de seus objetivos, nem quem serão os responsáveis, a cada nível da empresa e do empreendimento, por implantá-los. Estes aspectos tornam críticas a implementação de mudanças.

A aplicação de qualquer medida de racionalização, por menor que seja a sua abrangência, representa uma mudança, e para a sua implantação deve haver um firme propósito, caso contrário, se torna impraticável a aplicação e o desenvolvimento da tecnologia, por mais óbvios que possam parecer os seus benefícios.

Por outro lado, o desenvolvimento tecnológico pode se apresentar como uma importante variável na manutenção da posição da organização, frente ao mercado. Analisando a empresa do ponto de vista sistêmico, CHIAVENATO [1987] afirma que a tecnologia pode ser compreendida como uma variável do ambiente empresarial, influenciando a empresa de duas maneiras: a primeira, no sentido de fora para dentro, "como se fosse uma força externa, e muitas vezes estranha à empresa, e sobre a qual, a empresa possui pouco entendimento, sobretudo controle". A segunda, influenciando a empresa como se fosse um recurso próprio e interno", sendo capaz de proporcionar melhor desempenho e maior capacidade para a empresa defrontar-se com as forças do ambiente empresarial. Estes dois aspectos mostram a importância e o impacto da implantação de tecnologia no desenvolvimento das atividades da empresa.

A implantação de uma ação inovadora, é conduzida através de dois sistemas presentes em todas as empresas. O primeiro e mais importante deles é o sistemas de decisões, que é, em última instância, o que suporta institucionalmente o risco decorrente de qualquer decisão e, em particular, a decisão



pela modificação. Embora afirme que, além do sistema de decisões, existam muitos outros fatores determinantes do desempenho de uma organização, WALKER [1984] ressalta que "o sistema de decisões é um aspecto particularmente importante. Se apropriadamente definido, permite que os outros aspectos funcionem adequadamente".

O segundo é o sistemas de informações, que é representado, segundo LIMA JR. [1990a] pelos sistemas de planejamento da empresa ou empreendimento. Este sistema de informações deve ser acionado para prover de subsídios às pessoas que decidem pelas mudanças, bem como àquelas que devem executá-las. Segundo este mesmo autor, "a indicação das alternativas, com o balizamento dos riscos, para dar suporte às decisões, está no sistema de informações, que faz a base estrutural para o processo da decisão. Assim o funcionamento da organização pode ser associado ao seu sistema de decisões, sobre o qual se sobrepõe o sistema de informações".

Não é objetivo deste trabalho, fazer uma discussão pormenorizada dos problemas gerenciais ligados à implantação de tecnologia, nem propor novos modelos para a estrutura organizacional das empresas. Parece-nos, entretanto, que antes de discutir o problema tecnológico propriamente dito, cabe procurar situá-lo dentro do organismo da empresa, e discutir alguns aspectos gerais deste organismo, que interferem na aplicação dos princípios tecnológicos, como os que levam à racionalização e ao aumento da qualidade.

### **3.1 A INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE DECISÕES NA IMPLANTAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**

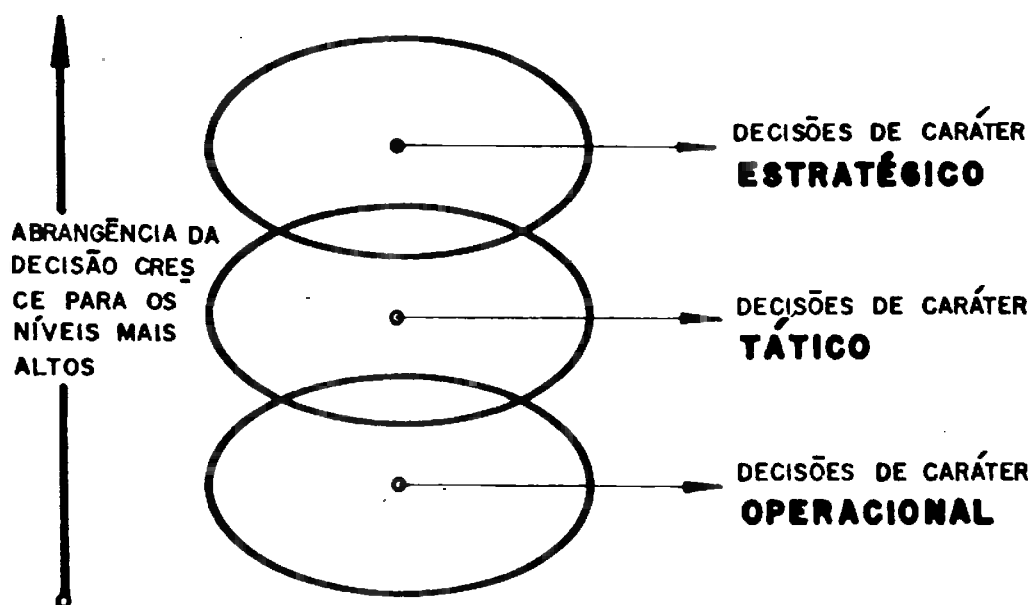
A forma pela qual se decide a implantação de uma medida de racionalização construtiva numa empresa ou empreendimento é determinante de seu resultado e abrangência. Entre os aspectos que interferem nesta decisão e nos resultados esperados, podem ser destacados os seguintes:

- O nível hierárquico em que a decisão é tomada;
- A sintonia desta decisão com o planejamento estratégico, tático e operacional da empresa;
- A clareza e definição formal dos objetivos da empresa e do empreendimento;
- A pressão que os sistemas de decisão "informais" exercem sobre as decisões nos mais diversos níveis;
- A maneira em que a empresa e o empreendimento são organizados, com destaque para os aspectos centralizadores ou não do sistema organizacional;
- O risco associado com a implementação das medidas propostas;
- A motivação dos envolvidos na implantação da racionalização construtiva.

### 3.1.1 NÍVEL HIERÁRQUICO

LIMA JR. [1990a] hierarquiza o sistema de decisões de uma empresa em três níveis, cuja abrangência, visão e detalhamento de objetivos são diferenciados. Estes níveis são apresentados na figura 3.1 a seguir, e conservam um relacionamento hierárquico, onde o nível das decisões estratégicas representa o mais alto entre todos. Esta hierarquia pode ser empregada, segundo o mesmo autor, em um empreendimento, quando também descreverá o plano de ação para seu desenvolvimento que estará necessariamente contido na política da organização.

As decisões estratégicas dentro de uma empresa relacionam-se, numa visão sistêmica, principalmente no estabelecimento



**FIGURA 3.1** Hierarquia dos sistemas de decisão [LIMA JR., 1990a].

de relações entre a empresa e o ambiente que ocupa. As decisões táticas, por sua vez, relacionam-se com a configuração organizacional da empresa e a alocação de recursos, enquanto que as decisões operacionais são ligadas à melhor forma de realização das tarefas técnicas.

Existe uma ligação entre a forma como a empresa é organizada e a tecnologia que utiliza. Esta ligação é tanto mais estreita, quanto mais voltado à tecnologia é o ambiente empresarial em que tal organização se insere. CHIAVENATO [1987] citando as conclusões de Woodward sobre este tema, explica que para empresas de tecnologia de ponta, o desenho da estrutura organizacional, o funcionamento e o sucesso da empresa são profundamente afetados pela tecnologia utilizada.

As medidas ligadas à racionalização do processo construtivo podem ser tomadas, a princípio, dentro de qualquer nível de decisão de uma empresa. Logicamente, a abrangência e os resultados possíveis de serem alcançados serão também proporcionais ao nível decisório em que estas medidas são tomadas. Segundo LIMA JR. [1990a] "a decisão tomada num determinado patamar, na organização, envolve uma determinada abrangência, o que induz uma diretriz para as decisões de patamares inferiores, que deverão complementá-la, e assim sucessivamente até que se atinja o nível da ação direta, ou da produção do bem ou serviço".

O resultado esperado por uma determinada medida está também ligado a sua abrangência e, portanto, ao nível hierárquico em que ela é tomada. Assim, se pela implantação de uma medida de racionalização, consegue-se reduzir drasticamente os recursos necessários para aplicação de uma determinada técnica em um determinado empreendimento, o resultado final pode tornar-se insignificante, frente aos demais parâmetros do empreendimento e da empresa, se esta mesma atitude de racionalização não for empregada em todas as obras e empreendimentos da empresa.

A abrangência de uma medida pode ser entendida tanto na extensão do campo de atuação, isto é, para apenas alguns ou todos os empreendimentos da empresa, bem como por sua continuidade temporal. Se a prática racionalizada não é incorporada à "cultura" formal ou informal da empresa, corre-se o risco de abandoná-la, ao longo do tempo.

### **3.1.2 A SINTONIA COM O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO, TÁTICO E OPERACIONAL**

O planejamento estratégico, como nível mais alto, deve reger todas as ações norteadoras da empresa. Existem posições divergentes quanto aos objetivos empresariais. CHIAVENATO [1987] cita a posição de Meyer, que salienta que os objetivos principais de uma empresa podem ser agrupados em quatro categorias:

- O lucro, considerado na sua dupla ótica de retorno dos proprietários e da economia da empresa;
- A expansão da empresa, seja em relação a ela mesma, seja em relação ao mercado do qual participa;
- A segurança, que corresponde ao desejo da empresa de assegurar o seu futuro e continuidade;
- A autonomia ou independência, objetivo pelo qual a empresa pretende livremente decidir o seu destino.

Dentre os objetivos citados, sem dúvida, aqueles ligados ao lucro são os que exercem maior pressão sobre a organização. Ansoff, também citado por Chiavenato, afirma que "na maioria das empresas, os objetivos econômicos exercem maior influência no comportamento empresarial e constituem o principal conjunto de metas explícitas utilizados pela administração para dirigir e controlar as atividades empresariais".

A racionalização construtiva pode ser expressa por objetivos gerais como: o aumento de produtividade e do nível de produção e a diminuição de ocorrência dos problemas patológicos, como foi discutido anteriormente no capítulo 2. Na aplicação destas medidas, entretanto, podem ser encontrados os mais variados objetivos específicos. Alguns destes, vão destacados a seguir. Cabe ressaltar, que normalmente, vários dos objetivos mencionados estão presentes numa mesma medida de racionalização.

- Diminuição do consumo de materiais. Este é um dos principais aspectos presentes nas medidas de racionalização da produção, uma vez que a construção civil trabalha normalmente com índices relativamente altos de desperdício de materiais, quando comparado com os demais setores industriais;
- Diminuição do consumo de mão-de-obra. Embora em termos globais, o planejamento de um empreendimento contemple a otimização do emprego de mão-de-obra, por exemplo através de técnicas de nivelamento de recursos, a racionalização da utilização da mão-de-obra em termos das tarefas (ou técnicas) construtivas é muito pequena;
- Uniformização do produto. A falta de padronização dos produtos resultante das técnicas construtivas é uma realidade alimentada pelo baixo nível de especificação e detalhamento dos projetos, bem como pela falta de uma política de treinamento da mão-de-obra;
- Preparação para a aplicação de técnicas racionalizadas em fases posteriores. Neste caso, o objetivo de uma medida de racionalização é garantir as condições exigíveis para a aplicação posterior de outra técnica racionalizada;
- Aumento do nível de organização do trabalho. A possibilidade de tornar a execução de uma tarefa mais

previsível, tanto em termos de desempenho, quanto de custo e prazo;

- Aumento da segurança, diminuindo as graves perdas materiais e humanas associadas aos acidentes;
- Aumento do desempenho e qualidade, evitando-se os custos da "má-qualidade" do produto;
- Diminuição dos problemas patológicos. Este corresponde também a um aumento de desempenho, mas por sua importância, pode ser tomado isoladamente como objetivo.

Das metas apresentadas acima, muitas podem encontrar ressonância imediata com os objetivos gerais da empresa, sobretudo aquelas que podem ser traduzidas numa diminuição de custos imediatos. Neste caso, a decisão de implementação destas medidas podem ser realizadas mesmo a partir dos níveis mais baixos da organização, pois seus objetivos estão de acordo com as metas do planejamento tático e operacional.

Outras medidas, entretanto, podem não encontrar tal identificação como, por exemplo, aquelas que visam um aumento de desempenho e diminuição dos problemas patológicos, pois que decide pode percebê-las sem sintonia com os objetivos imediatos da empresa, levando a um aumento dos custos iniciais com o empreendimento. Outras medidas que nem sempre parecem se ajustar aos objetivos das empresas, são aquelas que ne-



cessitam de investimento inicial significativo para a sua implementação, como por exemplo a transferência de atividades do canteiro de obra para linhas de produção em canteiros centrais ou fábricas.

Nestes casos, a decisão sobre a implantação de medidas de racionalização é feito nos níveis mais elevados da organização. Assim, quanto mais rígida e quanto maior o número de níveis hierárquicos, mais difícil vai ser a implementação de tais medidas.

Outro aspecto da estratégia de uma empresa, que está ligado a implantação de mudanças tecnológicas é a sua capacidade de adequação à mudanças no "ambiente externo", isto é, no ambiente empresarial no qual a organização se insere. Atualmente, vem se dando uma maior ênfase na busca da flexibilidade da empresa. BOBROFF [1989] afirma que, nas empresas francesas, as estratégias, seja qual for a história das empresas e os rumos escolhidos, são orientadas atualmente para a busca da flexibilidade e para as formas de integrá-las à produção".

ABDALLA [1990] citando Toffer, também ressalta a necessidade da empresa possuir flexibilidade para poder enfrentar um ambiente externo cada vez menos previsível. Aponta três premissas para que se efetue esta implementação:

- Uma melhor relação entre a empresa e o seu ambiente externo - atenção total ao cliente e procura de nichos de mercado;
- Uma nova perspectiva para o ambiente interno - formação de valores duradouros e conscientes, simplificação da hierarquia produtiva, incremento da comunicação aberta, instituição de uma nova filosofia administrativa e de liderança;
- Compreensão do que vem a ser inovação e quais as repercussões para as pessoas, produtos e decisões.

A flexibilidade, que pode ser um dos importantes objetivos da estratégia empresarial, cria condições bastante favoráveis à implementação de mudanças, particularmente às tecnológicas e organizacionais relacionadas à implementação da racionalização. Infelizmente, esta característica de alta adaptabilidade, no Brasil, ainda pode ser classificado como objetivo a se atingir, não fazendo parte ainda da estrutura da maioria das empresas de construção.

### **3.1.3 COMPREENSÃO DA ESTRATÉGIA EMPRESARIAL**

Outro aspecto essencial para implementação das medidas de racionalização é o claro entendimento dos objetivos da empresa por todos os níveis hierárquicos da organização. Assim, se estes objetivos não estão claramente definidos, ou ainda, se não são inequivocamente repassados a todos os níveis decisórios dentro da organização, é de se esperar que

as decisões operacionais não correspondam aos anseios do planejamento estratégico.

Neste caso, nos níveis intermediários e operacionais, quando por decidir entre alternativas que se apresentam, inicialmente como incompatíveis, como aumento de desempenho e diminuição de custos, aumento de qualidade e diminuição de prazo de execução, estarão sempre inclinados a decidir pelas alternativas que se apresentam em consonância com os objetivos gerais de diminuição de custo inicial e prazo. Lodi, citado por CHIAVENATO [1987], afirma que "quando os resultados colidem entre si (porque o lucro colide com a produtividade, a inovação colide com os aspectos operacionais atuais, e assim por diante), nenhum objetivo trabalha junto com o outro".

Esta postura é reforçada pelo fato de serem os custos e os prazos os fatores que mais facilmente e comumente são medidos para avaliação do desempenho da execução de uma tarefa. Assim, é difícil e as vezes muito subjetiva a forma de se avaliar o aumento da qualidade ou racionalização no emprego de uma técnica construtiva. Como afirma LIMA JR. [1990b], "um bom sistema de controle de custos não interessa, porque não se mede de forma direta seu benefício, mas uma boa negociação no preço, mesmo que resultante de um padrão amoral de comportamento é aplaudida, recompensada e, muitas vezes, invejada".

A falta da clareza na definição ou comunicação dos objetivos da empresa pode levar a uma interpretação equivocada, quanto à prioridade de aplicação dos objetivos. Assim, se um objetivo for "produzir com qualidade", pode ser interpretado como "produzir com qualidade quando possível".

Isto pode levar a uma maior pressão exercida pela organização "informal" existente dentro de qualquer estrutura, por "privilegiar" e priorizar certos aspectos do planejamento estratégico e tático em detrimento de outros. Isto pode refletir, por exemplo, na cobrança veemente do responsável pela produção do empreendimento na obediência dos custos e prazos estabelecidos, enquanto se é muito mais condescendente quanto ao nível de qualidade e organização esperado. Neste sentido, o profissional responsável pela produção pode sentir-se levado a utilizar os métodos "tradicionais", que domina para a produção e, que sabe ser capaz de atingir as metas de custo e prazo propostos, ao invés de "arriscar", utilizando uma técnica para ele desconhecida, mesmo que esta potencialmente possa diminuir os custos e prazos da execução.

SANDBERG [1987] faz a afirmação bastante enfática, de que muitos engenheiros estão freqüentemente desenvolvendo a sua profissão em um ambiente desfavorável, em suas palavras "em uma atmosfera cheia de nuvens de responsabilidade irracional e ilimitada, guiada por frívolos ventos de disputa". Como resultado desta situação, todo engenheiro, segundo este autor, num maior ou menor grau, procura um "abrigo da

tempestade" através de uma "engenharia defensiva", isto é, limita a sua prática em áreas menos "expostas", limita a sua presença na obra e toma decisões de projeto baseado naquilo que é "satisfatório". Com isso, torna-se avesso a quaisquer mudanças que possam colocar em destaque a sua atividade.

#### **3.1.4 A DESCENTRALIZAÇÃO ADMINISTRATIVA**

A descentralização da produção por diversos canteiros de obra é uma das características que diferenciam o setor da Construção Civil dos demais setores da indústria de transformação. Esta característica influencia a estrutura das decisões dentro da organização e conseqüentemente a implementação das medidas de racionalização. Dentre as razões apontadas por SÁNCHEZ [1973] para a descentralização das funções dentro da empresa de construção civil, está o "aproveitamento total das atribuições e capacidades dos colaboradores, delegando a eles atribuições mais amplas". Ressalta também, que esta atitude estimula o senso de responsabilidade e leva ao "máximo rendimento de cada uma das funções atribuídas".

O grau de descentralização das decisões do empreendimento vai também se refletir na abrangência e no resultado da implementação das medidas de racionalização. Embora, numa estrutura mais descentralizada, a decisão pela implantação da racionalização possa ser mais facilmente tomada mesmo pelos níveis hierárquicos inferiores, seu resultado em termos de

empresa pode ser pouco significativo. Uma maior descentralização administrativa exigirá também, em contrapartida, uma estrutura de informações mais eficiente, para que as decisões ligadas à racionalização, tomadas em uma obra, se estenda às demais. O aspecto da descentralização dos empreendimentos está muito ligado à forma de se estabelecer os contratos entre as partes envolvidas (ver item 3.3).

### 3.1.5 O RISCO

Outro fator bastante importante para a decisão quanto a implantação das medidas de racionalização é a avaliação do risco que está associado a cada uma destas medidas. Muitos aspectos poderiam ser destacados em relação ao risco da implementação de mudanças representadas pelas medidas de racionalização. Dentre esses, dois grupos são especialmente importantes. O primeiro deles relaciona-se com as incertezas do ponto de vista econômico e financeiro e em relação à posição da empresa frente ao mercado. Neste sentido, destaca-se, por exemplo, o fato de dificilmente controlar-se todos os condicionantes envolvidos com a implementação de uma medida, antes de sua efetiva implantação. Desta maneira, podem ocorrer situações imprevistas, como o aumento de custos ao invés da redução; ou o aumento de custos devido a problemas patológicos inesperados; ou a perturbação causada no sistema organizacional da empresa pela introdução da modificação; ou ainda, uma repercussão negativa no mercado causada pela mudança.

A implantação da racionalização dentro do empreendimentos da construção civil poderia, desta forma, ser tratada como um investimento e ser ponderada no estudo de viabilidade do empreendimento. A decisão pela implementação da racionalização nos projetos, pode estar associada a um maior desembolso inicial na produção, isto significa que este investimento deve produzir benefícios de forma a compensar a sua implantação. Estes benefícios podem ser a diminuição dos custos totais, bem como a "valorização" do produto final, refletindo-se em seu preço final de venda.

Um segundo grupo muito importante de riscos associados à implantação de uma política de racionalização está ligado ao comportamento, do ponto de vista técnico, do produto modificado por estas medidas. Neste sentido, cabe destacar as incertezas ligadas ao real desempenho do edifício depois de produzido, uma vez que muitos aspectos são ainda difíceis e pouco viáveis de serem avaliados com antecedência. Outro risco é o surgimento de patologias, causadas também por problemas inesperados. Estes riscos, além dos prejuízos econômicos, podem trazer danos significativos à posição e imagem das empresas no mercado.

Este último grupo de riscos pode ser diminuído a padrões aceitáveis com uma postura de desenvolvimento baseada em princípios científicos e tecnológicos. Isto é, riscos elevados e reais se dão apenas quando se parte para inovações que, à primeira vista, parecem revolucionárias, mas que não guardam em si uma coerência com o processo, como um todo.

A não observância de uma metodologia científica na implantação das inovações podem resultar em edificações repletas de problemas patológicos, com surgimento freqüente de fissuras, infiltrações, descolamento de revestimentos e degradação que levam a uma situação crítica de sanidade e habitabilidade, chegando a casos extremos nos quais os recursos inicialmente investidos são completamente perdidos com a demolição ou abandono dos empreendimentos.

Em ambos os casos, a consideração dos grupos de riscos associados à implementação de medidas de racionalização, que deve ser feita com o apoio de um eficiente sistema de informações, influi decididamente na implantação e abrangência das medidas de racionalização propostas.

### 3.1.6 A MOTIVAÇÃO

A decisão pela implantação da racionalização, como todas as demais decisões dentro do organismo empresarial, é tomada por pessoas, cuja motivação pela decisão pode englobar muitos outros interesses, que os unicamente relacionados com uma fria análise de custo/benefícios. Como afirma LIMA JR. [1988] "não há decisão sem intuição, ou desejo, ou anseio, como não há decisão que não contenha a cultura da empresa". Este mesmo autor afirma que "o processo de tomada de decisões na empresa dá suporte ao processo de produção. As decisões não são tomadas por qualquer sistema, mas pelos indivíduos que cumprem funções dentro do sistema organiza-



cional. Não se deve pretender um sistema que, automaticamente, seja capaz de decidir".

A introdução de inovações pode ser utilizada pelos participantes da produção como meio de promoção profissional. Assim é essencial que todos os participantes do processo estejam motivados para implantação destas medidas. Por outro lado, a inviabilização destas medidas pode se dar pela falta de comprometimento com os objetivos do empreendimento por participantes da organização em qualquer nível.

A estrutura "burocrática" das empresas, ligadas às pioneiras teorias da administração científica propostas por Max Werber, leva à distorções que dificultam a introdução de inovações. Entre as disfunções na estrutura burocrática apontadas por Merton e citadas por CHIAVENATO [1987] estão a "propensão dos participantes da administração se defenderem de pressões externas" e a "resistência a mudanças", pois estas representam ameaças à posição do participante dentro da organização. O funcionário sente-se mais seguro e protegido, desempenhando a rotina que domina e conhece bem.

### **3.2 A INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES NA IMPLANTAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**

A estrutura de informações dentro de uma empresa ou empreendimento serve de suporte à estrutura de decisões da empresa. Esta opinião é compartilhada por LONGO [1989a] o

qual afirma que "a informação é um instrumento de atualização do que está ocorrendo no empreendimento, e contribui para o controle eficaz no que diz respeito ao planejamento para a tomada de decisão". Sendo assim, os fatores intervenientes na eficiência desta função, dentro da empresa ou empreendimento, são também fundamentais para a implantação das medidas de racionalização.

WALKER [1984] ressalta a importância da estrutura organizacional no que diz respeito ao processo de produção e transmissão das informações. Segundo ele, "a efetividade da estrutura organizacional é fundamental tanto para a qualidade da informação na qual as decisões são originadas, quanto do próprio processo de tomada de decisões".

A importância do sistema de informações na obtenção de uma maior flexibilidade e conseqüentemente qualidade e produtividade é também acentuada por BOBROFF [1989] a qual afirma que, dentro de uma empresa, "as relações não podem mais se limitar à compartimentação de funções até então existentes, e a qualidade do processo de transferência de informações é fundamental para a organização de redes entre os diversos agentes interessados".

Em muitos casos, a eficiência da estrutura de informações pode ser a responsável pelo sucesso ou inviabilização na aplicação das ações de racionalização construtiva. HALL e FLETCHER [1990] citam as recomendações feitas pelo BRE ("British Research Establishment") para a implementação da

qualidade nas construções habitacionais. Entre elas é enfatizada a necessidade de uma melhor comunicação entre os envolvidos no empreendimento e em especial entre o projetista e executores. Assim, deve ser claro "o que é possível na obra (construtibilidade), e o que se espera do pessoal de campo. Estes por sua vez devem entender as intenções dos projetistas para evitar a repetição de falhas".

A própria aplicação das ações pode depender de um eficiente sistema de informações. Como exemplo, pode ser citada a necessidade de comunicação eficiente entre os profissionais envolvidos na concepção do empreendimento, ou ainda entre estes e os responsáveis pela execução dos trabalhos. Dentre os aspectos que interferem na estrutura de informações e que influenciam significativamente a implantação da racionalização construtiva, podem ser destacados os seguintes:

- A eficiência na comunicação entre os diversos níveis decisórios dentro da empresa e do empreendimento;

- A eficiência na comunicação entre os diversos parceiros e empresas que participam do empreendimento (o ambiente externo);

- O embasamento que sirva e permita a "formalização" do desenvolvimento tecnológico da empresa, para que suporte também o processo de evolução desta tecnologia.

Destacam-se, nos itens seguintes, alguns aspectos do sistema de informações da empresa que influenciam decidida-

mente na implantação das medidas de racionalização construtiva.

### 3.2.1 A QUALIDADE DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES DA EMPRESA

A qualidade do sistema de informações está ligado principalmente à velocidade em que esta informação chega ao polo de decisões e ao seu conteúdo, ou nível de detalhamento. Segundo LIMA JR. [1990], os principais atributos do sistema de informações são os de "gerar informações com velocidade compatível com a exigência da decisão e ser eficiente no conteúdo da informação, que deverá corresponder às críticas quanto ao risco contido na decisão a tomar".

O tempo é um dos recursos básicos que condicionam os empreendimentos na construção civil. Neste sentido, uma parcela significativa dos esforços organizacionais dentro de uma obra ou empreendimento são dispendidos na programação e controle do tempo de execução dos trabalhos. Assim, é lógico que a velocidade em que a informação chega ao polo de decisões é um dos principais parâmetros para a que as decisões tomadas e, em particular, as decisões ligadas à implantação da racionalização sejam eficientes. LONGO [1989a], referindo-se à necessidade de informações da alta direção para embasamento das decisões, conclui que "estas necessidades de informações são altamente perecíveis. Bastam algumas horas para que, caso não tenham sido atendidas, tenham que ser abandonadas".

A importância da estrutura organizacional e da velocidade das informações é ressaltada por WALKER [1984], sobretudo no que diz respeito à implementação de tecnologia. "A interdependência entre estrutura organizacional e as técnicas e tecnologias usadas está baseada na necessidade da organização ser estruturada de maneira tal que as técnicas e tecnologias apropriadas são propostas e utilizadas no tempo correto no processo de projeto e construção".

Outra importante característica apontada é quanto ao conteúdo destas informações. Este conteúdo e a forma em que se apresentam têm que guardar uma correspondência com o nível de decisão a que se destinam. Se por um lado o baixo nível de detalhamento das informações prejudica o processo decisório, por outro, informações detalhadas em demasia podem gerar o abandono da mesma. "A informação que falta obriga a improvisação e a informação em excesso leva a estrutura de decisões da organização à fadiga. São fartos os exemplos de que, na falta de informação na medida das necessidades daquele que vai tomar a decisão, este o faz sem o uso de nenhuma, nem mesmo daquelas disponíveis, optando por decidir por aproximação da situação com outras semelhantes (a experiência). Da mesma forma, se o usuário de um sistema se depara com um conjunto de informações que não sabe manejar (o excesso), tenderá a decidir sem usar nenhuma das disponíveis" [LIMA JR., 1988].

Toda a decisão envolve parâmetros pessoais e subjetivos, mas estes podem ser mais ou menos ressaltados, dependendo

da qualidade da informação disponível. No caso da falha de conteúdo ou na velocidade das informações, as decisões vão ser tomadas muito mais em função da vontade de quem decide, do que realmente dos planos estratégicos e táticos estipulados.

SANDBERG [1987] ressalta, entre outras, as seguintes conclusões obtidas na reunião intitulada "Quality in the Constructed Project" do ASCE de 1985:

- A comunicação é vital e necessária para todos grupos de trabalho;
- Deve ser dada ênfase à comunicação entre projetistas e construtores. É ideal que isto inicie nos estágios de planejamento e projeto, quando são verificados os aspectos de construtibilidade e deve continuar pela construção.

Cabe destacar também, que a falta de eficiência no sistema de informações pode servir de justificativa para qualquer um dos participantes do processo que não concorde com modificações para defender a sua posição, isto é, pode-se tirar partido do sistema ineficiente para inviabilizar as ações.

Outro aspecto do sistema de informações é a necessidade de se comunicar tanto no sentido da alta hierarquia para a baixa, como no sentido inverso. Se no primeiro caso a comunicação é essencial para efetivação dos planos elaborados nas esferas superiores, a comunicação no sentido inverso é

também fundamental para a motivação e o envolvimento de todos os participantes do processo produtivo. Para LONGO [1989b] "um dos problemas da alta direção do projeto reside no fato de não poder utilizar em suas decisões de nível tático e estratégico, informações já coletadas no nível operacional". A melhor comunicação entre os níveis hierárquicos inferiores e os mais altos foi alvo de atenção de O'CONNOR et al. [1986], que procuraram a melhor forma de implementar esta comunicação, com o intuito de aumentar a construtibilidade dos empreendimentos.

As modernas teorias de gestão da qualidade, sobretudo aquelas que se aproximam da gestão participativa tem como principal foco a comunicação entre todos os participantes, com destaque ao envolvimento de todos os níveis hierárquicos, mesmo nas mais importantes decisões da organização.

### **3.2.2 A CIRCULAÇÃO DA INFORMAÇÃO ENTRE OS PARTICIPANTES DO EMPREENDIMENTO**

A qualidade na troca de informações entre a empresa e as outras empresas ou parceiras que compõe o ambiente externo também é fundamental. Neste sentido, pode-se constatar, que por exemplo, a normalização de sistemas de qualidade proposta pela ISO e traduzida pela ABNT [ABNT, 1991a] é composta de uma série de regras que vão servir de protocolo entre as empresas envolvidas com a implantação da qualidade.

Um exemplo clássico de problemas devido a falha de comunicação entre parceiros são aqueles resultantes do baixo nível de ligação existente entre os diversos projetistas, entre estes e os proprietários e construtores. Estes aspectos serão tratados mais detalhadamente no capítulo seguinte. WALKER [1984] destaca a grande importância que as informações tem no processo operacional. "As técnicas e o conhecimento prático do processo construtivo fundamentam-se na natureza e qualidade das informações que utilizam. A maneira com que a informação é estruturada torna-a apropriada e acessível para uma particular atividade do empreendimento". Para este autor, as informações produzidas nas diversas fases do projeto, comumente, não são transmitidas entre todos os participantes.

Cabe observar que a estrutura de informações ganha maior importância, quando se passa a encarar a racionalização como uma tarefa a ser executada no empreendimento como "um todo". Neste sentido, BOBROFF [1989] alerta que "uma racionalidade de sistema tende a substituir a racionalidade por menorizada que caracterizava no passado o encontro dos diversos níveis do processo". Assim, a racionalização passa a ser desenvolvida dentro de um caráter sistêmico, ao invés de um conjunto de ações sobre as operações isoladamente.



### 3.2.3 O SISTEMA DE INFORMAÇÕES COMO SUPORTE DA TECNOLOGIA

No nível operacional, o sistema de informações pode suportar outra função fundamental: a "formalização" do conhecimento construtivo. LONGO [1989b] classifica a informação em dois grupos: a gerencial, destinada a embasar o processo decisório e a operacional, cuja finalidade é permitir que determinadas atividades continuem acontecendo dentro do ciclo operacional da empresa. Ressalta também, a importância entre a integração do ciclo operacional e o sistema de informações, pois "enquanto as informações alimentam as atividades físicas, estas por sua vez geram dados que alimentam o sistema de informações".

Dentro deste aspecto, LIMA JR. [1990] destaca que um dos fatores que compõe a qualidade do sistema de informações é "a facilidade de se ajustar à cultura da empresa". Estes sistemas têm que levar em conta o estágio atual da cultura da empresa, ou então um padrão admitido pelo planejador, mas que "deve ser passível de adaptação para patamares mais avançados de conhecimento que a empresa terá de seus próprios processos".

Uma situação comum de se encontrar em muitas empresas é que os conhecimentos necessários, tanto para elaboração dos projetos como execução das atividades encontram-se pulverizados entre vários dos participantes do empreendimento. Muitas vezes estes conhecimentos são utilizados por estes

participantes, com o intuito de fortalecer a sua posição dentro da empresa.

A elaboração de uma sistemática formalizada de arquivamento dos conhecimentos construtivos de uma organização é fundamental tanto para a elaboração de projetos que respeitem a "cultura" construtiva da empresa e, desta forma, sejam compatíveis com os seus meios de produção, como para o aprimoramento tecnológico. Sem esta base de organização das informações resultantes do desenvolvimento tecnológico, toda a experiência acumulada pela empresa ao longo de sua atividade fica centrada nas pessoas. A partir do momento em que estas pessoas saem da organização ou passam a ocupar outros postos, ocorre a perda na qualidade destas informações que embasam o desenvolvimento tecnológico. Assim, é comum se perder tempo com a resolução de detalhes construtivos que já foram resolvidos com êxito em outros empreendimentos, e cujo desempenho se conhece através da experiência.

O'CONNOR et al. [1987] destacam a necessidade de documentação da evolução tecnológica da empresa, para a implementação da "construtibilidade" dos empreendimentos. Segundo eles "As práticas antigas precisam ser questionadas, as inovações precisam ser recompensadas, as boas idéias precisam ser desenvolvidas e os sucessos precisam ser documentados".

Nos capítulos 4 e 5 a seguir, discute-se a criação de uma sistemática para a formação da "memória" técnica da empresa

como diretriz para a implantação da racionalização construtiva, nos projetos e na execução dos edifícios em alvenaria estrutural.

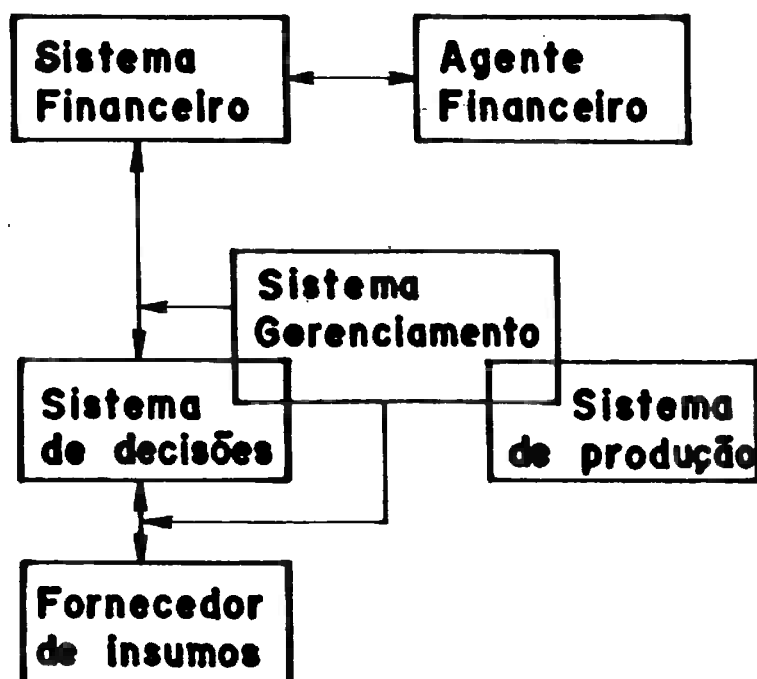
### **3.3 A INFLUÊNCIA DAS RELAÇÕES CONTRATUAIS NA IMPLANTAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**

A implantação de medidas de racionalização construtiva pode interferir e ser extremamente influenciada pelo relacionamento entre as diversas entidades envolvidas no empreendimento. Estas entidades se relacionam através do instrumento formal do contrato. Assim, dependendo do relacionamento entre as partes, pode-se encontrar por um lado, um campo bastante fértil e propício para a implantação de medidas de racionalização da produção, como por outro lado, pode-se criar barreiras intransponíveis para a aplicação das mesmas.

O sistema de gerenciamento do empreendimento deve ser desenhado para suportar o processo decisório da empresa. O sistema empresa em questão pode ser um cliente que está contratando uma gerenciadora, encarregando-a de todo ou de partes do processo, ou então, pode ser um sistema vinculado à própria empresa e que foi estruturado para gerenciar um ou vários empreendimentos [SCHWEDER, 1991].

Podem ser encontradas as mais diversas estruturas de relacionamento entre os participantes de um empreendimento na

construção civil. LIMA JR. [1988] estabelece vários modelos de relacionamento entre os participantes de um empreendimento na construção civil. Na figura 3.2 a seguir, é apresentado o modelo que representa as empresas do setor de empreendimentos imobiliários. Esta mesma estrutura pode ser transposta e adaptada a outras situações. Assim, por exemplo, quando se trata de empresa que têm a construção da edificação como um meio (por exemplo uma fábrica), o sistema de decisões passa a ser representado pelo cliente, enquanto que o sistema gerencial e de produção passam a ser representados por uma ou diversas empresas, tais como a gerenciadora, fornecedores de projeto, construção ou serviço técnico.



**FIGURA 3.2** Estrutura de um empreendimento da construção civil (adaptado de [LIMA JR., 1988]).

A forma de relacionamento entre os participantes de um empreendimento condiciona e influencia fortemente a decisão pelas modificações correspondentes à introdução de procedimentos racionalizados no processo produtivo. Assim passa a ser fundamental identificar cada um dos participantes do processo, quer sejam eles empresas independentes, empresas ligadas entre si ou departamentos de uma mesma organização. Quando os participantes do empreendimento são empresas, normalmente suas relações são coordenadas e ajustadas através de contratos.

Os contratos que regem as relações entre os envolvidos nestes empreendimentos podem ser classificados, segundo SCHWEDER [1991] em:

- Contrato de empreitada por preço global, quando o preço final e especificações do empreendimento são ajustadas entre as partes;
- Contrato de empreitada por preço unitário, quando para a execução da obra ou serviço é estabelecido um certo preço por unidades determinadas;
- Contrato por administração, quando se contrata a execução da obra ou serviço mediante o reembolso das despesas acrescidas da remuneração dos trabalhos de administração, geralmente com base em uma alíquota do total dos custos diretos e indiretos;

- Contrato por tarefa, quando se ajusta a mão-de-obra para pequenos trabalhos, ou até partes de uma obra, por preço certo, global ou unitário. Ressalta-se que esta modalidade é extremamente simples, inclusive nas responsabilidades estabelecidas.

As diferentes formas contratuais podem representar níveis muito distintos de motivação para a qualidade e racionalização. Nos contratos por empreitada global, o construtor tem todo o interesse na redução de custos, que irá representar um acréscimo na sua margem de lucro, pois neste tipo de contrato há autonomia para o construtor (contratado) conduzir os trabalhos, assumindo inteira responsabilidade técnica e econômica pela execução da obra. Neste caso, o proprietário não possui a mesma motivação e pode até encarar com desconfiança a atitude da implantação de medidas de racionalização. Assim, muitas vezes estas medidas tem que ser subordinadas às especificações contratuais.

No extremo oposto, encontram-se os contratos por administração, nos quais a racionalização com o menor desperdício dos insumos e, portanto, com a redução dos custos diretos representa uma penalização para o construtor, em termos de remuneração, pois a alíquota de remuneração dos trabalhos administrativos incidirá sobre um montante menor.

A relação entre as formas contratuais e a implementação de tecnologia é destacada por BOBROFF [1989], observando que "formas de negócios do tipo custo global, competitivo, de

curto prazo são privilegiados em princípio, desde a concepção, porque permitem a escolha das soluções técnicas e o controle dos custos totais de produção e administração".

Uma alternativa de contrato que contorna esta situação são os contratos com incentivos. Nesta modalidade são estabelecidas metas, geralmente ligadas ao custo final ou prazo de execução das tarefas, e são estabelecidas multas e prêmios nos casos do não cumprimento, ou da suplantação das metas. Segundo Ackoff, citado por SCHWEDER [1991], "prêmios e penalizações sobre diferenças ocorridas entre o custo estimado e o realizado, principalmente com a intervenção de uma gerenciadora, tem constado dos textos contratuais, mas raros têm sido os casos de sua materialização". Este tipo de contrato caracteriza-se pela intensa parceria dos envolvidos no empreendimento, tanto proprietário como construtor e estabelece um meio mais propício à implantação de medidas que visem a racionalização da produção.

A introdução dos incentivos nos contratos tem por objetivo motivar o contratante e produzir um sistema que alcance ou suplante metas setoriais ou globais do empreendimento, principalmente as relacionadas aos "alvos" estabelecidos para prazos, custos, segurança, produtividade e qualidade. Desta forma, este tipo de acordo entre as partes propicia um cenário bastante favorável à implantação de medidas de racionalização construtiva.

Cabe ressaltar, que qualquer que seja o método contratual estabelecido pelas partes, a introdução das medidas de racionalização só se torna efetiva se ao risco associado com a implementação de cada medida, estiver associado um ganho pela pessoa ou parte que tomou a decisão por esta medida.



**CAPÍTULO 4**  
**RACIONALIZAÇÃO NA FASE DE CONCEPÇÃO DOS EDIFÍCIOS**  
**EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Neste e no próximo capítulo serão discutidos aspectos ligados ao projeto e construção de empreendimentos que utilizam os processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. No presente capítulo, será enfocada a fase de concepção dos empreendimentos, enquanto que no próximo, será dado destaque à fase de execução.

Não se tem a pretensão de elaborar, no espaço reduzido destes dois capítulos, um manual, ou mesmo um roteiro para o desenvolvimento dos projetos e da construção dos edifícios em alvenaria estrutural. Com esta finalidade existem algumas publicações, principalmente na literatura internacional.

No exterior, a preocupação de consolidar a tecnologia construtiva em manuais existe já há muitos anos. Um exemplo disto é o manual de MULLIGAN [1942], que trata já há cinquenta anos das pesquisas realizadas, incluindo a capacidade estrutural das paredes. Atualmente, podem ser encontrados vários manuais voltados especificamente ao projeto e construção com alvenaria estrutural, tais como os de CURTIN et al. [1982; 1984] e BEALL [1987]. O estado-da-arte e a atual tecnologia consolidada sobre a alvenaria estrutural

podem ser também encontradas em livros como os de HENDRY [1990], HENDRY et al. [1987] e GALLEGOS [1989].

No Brasil, muito poucas obras foram editadas sobre o assunto. A mais recente talvez seja o "Manual Técnico de Alvenaria" produzido e publicado pela ABCI, a partir da experiência de alguns profissionais que trabalharam neste campo [ABCI, 1990].

O objetivo deste e do próximo capítulo é o de apresentar algumas recomendações e diretrizes para o desenvolvimento dos empreendimentos em alvenaria estrutural, colhidas da experiência do autor como elemento de uma equipe de pesquisa do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da EPUSP, que vem se ocupando com os processos construtivos em alvenaria estrutural na última década. Neste período, teve-se a oportunidade de estar em contacto com os mais diversos fabricantes de componentes para alvenaria, e com diversas empresas, pesquisadores e profissionais envolvidos em tais processos construtivos.

As diretrizes apresentadas foram empregadas no desenvolvimento de dois específicos processos construtivos em alvenaria estrutural: um, utilizando blocos cerâmicos e outro, utilizando blocos de concreto, que se encontram em distintas fases de desenvolvimento. O primeiro encontra-se em fase de comercialização e aprimoramento, e o segundo, em fase de implantação e avaliação dos edifícios protótipos. Estes processos construtivos foram desenvolvidos a partir

de convênios de desenvolvimento tecnológico, firmados entre a Universidade de São Paulo e empresas da iniciativa privada.

Nos dois casos, as fases de concepção e de construção já foram ultrapassadas. Assim, tem-se uma avaliação dos resultados da implementação destas diretrizes, bem como o seu efeito no nível de industrialização e qualidade dos processos utilizados e produtos obtidos. Além destes dois específicos processos desenvolvidos, muitas destas diretrizes foram aplicadas em outros projetos e construções em alvenaria estrutural, nos quais se pôde participar como consultor.

Estas diretrizes consubstanciaram-se nestes projetos como medidas de racionalização. Desta maneira, pretende-se expor neste capítulo estas diretrizes, de forma sistemática, bem como exemplificar sua aplicação, através das medidas de racionalização propostas. Pretende-se ainda analisar esta experiência, sob a luz dos conceitos de industrialização e qualidade discutidos no capítulo 2.

Procurou-se dar atenção especial para a atividade de desenvolvimento de projetos. "Deve-se ressaltar, que a qualidade do projeto é condição necessária para a implantação de uma política de racionalização e qualidade. Para os processos em alvenaria estrutural, esta se faz mais determinante, pois grande parte das vantagens proporcionadas por estes processos decorre do seu maior nível de racionalidade, sobretudo quando comparado com o dos processos tradicionais."

#### 4.1 ORGANIZAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS

Dentre as etapas de desenvolvimento de um empreendimento, a fase de concepção, na qual se incluem os estudos preliminares, anteprojeto e projeto, exerce papel determinante na qualidade, tanto do produto como do processo construtivo. Assim, um grande avanço na obtenção de melhor qualidade da construção pode ser alcançado a partir da melhoria da qualidade dos projetos. Além disso, muitas medidas de racionalização e praticamente todas as medidas de controle da qualidade dependem de uma clara especificação na sua fase de concepção, isto é, não é possível controlar uma atividade ou produto, se suas características não se encontram perfeitamente definidas.

Muitos autores apontam a fase de projeto como a mais propícia para a introdução da maioria das medidas que visam a racionalização e, em particular, aquelas que a procuram através do incremento da construtibilidade. O'CONNOR et al. [1986] coletaram 335 idéias para o incremento da construtibilidade, através de uma pesquisa de campo, e mostram que "mais da metade das idéias (51,9%) são relativas ao projeto ou a comunicação com o projeto".

Também o planejamento da execução é baseado em informações contidas no projeto. Se estas informações não guardam um grau de precisão e detalhe coerentes com a execução, muitas variáveis incontroláveis são introduzidas no planejamento.

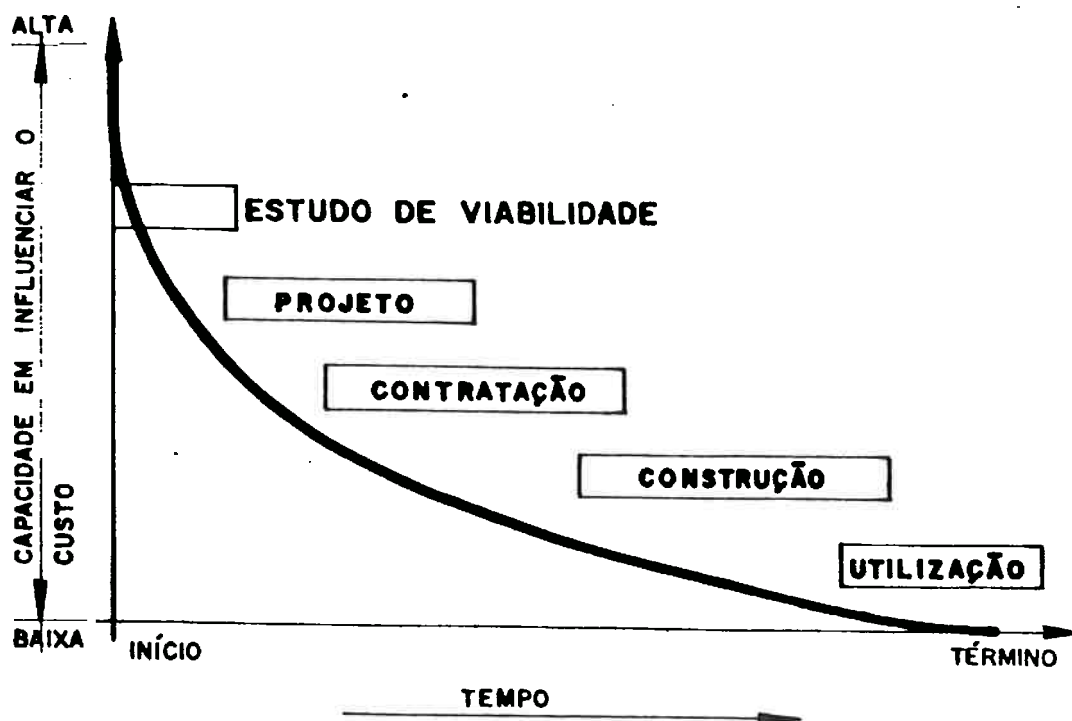
Em termos de resultados, é nesta fase que se tomam as decisões que trazem maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos. Este fato é mostrado por O'CONNOR e DAVIS [1988] que através do gráfico da figura 4.1 atribuem às fases iniciais do empreendimento uma maior capacidade de influenciar seu custo final. Por outro lado, as alterações visando a racionalização implementadas nesta fase apresentam, de maneira geral, um custo muitas vezes menor que as implementadas nas fases posteriores. Cabe ressaltar, que qualquer medida tomada posteriormente terá uma grande interferência nas etapas de produção, enquanto que as tomadas nesta fase têm interferência apenas no trabalho dos projetistas.

É também na fase de concepção que se origina a maioria dos problemas patológicos dos edifícios. Este fato é ilustrado por MOTTEU e CNUUDE [1989] que, baseados em um estudo sobre origens dos problemas patológicos realizados pelo CSTB ("Centre Scientifique et Technique de la Construction") da Bélgica, atribuem 80 % das causas de "não qualidade" a defeitos de gestão de projeto, "notadamente um estudo incompleto ou mal realizado, uma preparação insuficiente do trabalho, uma má especificação dos materiais".

Além dos problemas citados acima, muitas falhas dos edifícios são decorrentes da falta de informação dos usuários em relação a este produto bastante complexo: a edificação. Um projeto bem elaborado e suficientemente detalhado, juntamente com demais informações sobre o uso e manutenção dos

componentes e subsistemas da edificação, serve de base para a elaboração de "manuais de utilização". Embora não seja uma prática freqüente no setor da construção, esta medida relativamente simples pode evitar várias patologias decorrentes da má utilização e falta de manutenção, possibilitando inclusive o aumento da vida útil de diversos componentes da edificação. Este procedimento também corresponde a um acréscimo de qualidade do produto para o consumidor final.

Embora pareça existir um consenso no meio técnico sobre a importância da fase de concepção do empreendimento, na prática observam-se muito poucas medidas de aprimoramento



**FIGURA 4.1** Capacidade de influenciar o custo total durante o ciclo do empreendimento [O'CONNOR e DAVIS, 1988].

desta atividade. É comum encontrar projetos com baixo nível de detalhamento e coerência entre as suas partes e principalmente, sem coerência organizacional e tecnológica com aquilo que se pretende construir.

Como foi discutido no capítulo 3, as dificuldades de implantação de medidas de racionalização em uma empresa estão muito ligadas à sua estrutura organizacional. Durante a viabilização dos empreendimentos, uma grande atenção é voltada aos aspectos estratégicos do gerenciamento empresarial, como o fluxo financeiro e as etapas de comercialização. O projeto é muitas vezes colocado em um segundo plano, sendo elaborado com um mínimo aprofundamento das soluções construtivas, postergando-se estas para a solução "em campo", na etapa de construção. Esta situação leva inevitavelmente a desperdícios e surgimento de patologias, pois passa a decidir, tanto pelo objeto, como pela forma de executar, o oficial, apesar de não possuir qualificação e visão geral para implementar tais decisões.

A maior complexidade presente nos empreendimentos leva à especialização das atividades e dos projetistas. Assim, por mais competente e capaz que seja o projetista, cada vez torna-se mais difícil que este tenha pleno domínio da totalidade dos conhecimentos envolvidos no empreendimento. Em geral, os projetos dos diversos subsistemas do edifício são produzidos separadamente, sem a existência de uma instância que os coordene. Este fato é destacado por MAFFEI [1989], que aponta a tendência atual de se ter "projetos maiores,

de maior complexidade e que necessitam de um esforço multidisciplinar. A complexidade e os aspectos multidisciplinares dos projetos requerem que as muitas partes sejam dispostas juntas, de maneira que os objetivos principais - desempenho, prazo e custo - sejam otimizados".

Por outro lado, um alto nível de qualidade dos diversos projetos quando tomados separadamente, não garante a qualidade do todo. Segundo GARCIA MESSEGUER [1991] "em todo projeto, as interfaces entre uma e outra especialidade são zonas particularmente vulneráveis para a qualidade e nelas geralmente os erros ocorrem com maior frequência".

Uma outra deficiência comumente encontrada nos projetos é a pouca importância que ainda é dada aos aspectos de "construtibilidade". Muitos projetistas, especialistas dos produtos (o edifício e suas partes), pouco aproveitam da experiência na execução de seus projetos. Em muitos casos, também não existe uma retroalimentação de informações entre os executores e projetistas dos edifícios, levando muitas vezes à repetição continuada em vários empreendimentos de uma falha detectada durante a construção.

A implementação da qualidade nos projetos não é tarefa simples. Depende de muitos aspectos, tão distintos como a necessidade de melhor remuneração de um projeto com maior qualidade, até a adequação destes projetos à tradição de construir da empresa. A geração de projetos com boa qualidade depende da criação de uma estrutura que seja responsá-



vel pelo seu desenvolvimento. Esta estrutura deve fornecer especificações a serem repassadas aos diversos projetistas participantes, além de definir e transmitir as informações entre os diversos elementos envolvidos no empreendimento (proprietários, projetistas, gerentes, construtores), coordenar os projetos elaborados pelos diferentes profissionais e controlar a qualidade dos projetos elaborados.

#### 4.1.1 COORDENAÇÃO DE PROJETO

A coordenação de projeto pode ser entendida como a atividade que dá suporte ao desenvolvimento dos projetos. O objetivo primordial desta atividade é que tais projetos sejam elaborados de forma que atendam aos objetivos do empreendimento, proporcionando à fase de execução a qualidade e eficiência esperadas.

A atividade de coordenação de projeto não é necessariamente exercida diretamente pela gerência do empreendimento. Esta atividade possui atribuições específicas diferenciadas em relação ao gerenciamento. "A coordenação de projetos não deve ser confundida com a gerência do empreendimento, a quem a coordenação deve responder e assessorar desde seu início" [MELHADO e VIOLANI, 1992].

Os principais objetivos da coordenação de projetos são:

- Garantir a perfeita comunicação entre os participantes do projeto. Este fator é destacado por muitos

autores. EPSTEIN [s.d.] o considera como um dos mais importantes para se atingir o sucesso do empreendimento. Relatando a experiência de sua empresa em relação à integração de diferentes profissionais, afirma que "isto torna possível assegurar projetos melhor coordenados, empreendimentos mais baratos e edifícios mais eficientes";

- Garantir a comunicação e a troca de informações entre os diversos integrantes do empreendimento;
- Garantir a comunicação e integração entre as diversas etapas do empreendimento;
- Coordenar o processo de forma a solucionar as interferências entre as partes do projeto elaboradas pelos distintos projetistas;
- Garantir a coerência entre o produto projetado e o modo de produção, com especial atenção para a tecnologia do processo construtivo utilizado e para a "cultura construtiva" da empresa;
- Conduzir as decisões a serem tomadas no desenvolvimento do projeto;
- Controlar as etapas de desenvolvimento do projeto, de forma que este seja executado em consonância com as especificações e requisitos previamente definidas (incluindo custos, prazos, especificações técnicas).

Não existe uma metodologia consagrada para execução da atividade de coordenação de projeto. Nos casos de edifícios habitacionais, esta função é muitas vezes exercida por um profissional de "larga experiência" naquele determinado tipo de empreendimento. Este por sua vez, não exerce sua atividade de uma forma objetiva e metodológica.

Esta situação leva a duas conseqüências imediatas. A primeira é que a "qualidade" final do projeto vai depender da maior ou menor motivação daquele profissional pelo empreendimento. Esse, por sua vez, passará a incorporar os pré-requisitos e condicionantes implícitos à formação e cultura do profissional. Assim por exemplo, ele estará muito mais afeito a utilizar técnicas e métodos por ele conhecidos, independentemente da existência de alternativas com um grau superior de racionalidade.

A segunda conseqüência é que esta tarefa, bem como a experiência resultante de seu exercício, não serão incorporadas de maneira objetiva à "cultura da empresa", permanecendo como uma prerrogativa do profissional. Assim, por exemplo, pode-se esperar uma diminuição da qualidade dos projetos, se por algum motivo o profissional que exerce esta atividade for deslocado para outro posto na organização.

Grande parte da publicação "Qualidade nos Empreendimentos da Construção" da Associação Americana de Engenheiros Civis [ASCE, 1988] é dedicada a recomendações e diretrizes gerais para a elaboração dos projetos, incorporando os conceitos

da qualidade. Muitas destas recomendações dizem respeito à estrutura do grupo de projeto, no qual se incluem o proprietário, os projetistas e construtores. Nela são estabelecidas regras de relacionamento e comunicação entre as partes, bem como de elaboração dos trabalhos, que podem servir como guia para o estabelecimento de uma sistemática de coordenação de projetos.

No Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da EPUSP existe atualmente uma área de pesquisa em coordenação de projetos de edifícios, cujo objetivo é estudar e propor uma metodologia para a coordenação da elaboração dos projetos, de forma a tornar esta atividade objetiva e controlável. Este grupo vem desenvolvendo uma pesquisa através de um convênio cooperativo com uma empresa da iniciativa privada. Os resultados das etapas iniciais deste trabalho encontram-se no relatório técnico "Sistematização da Coordenação de Projetos de Obras de Edifícios Habitacionais" [MELHADO e VIOLANI, 1992]. Nele são apresentados os seguintes pontos, como sendo os principais aspectos a serem observados pela coordenação do projeto:

- A clara definição dos objetivos e parâmetros para elaboração do projeto, que deverão ser repassados aos diversos profissionais como requisitos do projeto. Segundo o ASCE [1988], "a clara comunicação de informações como requisitos, expectativas, conteúdo, custos, programações e dados técnicos é um elemento

vital para introduzir-se a qualidade nos empreendimentos da construção";

- A definição clara de todas as partes que constituem os projetos, bem como o seu conteúdo;
- A escolha dos profissionais ou empresas que deverão compor a equipe de projeto com base na qualificação e experiência destes e do desafio imposto pelo empreendimento. Este aspecto é também destacado pela ASCE [1988], reconhecendo que diferentes profissionais e organizações possuem diferentes capacidades e cultura para o desenvolvimento de um específico empreendimento;
- A agregação ao projeto da máxima eficiência em termos de tecnologia e racionalização;
- A perfeita comunicação entre todos os integrantes do projeto e do empreendimento, incluindo o estabelecimento de regras para a comunicação;
- A definição e padronização da forma de apresentação das informações, inclusive através da padronização da representação gráfica;
- A criação de uma sistemática de avaliação e retroalimentação dos problemas enfrentados durante a execução dos projetos, de forma a aumentar continuamente a tecnologia da empresa através da experiência;

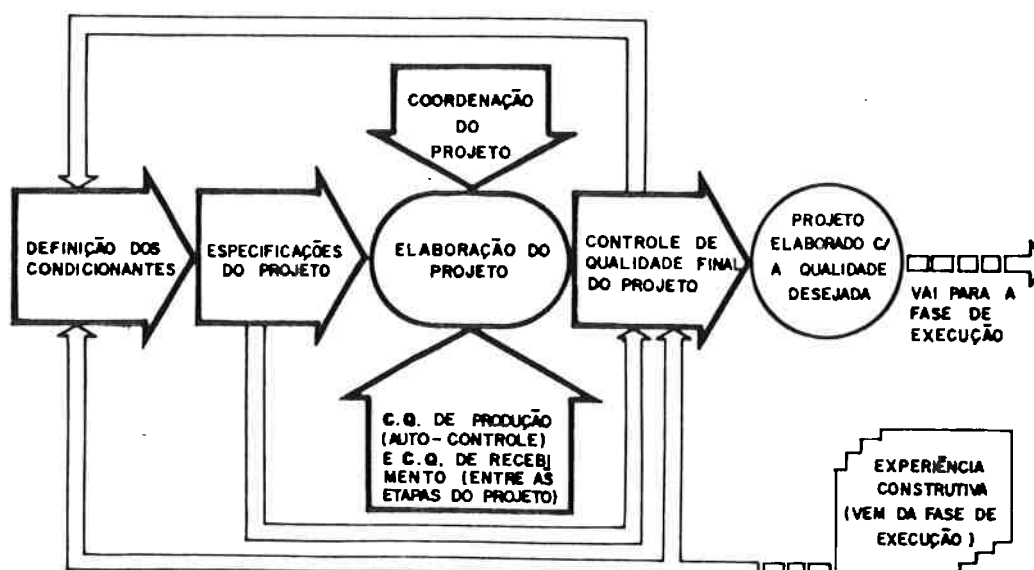
- A integração intensa entre projeto e obra, tanto no sentido da equipe de projeto dirimir eventuais dúvidas ou colaborar com alterações não previstas, como da equipe de obra contribuir com sua "experiência construtiva" durante a elaboração dos projetos para aumento da "construtibilidade" do mesmo. O trabalho de coordenação deve estender-se inclusive durante a execução do empreendimento, de forma a dar suporte a possíveis alterações a serem realizadas.

A aplicação das diretrizes acima apresentadas deve ser formulada de maneira a adaptar-se, o quanto possível, à estrutura organizacional existente na empresa, para evitar ao máximo o surgimento de resistência na sua implantação.

A implantação de um sistema de coordenação de projetos aumenta a confiabilidade do processo e diminui as incertezas em todas atividades, inclusive e principalmente aquelas relativas à fase de execução. Desta maneira é atividade fundamental para a implantação de medidas de racionalização e qualidade.

#### **4.1.2 DEFINIÇÃO DOS CONDICIONANTES DOS PROJETOS**

O claro estabelecimento dos condicionantes básicos do projeto é de fundamental importância para se atingir um resultado satisfatório na elaboração dos mesmos. Estes condicionantes são as entradas do processo de produção do projeto, assim qualquer falha no seu conteúdo irá refletir-se no



**FIGURA 4.2** Esquema da produção dos projetos.

processo como um todo. A clara definição dos requisitos iniciais associados a uma metodologia eficiente de coordenação, complementada por uma sistemática adequada de controle, conduz a uma grande possibilidade de sucesso no desenvolvimento desta atividade (ver figura 4.2).

CORNICK [1989] afirma que a qualidade só pode ser atingida dentro de um empreendimento com a perfeita definição das necessidades a serem atendidas, pois "se a qualidade é a conformidade com requisitos, uma clara definição das necessidades indica o que é factível e abre a possibilidade de se avaliar objetivamente a conformidade com estes requisitos".

Uma opinião semelhante tem GARCIA MESSEGUER [1991], acrescentando ainda que, além de criteriosamente levantados, os dados iniciais necessários à elaboração do projeto devem

ser controlados independentemente do tamanho e importância do projeto. "Trata-se de uma boa prática de engenharia que conduz a projetos mais seguros e econômicos".

Este aspecto é também destacado pela ASCE [1988] segundo a qual "o sucesso do empreendimento começa com o proprietário". Esta associação estabelece as duas maiores responsabilidades dos proprietários como sendo as de definir "requisitos e objetivos completos e realísticos para o empreendimento" e "garantir para os demais participantes o completo entendimento do papel e responsabilidades do proprietário".

Os condicionantes para a elaboração dos projetos podem ter as mais diversas origens, que vão das necessidades físicas e legais da região em que se situa o empreendimento até a expectativa do empreendedor quanto ao produto.

De maneira geral, os condicionantes físicos (localização, subsolo, área, serviços públicos, etc.) e institucionais (zoneamento, proteção de mananciais, etc.), podem ser objetivamente levantados, e sua consideração nos projetos faz parte da técnica utilizada por cada um dos especialistas envolvidos no processo. Segundo a ASCE, a qualidade inicia-se com a aplicação dos princípios técnicos e científicos da boa engenharia, satisfazendo os critérios de códigos e normas. A boa prática de projeto deve incorporar ainda: os requisitos dos proprietários; os custos incluindo aqueles de utilização; o tempo de execução; a funcionalidade; os re-



quisitos de desempenho; os requisitos da construção e os aspectos de segurança e confiabilidade.

Um aspecto fundamental no desenvolvimento dos projetos é que estes tenham coerência com a experiência construtiva da empresa. Esta experiência pode estar contida em manuais, procedimentos e normas internas da empresa e devem refletir sua forma característica de trabalhar. Para que correspondam à realidade da empresa a cada momento, deve-se criar um mecanismo de atualização destes documentos, tornando ágil a implementação de alterações, a partir da experiência obtida com a execução dos projetos. Esta sistemática possibilita o armazenamento formal da "cultura construtiva da empresa".

A averiguação das soluções e procedimentos adotados em antigos projetos e durante a fase de uso e manutenção do edifício é uma importante fonte de informações para a evolução dos processos construtivos, bem como para a constante melhoria da qualidade das construções elaboradas. Algumas empresas construtoras possuem departamentos para atendimento de reclamações dos clientes, durante os prazos de garantia da edificação. Entretanto, na maioria das vezes, estes departamentos restringem-se a resolver os problemas apresentados, não possuindo uma estrutura para analisar e organizar tais informações de forma a servirem de dados para a reformulação das soluções e técnicas construtivas.

Cabe ressaltar que a escolha prévia de um determinado processo construtivo, quer seja pela vontade do empreendedor,

quer seja pela tradição da empresa com aquele processo, ou qualquer outro motivo, leva à aplicação de outros condicionantes que devem ser somados aos anteriormente definidos. TATUM [1987] aponta a interação entre a concepção do projeto e o método construtivo como um aspecto fundamental para o incremento da construtibilidade do empreendimento, com o seu conseqüente incremento no nível de racionalização.

Assim, especificamente no caso dos processos em alvenaria estrutural, deve-se levar em consideração que estes processos possuem limitações que devem ser respeitadas para que resultem em produtos de elevada qualidade e eficiência. Estas limitações estão ligadas ao atual estágio de desenvolvimento tecnológico destes processos construtivos no país. O constante desenvolvimento de tecnologia permite que estes processos ampliem seus campos de atuação, tornando-os aplicáveis em um maior número de situações.

As limitações decorrentes da escolha dos processos construtivos em alvenaria estrutural devem ser respeitadas rigorosamente, pois caso isto não ocorra, pode-se anular todas as vantagens proporcionadas por tais processos. Alguns destes condicionantes são apresentados como diretrizes no item 4.2.

Para que possam ser eficientemente repassados aos diversos projetistas e controlados durante as fases de elaboração do projeto, os condicionantes impostos pela cultura da empresa

e pelo processo construtivo, devem estar contidos nas especificações do projeto (ver 4.1.3).

Os objetivos e expectativas do empreendedor em relação ao resultado do empreendimento, diferentemente dos demais condicionantes, não são muitas vezes apresentados de forma clara. Segundo a ASCE [1988] "a chave para se preencher os objetivos e expectativas é conhecer o que elas são. Os objetivos são mais facilmente entendidos e quantificados. Por outro lado, expectativas, embora muito importantes para o proprietário, podem ser abstratas e de difícil entendimento". Muitos autores tratam deste assunto.

GARCIA MESSEGUER [1991] ressalta que "as vezes, o proprietário não sabe exatamente o que quer ou está equivocado com respeito ao que realmente necessita. Outras vezes as exigências dos proprietários são contra as leis da física".

PENA e CAUDILL [s.d.] apontam o atendimento às necessidades dos proprietários como um dos principais fatores para se obter sucesso na elaboração do projeto. Em suas palavras "torne seu cliente parte da equipe de projeto e colha os benefícios da interação do grupo". Cabe portanto aos participantes dos projetos e em especial ao coordenador do mesmo, a definição prévia destes objetivos e expectativas.

A este respeito, MOTTEU e CNUDE [1989] afirmam que "um bom programa de necessidades constitui-se na condição básica para a qualidade da construção". Ressaltam que é a partir

deste programa que podem ser conhecidas as necessidades dos clientes. Para os demais produtos industriais, a partir de uma necessidade do consumidor existe uma série de produtos acabados para a escolha. Na construção civil isto não ocorre, tornando muito mais importante a detecção das reais necessidades dos empreendedores.

WALKER [1984] também considera a assimilação dos objetivos dos clientes como o aspecto mais importante de qualquer empreendimento. O cliente normalmente está preocupado com três diferentes áreas: o preço, qualidade e tempo. Estes fatores podem ser conflitantes e a decisão sobre o peso a dar a cada um deles cabe ao cliente. Isto deve ser estabelecido claramente para que se possa chegar com sucesso ao final do empreendimento. "O cliente deve ser envolvido com a equipe do empreendimento a partir dos estágios iniciais, o quanto antes possível para trazer de forma organizada e controlada as suas necessidades".

Os objetivos do empreendedor podem parecer muito gerais, do ponto de vista do projetista, tais como construir "com qualidade" ou "construir dentro de determinado custo". Neste caso, estes deverão ser traduzidos por metas e recomendações cuja quantificação e qualificação irão balizar o desenvolvimento das atividades do projeto. Segundo a ASCE [1988] os proprietários usualmente definem os seus objetivos como " Eu quero um bom trabalho, no prazo e dentro do orçamento". Esclarece ainda que estes objetivos podem ser alcançados se:

- A definição de "bom trabalho" é comunicada e completamente entendida entre os membros da equipe de projeto;
- O orçamento e a programação do proprietário são realísticos;
- Todos os participantes do empreendimento conhecem as suas funções.

Assim, a primeira tarefa a ser executada é quantificar objetivamente tais parâmetros, como quantidades de pavimentos, blocos, quantidades de dormitórios, padrão esperado para o produto final, etc. Todos estes condicionantes são de fundamental importância para todas as decisões de projeto, desde as mais elementares até aquelas mais fundamentais, como a escolha do processo construtivo para a execução do empreendimento. É função da coordenação de projeto orientar o empreendedor na definição destes condicionantes.

#### **4.1.3 ESPECIFICAÇÃO E CONTROLE DOS PROJETOS**

O processo de elaboração do projeto deve ser controlado durante cada uma de suas fases (controle de execução), bem como ao final de cada etapa (controle de recebimento), inclusive ao final do processo. Segundo GARCIA MESSEGUER [1991] "na sua variante mais completa, o controle de projeto inclui o controle de produção (através de um auto-controle interno além de um controle interno independente) e um controle de recebimento (a cargo da autoridade pública

ou de uma organização contratada pelo proprietário)". Este controle tem como objetivo garantir a qualidade do projeto, assegurando sua compatibilidade com os condicionantes e expectativas determinadas para o empreendimento. A garantia da qualidade do projeto repercutirá na qualidade do empreendimento como um todo.

A necessidade de controle da qualidade também é destacada por MAFFEI [1989], afirmando que "a experiência tem demonstrado que o efetivo controle da qualidade tem sido o principal fator de sucesso para o projeto".

O controle da qualidade pressupõe a comparação do estado atual ou final do processo com um padrão pré-estabelecido, para que, caso ocorram divergências entre estes, sejam tomadas medidas em tempo hábil e os desvios sejam prontamente corrigidos. Assim, o controle da qualidade do projeto dita a necessidade de serem estabelecidas especificações que servirão de padrões segundo os quais a qualidade dos projetos será controlada. Segundo MAFFEI [1989] o controle da qualidade inclui: definição do critério de desempenho, os objetivos do projeto em termos de padrões de qualidade e o controle com base nestes padrões. Ressalta ainda que "a necessidade de definição de um critério de desempenho é em geral ignorada na prática".

As especificações do projeto devem conter todas as informações necessárias, para que se oriente a execução de um projeto que atenda as expectativas para a produção de um

edifício, com o desempenho e qualidade esperadas. Estas especificações devem conter informações de diferentes naturezas, tais como: a forma de apresentação dos projetos, as restrições físicas (que podem ser expressas em forma de índices como, áreas comuns sobre área útil, número de pilares por  $m^2$  de construção,  $m^2$  de fachada por  $m^2$  de construção, etc.), tipos de materiais, métodos e normas utilizadas para a elaboração dos projetos inclusive os procedimentos e normas particulares de cada empresa. Alguns exemplos de especificações de projeto podem ser encontrados nas empresas do setor público, tais como a CONESP que publicou alguns manuais de especificação para a execução de projetos das escolas públicas [CONESP, 1986 e 1988].

O controle de qualidade do projeto não é ainda uma prática comum no Brasil. Muitos dos profissionais e empresas projetistas não possuem ainda estabelecidas estruturas internas de controle. Muitos projetistas, por sua vez, ainda consideram a atividade de controle como uma intromissão indevida, que restringe o seu trabalho criativo.

Desta forma, pode-se encontrar uma grande resistência dos profissionais a se submeterem às especificações e ao controle do empreendedor ou proprietário. Existe também, de maneira geral, uma resistência muito grande para execução de alterações no projeto final, caso a necessidade destas seja detectada pelo controle de recebimento, exercido pelo empreendedor ou seu representante.

A resistência para a implantação de uma sistemática de controle da qualidade do projeto é também identificada por GARCIA MESSEGUER [1991] em duas fases: "A primeira é de oposição à idéia por parte dos técnicos do escritório, os quais identificam o conceito de controle da qualidade como uma desconfiança pelo seu trabalho e um menosprezo por suas capacidades. Surgem tensões psicológicas e críticas do tipo 'eu sei mais que o controlador', 'isto é mais trabalho para nada', etc. Superada esta etapa, ocorre a segunda fase, de aceitação crescente, ao compreender que o sistema aumenta a segurança e a qualidade dos produtos que o escritório oferece".

O controle de execução do projeto deve ser exercido pelo próprio especialista que, na medida em que o trabalho evolui, deve controlá-lo, comparando-o com os condicionantes estabelecidos, as especificações do projeto, bem como os procedimentos da boa técnica construtiva.

O controle de recebimento, por sua vez, deve ser exercido pelo coordenador do projeto ao final de cada etapa intermediária desta fase. O coordenador do projeto representa a figura do empreendedor e também deve comparar o resultado de cada etapa com aquilo que era esperado. Nesta tarefa, quando for necessário, poderá contar com o trabalho de consultores especializados.

Para a implantação de uma metodologia de controle de projeto é fundamental que exista um acordo prévio entre todos



os envolvidos, tornando claras as exigências estabelecidas pelas especificações de projeto. Estas especificações devem estar contidas nos contratos de forma precisa e objetiva. A ASCE [1988] esclarece que "para salvaguardar os interesses tanto do proprietário como dos projetistas e para o completo sucesso do empreendimento com qualidade, é imperativo que o projetista e o proprietário tenham um claro entendimento e concordem, por escrito, com os deveres e responsabilidades de cada parte". Segundo GARCIA MESSEGUER [1991] "ao contratar o projetista, devem ficar claramente estabelecidas as condições de preço, prazo e nível dos estudos, para que não surjam, como tantas vezes acontecem, problemas do tipo:

- Reclamações do proprietário devido a um projeto menos completo do que se esperava;
- Reclamações do projetista pela exigência de um trabalho mais detalhado do que o combinado com o proprietário;
- Reclamações do construtor devido a atrasos na entrega de projetos ou em dar a resposta a questões propostas por ele ao projetista; etc."

Deve-se alertar também, que à expectativa por uma maior qualidade do projeto deve corresponder uma maior remuneração destes profissionais, pela elaboração de um produto diferenciado. Este aspecto é também contemplado por GARCIA MESSEGUER [1991] quando afirma que "o promotor ou proprie-

tário não deveria negociar nunca as condições de preço e prazo na fase de projeto. Um bom projeto é a melhor garantia para o seu negócio".

Este mesmo autor é de opinião que um controle de qualidade de projeto efetivo pode representar um acréscimo de custos do projeto; porém, recomenda esta prática, pois "o custo correspondente fica sempre compensado com o aumento da qualidade e redução do custo, pela eliminação de problemas posteriores". Neste sentido, a ASCE [1988] alerta que deve-se iniciar a fase de projeto com uma atitude de procura da otimização e desempenho deste projeto, ao invés de uma possível diminuição de custos do mesmo. "Pode-se esperar o fracasso do empreendimento se o menor custo de projeto é o princípio para a seleção do projetista". Assim, mesmo que se tenha por um lado um acréscimo nos custos de projeto, por outro estes serão compensados pela diminuição dos custos de execução do empreendimento.

Deve ficar claro a todos os profissionais envolvidos no empreendimento que o controle da qualidade do projeto não tem por objetivo "policiar" as diversas atividades, mas servir a todos os participantes do empreendimento, pois o sucesso do mesmo irá refletir-se em benefícios individuais para cada um. Conforme destaca a ASCE [1988] "numa equipe de projeto orientada para a qualidade, cada membro desenvolve as suas obrigações e coopera com os demais elementos. As relações entre os participantes são de ajuda e não de divisão ou motivadas por interesses pessoais. O objetivo mú-

tuo deve ser o sucesso do empreendimento que incorpora os requisitos do proprietário e cada elemento deve trabalhar intensamente para estes objetivos. Cada um se beneficia quando o empreendimento tem sucesso".

A garantia da qualidade do projeto é fundamental para que possam ser implantadas com sucesso e mantidas ao longo do tempo as medidas de racionalização, que se baseiam na observação dos pré-requisitos definidos pelos próprios condicionantes do projeto.

#### **4.2 DIRETRIZES PARA O DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL NÃO ARMADA**

Os processos construtivos em alvenaria estrutural caracterizam-se pelo fato de as paredes estruturais desempenharem tanto as funções da estrutura do edifício como as de vedação. Embora um maior número de pesquisas estejam voltadas ao comportamento estrutural dos edifícios, o atendimento aos requisitos da função vedação são igualmente importantes para que se obtenha uma edificação com a qualidade esperada.

No processo tradicional de construção, a estrutura reticulada é separada da vedação. Nestes processos, estes subsistemas são geralmente tratados por profissionais e até por empresas diferentes. Nos processos em alvenaria estrutural

a integração entre as funções estrutura e vedação deve ser íntima e acompanhar todo o desenvolvimento do projeto.

A preocupação com a integração entre os aspectos estéticos, funcionais, de desempenho e estruturais pode ser encontrada em alguns artigos publicados já no primeiro Simpósio Internacional sobre alvenaria estrutural [JOHNSON, 1969], considerado como um marco na divulgação dos princípios científicos e tecnológicos destes processos construtivos. Neles é ressaltada a importância do assunto.

Se por um lado o projeto arquitetônico é restringido pelos condicionantes ligados a todos os demais projetos, por outro, ele é o projeto que estabelece o partido geral do edifício, e assim condiciona o desenvolvimento de todos os demais. Por este motivo, o sucesso do empreendimento dependerá da cuidadosa elaboração do projeto arquitetônico que influenciará todos os outros projetos. Caso o partido arquitetônico não seja adequado, será muito difícil compensá-lo, através de medidas tomadas nos outros projetos ou fases do empreendimento.

#### **4.2.1 ARRANJO ARQUITETÔNICO**

A importância da interação entre as funções ligadas à arquitetura e as ligadas aos demais subsistemas nos edifícios em alvenaria estrutural é mostrado por MIKLUCHIN [1969], que define um novo termo "a morfotetônica" ("morphotectonics") como a arte ou ciência que busca a in-

tegração entre as formas estruturais e arquitetônicas, influenciada pelos aspectos físicos dos materiais, métodos construtivos e pela expressão estética, de resistência e estabilidade inerentes a estas formas. Já naquela época, ele considerava esta, uma maneira de melhorar os edifícios, contrapondo-se com a situação existente na qual muitos projetistas tratavam o problema do projeto arquitetônico como eminentemente estético. "Na realidade é um problema orgânico e primordialmente ligado aos materiais e tecnologias construtivas".

Embora a definição do partido arquitetônico dos edifícios em alvenaria estrutural seja fortemente influenciada pelos condicionantes impostos pelo sistema estrutural, no mundo todo, estes condicionantes vêm se tornando cada vez menos restritivos. As pesquisas desenvolvidas nos diversos países estão propiciando que estes processos construtivos sejam utilizados em situações cada vez mais diversificadas.

Assim, até desafios que pareciam intransponíveis, como por exemplo a construção de edifícios com paredes sem travamentos transversais, ou muros de arrimo de alvenaria que suportam grande cargas horizontais vêm sendo enfrentado com a aplicação de modernas técnicas, como as da alvenaria armada e alvenaria protendida.

A preocupação em definir as limitações da alvenaria estrutural pode ser encontrada nos primeiros trabalhos técnicos sobre o assunto. STOCKBRIDGE e HENDRY [1969] afirmam que

"para o uso eficiente da alvenaria, os pavimentos devem ser divididos num número relativamente grande de cômodos de pequenas e médias dimensões, repetindo-se o mesmo arranjo por todos os pavimentos. Adicionalmente, tanto as paredes internas como as paredes externas devem ser orientadas para prover estabilidade lateral em todas as direções do edifício".

No Brasil ainda existem restrições bastante acentuadas, impostas pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico dos processos em alvenaria estrutural. Apesar disso, na nossa opinião, não se compreendeu todo o verdadeiro potencial dos diferentes modos de utilização da alvenaria estrutural no país.

As restrições estruturais que na atualidade são usualmente impostas ao projeto arquitetônico são:

- O número de pavimentos possíveis de serem alcançados com os materiais disponíveis no mercado;
- O arranjo espacial das paredes e a necessidade de amarração entre os elementos;
- As limitações quanto a existência de transição para estruturas em "pilotis" no térreo ou sub-solos;
- A impossibilidade da remoção das paredes.

Estas limitações podem ser atenuadas, ou contornadas no projeto, se forem adequadamente tratadas.

A limitação quanto ao número de pavimentos é comandada em uma primeira instância pela capacidade resistente das paredes de alvenaria que compõe o edifício. No País é consagrado o emprego deste processo construtivo para edifícios de até cinco pavimentos, sem elevadores. O desenvolvimento tecnológico tem levado, entretanto a construções com maior altura. Também não são freqüentes os edifícios de alvenaria armada com alturas superiores a 5 pavimentos, embora existam exemplos de edifícios construídos no Brasil de até 22 pavimentos.

O partido arquitetônico deve procurar um equilíbrio, na distribuição das paredes resistentes por toda a área da planta. Caso contrário, os carregamentos podem concentrar-se em uma determinada região do edifício. As paredes desta região atingirão seu limite resistente bem antes do restante das paredes. Isto pode implicar na necessidade de blocos de maior resistência, ou da utilização de outros recursos como o grauteamento de paredes moldadas com blocos vazados, que têm implicações negativas no custo e na construtibilidade.

Outro condicionante que deve ser contemplado pelo partido arquitetônico é a rigidez às cargas horizontais. O projetista da arquitetura deve estar atento para que se disponham as paredes estruturais de tal forma a obter estabilidade do edifício em todas as direções. Também importante no arranjo estrutural é a procura por plantas simétricas, que evitem o surgimento de tensões de torção quando se consi-

dera a estabilidade global dos edifícios à esforços laterais.

Na maioria dos casos dos edifícios habitacionais, o arranjo arquitetônico não é crítico e permite uma razoável distribuição das paredes tanto em relação ao espaço quanto em relação às direções necessárias para prover resistência e estabilidade ao edifício.

Outra dificuldade apresentada, a de se dimensionar as transições entre as estruturas de alvenaria e as estruturas reticuladas, restringiu a utilização da alvenaria estrutural nos edifícios de padrão mais elevado. Em tais empreendimentos, necessita-se de áreas comuns nos pavimentos térreos e subsolos, com vãos mais abertos que os empregados nos pavimentos tipos. Nestes casos, é comum utilizar-se uma estrutura reticulada convencional de concreto armado naqueles pavimentos. Este tipo de transição muitas vezes é concebida como uma estrutura muito pesada, que onera e inviabiliza o uso da alvenaria estrutural nos empreendimentos.

O problema da impossibilidade de remoções de paredes, que limita a flexibilidade funcional dos ambientes, pode também ser satisfatoriamente resolvido, se algumas poucas e determinadas paredes forem previamente classificadas como possíveis de serem eliminadas.

Estas e as outras restrições impostas ao uso da alvenaria estrutural podem ser adequadamente equacionadas e resolvi-



das para uma grande variedade de tipos de empreendimento. Para isso, entretanto, é necessária uma intensa integração entre o trabalho dos projetistas da arquitetura e da estrutura, pois muitos efeitos estruturais, como a distribuição de esforços entre os painéis de parede e o efeito arco (ver item 4.2.3) dependem da definição de detalhes arquitetônicos, tais como a efetiva amarração entre os elementos das paredes, ou ainda, o posicionamento de aberturas em pontos que diminuam as concentrações de tensões nas transições.

Embora muitas das questões acima possam parecer distantes das preocupações do arquiteto quanto a seu trabalho, é fundamental para um bom resultado final que este profissional tenha um claro entendimento dos princípios do funcionamento estrutural dos edifícios em alvenaria. HALL e FLETCHER [1990] fazem diversas recomendações para o incremento da qualidade dos projetos, dentre as quais, a necessidade de entendimento por parte dos arquitetos da tecnologia construtiva e das vantagens e limitações dos materiais. Este fato é destacado por MIKLUCHIN [1969], que considera o projetista criativo aquele que consegue explorar as características dos materiais e dos métodos construtivos.

HENDRY et al. [1987] alertam que o arranjo arquitetônico deve ser estabelecido a partir da colaboração de engenheiros e arquitetos, para que se respeite tanto as condições funcionais como os demais condicionantes técnicos.

CURTIN et al. [1982] também ressaltam a necessidade de coordenação entre o trabalho dos engenheiros e arquitetos, pois a distribuição de tensões depende em grande parte do arranjo arquitetônico.

O arquiteto deverá estar atento também a requisitos impostos pelos demais projetos e pelos detalhes de racionalização construtiva.

Um outro ponto crítico quanto ao partido arquitetônico é o seu relacionamento com as instalações do edifício. A principal dificuldade resulta da impossibilidade de se "rasgar" as paredes estruturais para o embutimento das instalações. Assim, alguma alternativa deve ser utilizada, como:

- O emprego das tubulações aparentes: neste caso, praticamente passa a não existir interferência entre os dois sistemas;
- A passagem por blocos especiais ou blocos vazados: esta solução está restrita aos processos que possuem tais blocos, que apresentam uma limitação quanto ao diâmetro máximo para o embutimento;
- A utilização de paredes não estruturais e aberturas de passagens tipo "shafts" para o encaminhamento das tubulações.

As duas últimas opções são as técnicas mais comumente empregadas. Estas soluções impõem restrições às definições

arquitetônicas: a necessidade de utilização de blocos vazados limita a escolha dos componentes; e no outro caso, o partido arquitetônico deverá privilegiar a concentração dos ambientes que se utilizam das instalações hidráulicas, procurando concentrar estas num único ou em poucos elementos.

O partido arquitetônico deve também levar em consideração os condicionantes impostos pela utilização de detalhes construtivos que visam a otimização do processo. Assim, por exemplo, deve-se pensar nos requisitos necessários da arquitetura para permitir a utilização de elementos pré-moldados.

As questões levantadas acima mostram quão importante é o projeto arquitetônico, pois além dos requisitos que normalmente deve contemplar, como qualidade estética e funcionalidade, este deve incorporar também uma visão global do edifício. Assim, o profissional encarregado desta tarefa deve compreender o funcionamento dos principais sistemas do edifício. Esta visão global pode ser reforçada pelo envolvimento dos projetistas de todos os demais subsistemas já nas fases iniciais dos estudos arquitetônicos. Neste caso, a definição do partido arquitetônico deve ser encaminhada e criticada por todos os projetistas de forma a se desenvolver um projeto coordenado entre todos. Esta é uma prática muito recomendável.

#### 4.2.2 COORDENAÇÃO DIMENSIONAL

A facilidade com que se implanta a coordenação modular nos edifícios em alvenaria estrutural é um dos principais motivos que tornam o processo favorável à implantação de medidas de racionalização. Neste caso, a coordenação modular está baseada no componente bloco que compõe todas as paredes estruturais. A partir da definição das dimensões modulares deste componente, pode-se criar todo um sistema de coordenação dimensional.

Esta prática tem reflexos em praticamente todas as fases do empreendimento pois, se por um lado permite a introdução de procedimentos padronizados na execução e aumenta a precisão com que se produz a obra, facilitando a introdução de técnicas que exigem maior precisão, por outro agiliza a execução do projeto, já que possibilita a criação de métodos de execução e a padronização de detalhes.

Dentre as vantagens proporcionadas pela adoção da coordenação dimensional, podem ser citadas as seguintes:

- Simplificação da atividade de elaboração do projeto;
- Padronização dos materiais e componentes;
- Possibilidade de normalização, tipificação, substituição e composição entre os componentes padronizados;

- Diminuição dos problemas de interface entre os componentes, elementos e subsistemas;
- Facilidade na utilização de técnicas pré-definidas, facilitando inclusive o controle da produção;
- Redução dos desperdícios com adaptações;
- Maior precisão dimensional;
- Diminuição de erros da mão-de-obra, com o consequente aumento da qualidade e produtividade.

A coordenação dimensional reflete-se também, como fator positivo, na fabricação dos componentes utilizados nos edifícios em alvenaria estrutural. Esta padronização engloba tanto os tijolos ou blocos, como os demais componentes e elementos do processo, como por exemplo aduelas, portas, janelas, escadas, vergas e contravergas pré-moldadas, etc. Assim, a coordenação modular permite a racionalização na etapa de produção de tais componentes, que irá resultar numa redução dos custos e no aumento da qualidade destes produtos.

Apesar desta diretriz ser básica para a racionalização dos processos, ainda se observa no exercício profissional situações completamente contrárias a ela, quando por exemplo se procura "adaptar" um projeto arquitetônico a um processo em alvenaria estrutural, mesmo que este tenha sido desenvolvido sem base na modulação deste processo. Procedimentos desta natureza levam a constantes problemas, que podem anu-

lar a maioria das vantagens potencialmente oferecidas pelo processo.

#### 4.2.2.1 MODULAÇÃO

A modulação é base do sistema de coordenação dimensional utilizado nos edifícios em alvenaria estrutural. O arquiteto, desde a elaboração dos primeiros traços que irão definir o partido arquitetônico, deverá trabalhar sobre uma malha modular, cujas medidas são baseadas no tipo de componente utilizado na alvenaria.

Este procedimento é destacado por BEALL [1987], segundo a qual "o projetista de edifícios em alvenaria deve levar em consideração as dimensões dos componentes utilizados. O comprimento e altura das paredes, bem como a locação de aberturas e intersecções afetam significativamente tanto a velocidade da construção, como o resultado do trabalho final". A importância em se respeitar as dimensões dos componentes é também destacada por MIKLUCHIN [1969], segundo o qual "nas estruturas em alvenaria, as propriedades físicas e as características geométricas das unidades impõem requisitos na forma final dos edifícios".

Os blocos produzidos nos Brasil e empregados na alvenaria estrutural, cujas dimensões são apresentadas na tabela 4.1 permitem três diferentes dimensões para a malha modular planimétrica:

- Malha de 40 cm de lado, utilizada inicialmente na modulação dos blocos de concreto. Esta modulação origina-se dos blocos fabricados nos Estados Unidos;
- Malha de 25 cm de lado, utilizada inicialmente na modulação de blocos sílico-calcários. Esta modulação é originária da Alemanha, baseada nas normas utilizadas naquele país para especificar este tipo de bloco;
- Malha de 30 cm de lado.

**TABELA 4.1** Medida coordenada dos componentes utilizados na alvenaria estrutural no Brasil (dimensão + espessura da junta + folga).

TIPO DE BLOCO	MEDIDA COORDENADA (mm)		
	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA
CONCRETO	400	200	200
	400	150	200
	400	100	200
	300	150	200
CERÂMICO	400	200	200
	400	150	200
	300	150	200
	300	150	150
	300	100	150
	250	125	125
	250	125	75
SÍLICO-CALCÁRIO	400	200	200
	400	150	200
	250	175	125
	250	150	125
	250	125	125
	250	125	75

Embora cada modulação tenha como origem um bloco fabricado com um determinado material, acabou sendo imitada por componentes de outra natureza. Assim, a modulação dos blocos sílico calcários foi utilizada pelas indústrias cerâmicas, que começaram a produzir blocos de dimensões semelhantes. O

mesmo aconteceu com os blocos sílico-calcários cuja produção estendeu-se às dimensões características do bloco de concreto.

Para que se possa empregar uma malha modular coerentemente nas duas direções planimétricas, é necessário que os componentes tenham uma relação entre seu comprimento e largura que permita a amarração nos cantos da alvenaria.

Normalmente os componentes que possuem esta característica permitem a amarração de "meio bloco" e respeitam a seguinte relação:

$$C = 2.l + e_v$$

onde:

C é o comprimento nominal do bloco;

l é a largura nominal do bloco;

$e_v$  é a espessura da junta vertical.

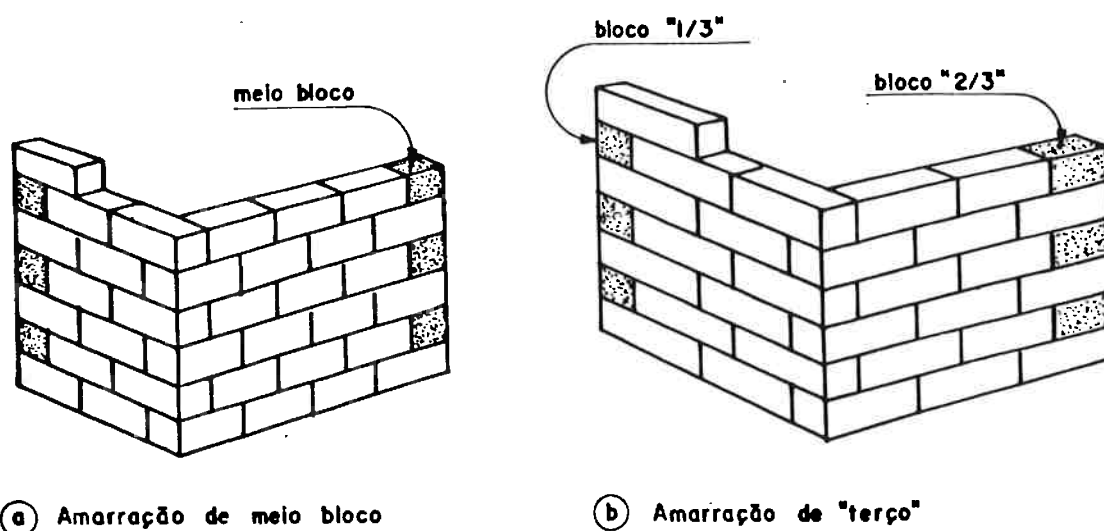
Estes componentes possibilitam a amarração no canto entre dois painéis de parede transversais unicamente alternando-se um bloco de cada painel a cada fiada (ver figura 4.3.a) e permitem a coordenação modular completa entre os elementos de parede. Assim, desde que o partido arquitetônico empregado siga a malha modular, pode-se facilmente produzir o projeto de modulação.



Outras alternativas podem ser utilizadas, entretanto estas só são viáveis com a utilização de componentes que não são normalmente comercializados. Como exemplo, pode ser citada a amarração "de terço", ou seja, a amarração na qual os componentes guardam entre si a seguinte relação:

$$C = 3.l + 2.e_v$$

Este tipo de componente apresenta como vantagem em relação ao anterior a possibilidade de amarração não só nas paredes em cantos, mas também nas configurações em "X" e em "T". Necessita-se neste caso, entretanto, de dois componentes auxiliares para completar todas as situações da malha modular. Enquanto que no primeiro caso (amarração "de meio"), são necessários apenas "meios-blocos" para se completar todas as situações da malha modular, no caso da amarração "de



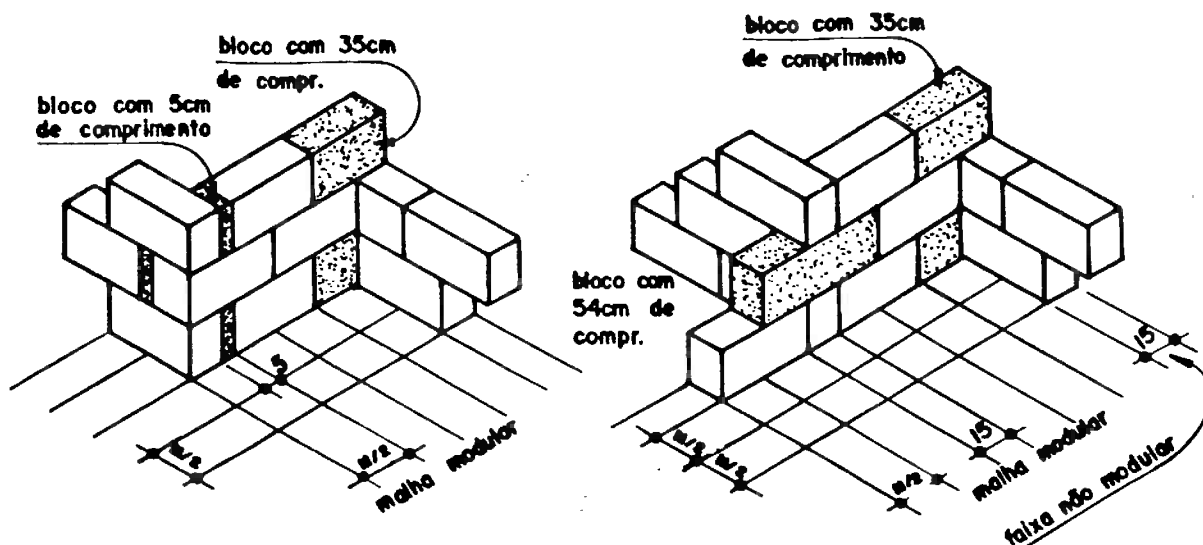
**FIGURA 4.3** Amarração entre painéis de alvenaria: (a) amarração de canto de "meio bloco"; (b) amarração "de terço".

terço" são necessários os blocos "2/3" e "1/3" (ver figura 4.3.b).

Cabe ressaltar, que os blocos de concreto, que atualmente são os mais utilizados nos edifícios em alvenaria estrutural no país, possuem dimensões coordenadas de 150 x 400 mm. Estas dimensões representam uma adaptação dos blocos comumente utilizados nos Estados Unidos para a espessura de 150 mm. Embora exista naquele país blocos com medida nominal de 150 x 200 x 400 mm (6" x 8" x 16") estes componentes não são correntemente utilizados. Como registra BEALL [1987] "as dimensões do bloco de concreto básico derivam da relação modular utilizada para os tijolos cerâmicos. O bloco com dimensões nominais de 200 x 200 x 400 mm (8" x 8" x 16") é equivalente a dois tijolos em comprimento e largura e a três em altura".

A utilização de blocos de 150 x 400 mm não permite a utilização de uma malha modular planimétrica de 200 mm de lado, nem de 150 mm. Assim, impede que a modulação siga um padrão pré-estabelecido e dificulta a amarração entre os elementos.

Nestes casos podem ser empregados alguns blocos especiais para "ajustar" estes componentes a uma malha modular de 200 mm de lado. Estes componentes são blocos com dimensões coordenadas de 50 e 350 mm no comprimento. Na figura 4.4 são apresentadas algumas situações nas quais tais componentes são utilizados. Este "ajuste" traz algumas vantagens



**FIGURA 4.4** Componentes especiais para "adaptação" de blocos de 150 x 200 x 400 mm a uma malha modular de 200 mm de lado.

permitindo a efetiva amarração das paredes por transpasse de "meios-blocos", evitando-se os outros procedimentos que demandam mais trabalho.

Esta adaptação, entretanto, se apresenta na maioria das vezes como uma solução provisória, pois os projetos utilizando os blocos com 400 x 150 mm não são, em geral, concebidos para utilização de tais componentes especiais. Assim, para a definição do projeto de modulação ocorrem ainda várias situações não previstas, como o surgimento de faixas "não modulares". Estas demandam uma análise particularizada para cada caso, não permitindo a padronização dos detalhes tanto no projeto como na execução. A execução deste tipo de amarração mostra-se menos "automática" quando comparada com sistemas realmente modulares, pois os operários demoram um

maior tempo para se acostumar e assimilar os diferentes tipos de detalhes.

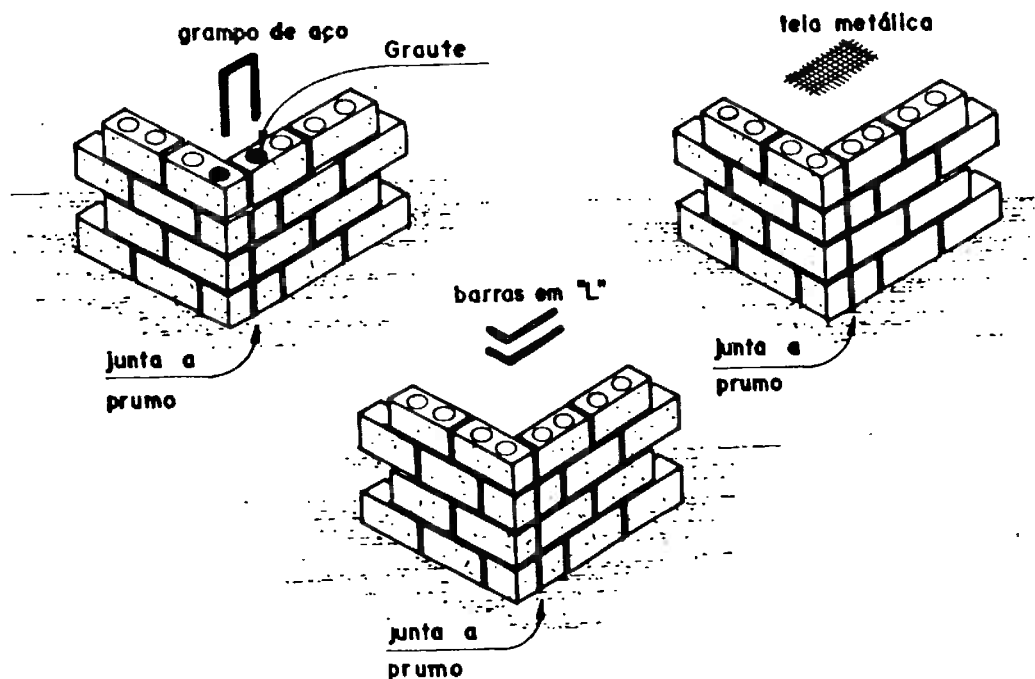
A amarração entre os painéis de parede é um detalhe para o qual não se costuma dar muita atenção nos projetos dos edifícios convencionais. Deve-se lembrar, entretanto, que na alvenaria estrutural as paredes desempenham o papel de principal elemento estrutural do edifício.

Neste caso, a amarração entre os painéis de parede adquire uma importância fundamental para que se aproveite plenamente a capacidade estrutural destes elementos. Este fato é ressaltado por CURTIN et al. [1982] afirmando que "os travamentos das paredes, as ligações, apoios e conexões são mais críticos que muitos engenheiros e arquitetos podem entender e, nas estruturas de alvenaria em particular, estes elementos podem tornar-se aqueles que determinam a vida do edifício".

Estruturalmente, a efetiva amarração entre os elementos de paredes é condição necessária para que se possa utilizar no cálculo procedimento que melhoram a modelagem do funcionamento da alvenaria. Entre estes, têm-se o "efeito arco" nas paredes apoiadas sobre vigas, que é fundamental para permitir a concepção de estruturas de transição e fundação econômicas, bem como o "efeito de uniformização de esforços" entre os painéis, pelo qual se dá o melhor aproveitamento da capacidade resistente das paredes. Esta amarração contribui ainda para o efeito de estabilidade global dos edi-

fícios, tomando parte na transmissão dos esforços horizontais.

Quando não existe a possibilidade de se realizar a amarração, através da simples interposição dos blocos, outras medidas com esta finalidade podem ser tomadas. Algumas destas possibilidades como a colocação de reforços metálicos, seguidos ou não de grauteamento (no caso de componentes vazados), estão apresentadas na figura 4.5. Estes procedimentos mostram-se prejudiciais à ordenação do trabalho em campo, pois para a sua execução interrompe-se o assentamento da alvenaria. Além disso, a confiabilidade no funcionamento destas soluções fica diretamente dependente da ma-



**FIGURA 4.5** Alternativas para a amarração de paredes sem a interposição de blocos.

neira como o detalhe foi executado.

A coordenação dimensional, além de planimétrica, deve também ser altimétrica. A altura dos componentes deve guardar uma coerência dimensional com o processo como um todo. Como a amarração entre painéis de parede se dá no plano horizontal, a altura do componente pouco influi neste detalhe construtivo. Isto abre a possibilidade de se escolher a altura dos blocos a partir da compatibilidade com outros componentes, como por exemplo portas ou janelas, ou ainda a partir da necessidade de atendimento de requisitos como as posturas municipais quanto ao pé direito dos edifícios ou o peso total e a área de parede produzida correspondente a cada bloco, entre outros.

Além de permitir a coerência dimensional entre os componentes das paredes, a adoção da modulação permite a coordenação dimensional com os demais elementos e subsistemas da edificação, possibilitando a adoção de vários procedimentos que incrementam o grau de racionalização do processo (ver item 4.2.2.2).

Não só os requisitos impostos pela coordenação modular devem ser atendidos pelos componentes de alvenaria. É importante que estes componentes propiciem às paredes moldadas com eles a capacidade de atender aos requisitos de desempenho impostos nas situações de utilização. Também devem ser atendidos os requisitos que dizem respeito a disposições construtivas, que buscam aumentar a eficiência do trabalho

e racionalizar as atividades. Dentre outros, podem ser citados os seguintes requisitos destes componentes:

- Devem possuir um peso compatível com a atividade de assentamento; deve existir uma relação de compromisso entre as dimensões dos componentes e seu peso, de forma que se utilize o menor número de componentes possíveis por metro quadrado da alvenaria, e ao mesmo tempo possua um peso que propicie a manutenção das atividades do operário sem que ele chegue à exaustão, o que diminuiria a produtividade do serviço;
- Devem possuir um formato que permita o agarre pela mão do operário, e possibilite a manutenção da posição durante a operação de assentamento;
- Devem possuir áreas para a colocação da argamassa de maneira compatível com a técnica utilizada na operação de assentamento;
- Devem ser compatíveis com as demais medidas de racionalização, tais como o embutimento de instalações.

#### 4.2.2.2 COORDENAÇÃO COM OS DEMAIS COMPONENTES E SUBSISTEMAS

Além de permitir que as paredes tenham coerência dimensional entre si, o componente da alvenaria deve ser compatível com os demais componentes da construção. Esta coerência dimensional é pré-requisito para o possível emprego de muitos procedimentos racionalizados.

Deve-se dar atenção a todos os subsistemas do edifício, porém, as situações críticas apresentam-se para o caso daqueles que possuem uma interface comum com as paredes. A modulação adotada deve permitir uma flexibilidade no tamanho dos vãos deixados nas paredes, de forma que estes vãos sejam compatíveis com aqueles componentes. Deve-se levar em consideração o processo de assentamento de tais componentes e as folgas e precisões a serem obedecidas para a colocação dos mesmos. Entre outros subsistemas ressalta-se a necessidade de coordenação com: esquadrias, demais elementos estruturais e revestimentos.

A definição da modulação altimétrica e planimétrica é essencial para o estabelecimento de detalhes e procedimentos otimizados para a colocação das esquadrias. Para o caso das janelas, a situação é menos crítica, uma vez que se podem encontrar no mercado componentes que se ajustam aos três tipos de modulação citados anteriormente. Neste caso, a principal preocupação do projetista é a de escolher o com-



ponente adequado, considerando a possibilidade de obedecer às precisões e folgas necessárias durante o assentamento.

Se, por um lado, as janelas permitem uma certa flexibilidade, no caso das portas o mesmo não acontece. As folhas de porta geralmente encontradas no mercado possuem larguras que variam de 60 a 90 cm e de 62 a 92 cm com incrementos de 10 cm, e de altura 211 cm . Isto faz com que se tenham poucas alternativas na definição dos vãos modulares a serem deixados nas paredes para estes componentes. Pode-se ter alguma flexibilidade, utilizando-se aduelas de espessuras variáveis, ou ainda, aduelas metálicas envolventes, que permitem alguns ajustes. O projetista em todos os casos deve estar atento a estas dimensões, e projetar os vãos de maneira a permitir a colocação destas peças de forma racionalizada, evitando a utilização de rasgos e enchimentos, muito comuns nestes serviços.

Outro aspecto muito relevante é a coordenação modular entre as paredes e os demais elementos estruturais. Os elementos estruturais devem se coordenar com a malha utilizada para as alvenarias. Assim, vigas lajes e elementos como vergas e contravergas pré-moldadas, elementos de escadas pré-moldadas, devem guardar coerência dimensional com a modulação adotada. Com isso, evita-se o corte dos componentes da alvenaria e improvisações e enchimentos de folgas, resultantes da falta de coordenação.

A coordenação modular entre os elementos estruturais pode abrir caminho para importantes medidas de racionalização, como a utilização de sistemas de fôrmas modulares para a execução de lajes. Uma medida desta natureza pode representar uma racionalização dos serviços devido à padronização e uma significativa redução dos custos.

A coordenação dimensional deve também levar em consideração as espessuras dos revestimentos. Estas irão se adicionar às dimensões originais das peças, modificando-as, bem como aos vãos, às alturas dos pés-direitos e assim por diante. Este aspecto tem uma relevância fundamental, quando se utilizam procedimentos que racionalizam a aplicação dos revestimentos, com a eliminação das camadas de regularização (ver 4.2.4.2).

Alguns subsistemas podem possuir uma flexibilidade muito grande na definição das dimensões dos seus componentes em relação à alvenaria. Um exemplo desta situação é o sistema instalações. Neste caso, a padronização das dimensões devem objetivar a padronização dos componentes, diminuindo o número de peças diferentes e aumentando a repetição dos procedimentos na execução. Nestas situações, a definição de modulação pouco tem a ver com a interferência entre este subsistema e a alvenaria.

A obediência de todos subsistemas à modulação leva a necessidade de se trabalhar com uma precisão acima da comumente utilizada nos edifícios convencionais. Se por um lado, isso

pode parecer uma desvantagem; por outro, os pequenos custos e esforços adicionais decorrentes deste aumento da precisão são amplamente compensados pela diminuição dos desperdícios provocados pelas improvisações. Por exemplo, nos edifícios convencionais as espessuras dos revestimentos definidas nos projetos, muitas vezes, apresentam-se como referências que pouco têm a ver com a realidade da execução, onde se empregam espessuras muito superiores. Isto não ocorre nos processos que possuem uma maior precisão dimensional.

A escolha da base modular a partir da qual se desenvolve a coordenação dimensional e se definem os componentes é um importante assunto, que ainda não mereceu por parte do setor da construção a atenção devida. A coordenação modular deveria ser discutida por todos os participantes deste mercado para que, através de um consenso, as vantagens proporcionadas pela mesma sejam estendidas a todo o setor.

#### **4.2.3 OTIMIZAÇÃO DO FUNCIONAMENTO ESTRUTURAL DA ALVENARIA**

Nos processos construtivos em alvenaria estrutural, o subsistema estrutura é composto basicamente por elementos planos: as paredes e lajes. Por este motivo, o funcionamento deste tipo de estrutura é distinto das estruturas reticuladas tradicionais. O pleno aproveitamento do potencial da alvenaria como material estrutural exige que se compreenda o funcionamento deste tipo diferenciado de estrutura, abrindo novas possibilidades de aplicação para este processo

construtivo. Este fato é apontado por MIKLUCHIN [1969], ao afirmar que "precisamos entender as capacidades estruturais e plásticas da moderna alvenaria, tentando ver este material sob a luz das novas descobertas e procurando as inúmeras formas potenciais de uso que ainda continuam ocultas neste material".

A partir do grande desenvolvimento do concreto armado e do aço estes materiais tornaram-se dominantes nas estruturas dos edifícios. Com isso, os princípios utilizados pelos arquitetos e engenheiros na concepção da maioria das estruturas ligam-se, atualmente, às estruturas reticuladas. Esta é a ênfase dada na formação destes profissionais. No País, poucos se dedicam intensamente às estruturas em alvenaria, onde estes processos construtivos foram mais difundidos apenas nos últimos anos.

Na literatura internacional podem ser encontrados alguns exemplos de profissionais que se dedicaram a desenvolver projetos que exploraram o grande potencial destes processos construtivos. É o caso do expressivo trabalho do uruguaio Eladio Dieste, retratado em publicações recentes [DIESTE, 1987 e 1991]. Este autor explora a capacidade resistente da alvenaria armada, através do uso de formas elaboradas e complexas. Isto denota sua plena compreensão e domínio do funcionamento deste tipo de estrutura.

No Brasil, como foi dito anteriormente, o uso da alvenaria estrutural não armada se dá, na grande maioria das vezes,

na construção de edifícios habitacionais de pequena altura (de até cinco pavimentos). Embora este processo construtivo imponha limitações, sobretudo devido a sua baixa resistência aos esforços de tração, ainda existem muitas possibilidades de desenvolvimento e aplicação que ainda não foram exploradas.

Nos dois processos construtivos desenvolvidos através de projetos de pesquisa conveniados com empresas da iniciativa privada, teve-se como objetivo a construção de edifícios habitacionais que poderiam chegar a oito pavimentos. Além disso, em um destes processos viabilizou-se a utilização de transições com uma estrutura reticulada de concreto armado sem que estas fossem constituídas por peças estruturais de grandes dimensões, como é comum observar.

Nestes processos, foram empregados dois princípios estruturais: o efeito arco na alvenaria e a uniformização dos esforços entre paredes. Estes dois princípios são decorrentes do fato das paredes estruturais possuírem uma grande rigidez relativa face aos demais elementos da estrutura, como lajes e vigas.

O fenômeno do "efeito arco" é já há muito tempo conhecido. Os modelos que o explicam foram publicados a partir da década de 50 por diversos autores, como WOOD [1952], STAFFORD SMITH e RIDDINGTON [1977], DAVIES e AHMED, [1978], entre outros. A explicação deste efeito também pode ser encontrada em livros clássicos sobre a alvenaria estrutural como

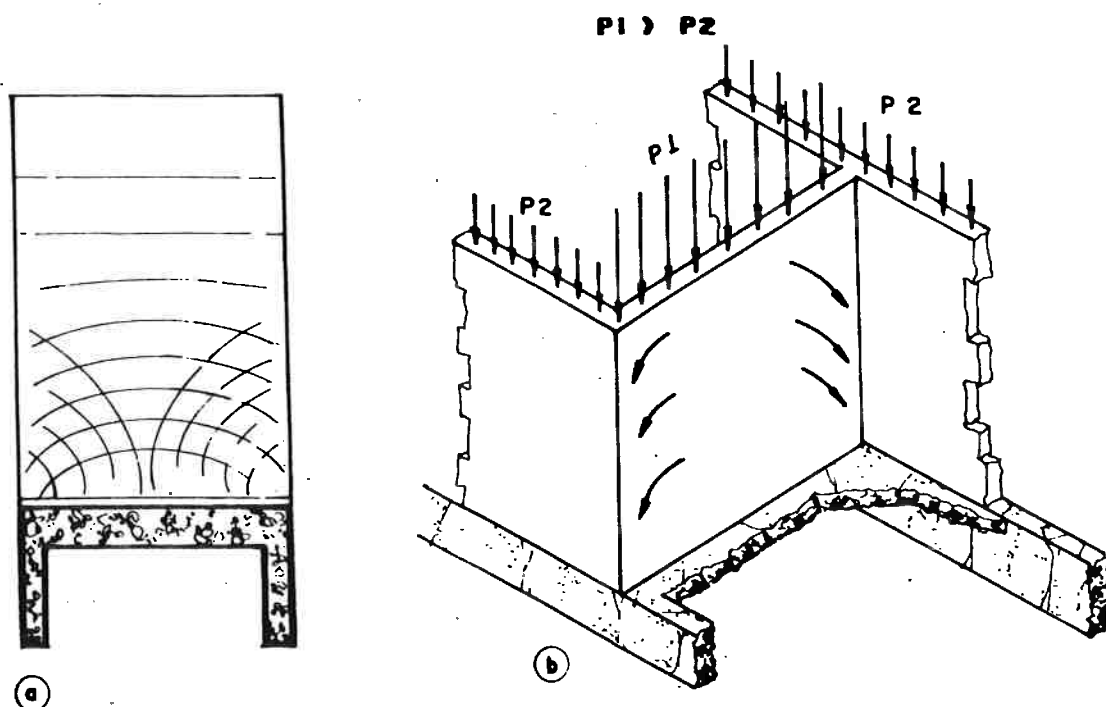
os de HENDRY [1990] e HENDRY et al. [1987]. Nestes, encontram-se além da explicação do fenômeno, regras de cálculo dos esforços para paredes apoiadas sobre vigas. (ver figura 4.6.a).

Apesar disso, estas publicações não dispõem de orientações sobre situações típicas dos projetos, tais como a interferência de aberturas, paredes transversais, ou outras singularidades. A aplicação destes princípios aos processos desenvolvidos só foi possível a partir do estudo destas publicações e de estudos baseados em modelos de elementos finitos e ensaios experimentais. Desenvolveu-se, ainda, uma metodologia para aplicação destes princípios em projetos reais. Esta metodologia encontra-se descrita no relatório técnico resultante desta pesquisa [USP-EP, 1992].

A incorporação deste princípio ao projeto estrutural permitiu projetar transições relativamente "leves" entre o andar térreo, projetado em estrutura de concreto convencional, e o primeiro pavimento de alvenaria estrutural. Este mesmo efeito permite obter economias significativas quando aplicado aos elementos da infra-estrutura dos edifícios, como os baldrames de fundação, quando as paredes estruturais apóiam-se diretamente sobre estes elementos.

O segundo fenômeno é baseado no fato de existir uma intensa distribuição dos esforços entre os painéis de paredes ligados entre si. Da mesma maneira que no efeito arco, a consideração deste fenômeno nos projetos foi possível a partir

de estudos teóricos e experimentais. Muitos fatores influem neste fenômeno, como a rigidez de elementos como a laje, a efetiva ligação entre as paredes, a existência de aberturas próximas à ligação entre os painéis e a configuração dos apoios destas paredes. Foram ainda desenvolvidas algumas regras para a consideração deste efeito que também são descritas no relatório citado anteriormente. Com a aplicação deste princípio atenuam-se distorções existentes nos modelos mais simples de cálculo, diminuindo, de uma maneira geral, as tensões máximas nas paredes mais carregadas. Na figura 4.6.b procura se ilustrar este fenômeno.



**FIGURA 4.6** Efeitos aplicados no cálculo de esforços na alvenaria estrutural: (a) efeito arco; (b) uniformização de esforços.

A aplicação destes princípios aos projetos deve estar associada a outras medidas que garantam a qualidade dos componentes e da produção. Nestes processos construtivos procurou-se aprimorar a produção dos componentes e a execução da alvenaria, para que estes apresentem uma confiabilidade compatível com a melhor utilização que se pretende deles. Isto foi possível através de uma série de medidas de aprimoramento da produção dos componentes, que estão descritos em um relatório técnico [FRANCO et al., 1991a]. Foram também implementadas medidas de controle e recebimento destes componentes para assegurar o atendimento aos requisitos necessários.

Foram adotadas uma série de ferramentas especiais (ver capítulo 5) que possibilitaram a execução dos elementos parede dentro das especificações de qualidade compatíveis com este uso, além de uma sistemática eficiente de controle de execução para garantir a continuidade da qualidade especificada. Os profissionais envolvidos com estas construções também foram motivados a executar os serviços dentro destes padrões através de um treinamento específico.

#### **4.2.4 PROJETOS RACIONALIZADOS DOS DEMAIS SUBSISTEMAS**

Embora a alvenaria estrutural seja caracterizada por um determinado método de produção dos subsistemas estrutura e vedação, estes processos propiciam condições favoráveis para a racionalização dos demais subsistemas dos edifícios.



Esta particularidade deve ser explorada para que se obtenham todas as vantagens da utilização deste método construtivo.

Mesmo podendo ser aplicados a outros processos construtivos além da alvenaria estrutural, no atual estágio de desenvolvimento dos processos tradicionais, encontram-se várias barreiras para a racionalização dos subsistemas dos edifícios convencionais. Entre as características que diferenciam os processos em alvenaria estrutural dos processos convencionais e permitem o incremento da racionalização, podem ser citadas as seguintes:

- Maior simplicidade do processo, eliminando vários problemas de interface entre os subsistemas;
- Maior potencial para a implantação da coordenação modular;
- Melhor definição dos detalhes construtivos, bem como das técnicas de execução na fase de projeto, proporcionado por uma sistemática de projeto que o torna mais confiável;
- Maior precisão geral na execução da obra;
- Melhor definição da seqüência de técnicas para a execução dos subsistemas e diminuição da incerteza quanto ao planejamento de cada atividade;

- Melhor controle das atividades executadas, pois com uma maior definição na etapa de concepção, passa a ser possível ou mais efetiva a existência de um controle de execução.

Deve-se ter como meta incorporar os princípios de racionalização em todos os subsistemas que compõem o edifício, para que estes possam evoluir continuamente, elevando a eficiência do processo como um todo. Apesar disso, pode ser dispensada uma maior atenção para alguns subsistemas em particular, dada a sua importância dentro do conjunto do edifício, quer seja pelo seu custo, sua responsabilidade, sua complexidade, quer seja pelo seu efeito no desempenho do conjunto.

Dentre os subsistemas não diretamente relacionados com a alvenaria estrutural, mas cuja racionalização levam a bons resultados nestes processos construtivos, estão os seguintes:

- Instalações prediais;
- Revestimentos;
- Esquadrias.

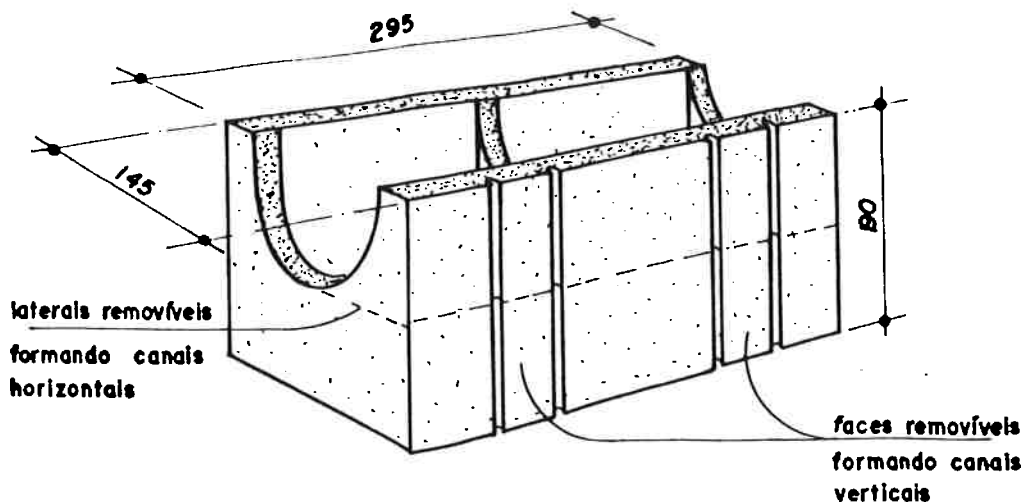
Nos itens a seguir, procura-se apresentar algumas diretrizes para racionalização destes subsistemas, através de exemplos empregados nos processos construtivos em alvenaria estrutural desenvolvidos.

#### 4.2.4.1 INSTALAÇÕES PREDIAIS

A principal interferência entre as instalações prediais e as estruturas nos edifícios em alvenaria é o embutimento de componentes como tubos e eletrodutos nas paredes estruturais. Apesar da utilização de rasgos para o embutimento das instalações ser um procedimento contrário aos princípios de racionalização, este ainda é extensivamente utilizado nos processos tradicionais. Nos processos construtivos em alvenaria estrutural impõem-se restrições severas à execução de rasgos nas paredes estruturais. Estas restrições direcionam a atenção dos projetistas a este subsistema desde o início do processo de concepção do edifício.

Este fato também motiva o desenvolvimento e aplicação de várias alternativas para o embutimento, tais como o emprego de "shafts", paredes hidráulicas e procedimentos especiais como a passagem das tubulações pelos canais internos das paredes, formados pela justaposição dos vazados dos blocos. A utilização de blocos vazados é bastante favorável por permitir esta forma de embutimento das instalações, sobretudo no caso das instalações elétricas e de telefone, que comumente são distribuídas por todo o edifício, não podendo ser concentradas nas paredes hidráulicas e "shafts".

A utilização de blocos vazados foi um dos condicionantes empregados na elaboração do desenho dos blocos nos processos construtivos desenvolvidos na EPUSP. Nestes processos, foram também planejados procedimentos que visam diminuir a



**FIGURA 4.7** Componente complementar utilizado para o embutimento das instalações.

interferência entre as atividades dos oficiais responsáveis por cada um destes serviços (ver cap. 5). Nos dois processos desenvolvidos foi recomendado o uso das paredes hidráulicas e "shafts", como forma de se evitar uma maior interferência entre os subsistema estrutura e instalações. Concebeu-se ainda, um componente complementar criado para permitir o direcionamento do "corte" das paredes hidráulicas, para o embutimento das instalações (ver Figura 4.7).

A maior precisão com que se produzem os edifícios em alvenaria estrutural torna extremamente favorável o emprego de "kits" de instalações, transferindo-se a montagem e execução das partes do subsistema instalações para oficinas. Nestas, as atividades podem ser desenvolvidas em condições mais favoráveis, com maior produtividade, menor desperdício de materiais, proporcionado pelo trabalho em série e por medidas como o planejamento do aproveitamento de barras de

tubos, eletrodutos e condutores. Tem-se ainda, uma maior garantia quanto a qualidade do serviço realizado por permitir a execução de ensaios prévios das partes pré-montadas em bancadas, antes que estas sejam colocadas em seus locais definitivos, nas paredes.

As medidas acima procuram aplicar os princípios de racionalização aos subsistemas instalações, a partir de um projeto devidamente formulado, tornando-os compatíveis com o nível de racionalização dos processos em alvenaria estrutural.

#### 4.2.4.2 REVESTIMENTOS

A aplicação dos princípios de racionalização construtiva ao subsistema revestimento também produz resultados significativos. Neste caso, a racionalização está associada principalmente à possibilidade de execução do edifício com um maior rigor dimensional, quer seja nas dimensões finais dos cômodos, quer seja no prumo das paredes e no nivelamento das lajes, e pela possibilidade de se obter paredes de desempenho conhecido e controlável.

No Brasil, usa-se como uma das funções dos revestimentos a possibilidade de corrigir erros efetuados em etapas anteriores. Isto, na nossa opinião, é uma concepção distorcida, que leva à perpetuação de técnicas inadequadas para a produção e controle dos diversos subsistemas.

Através de procedimentos construtivos que proporcionam maior precisão, as especificações para a espessura e qualidade dos revestimentos deixam de ser meros "referenciais" que não se relacionam com a realidade e se tornam especificações coerentes que devem ser respeitadas nas fases de execução. Assim, passa-se a utilizar os revestimentos para cumprimento de suas reais funções, o que traz certamente racionalização e economia para o processo construtivo como um todo.

O aprimoramento do desempenho dos painéis e o controle de execução, que garante a constância da qualidade, abre a perspectiva para a utilização de procedimentos como a alvenaria aparente, a qual pode representar um avanço em relação à racionalização. A utilização de alvenaria aparente no Brasil é ainda tida como geradora de diversos problemas, sobretudo de estanqueidade. Isto fez com que se difundisse, sobretudo no meio técnico da construção civil, um grande preconceito em relação a este procedimento. Estes preconceitos refletem-se inclusive nas especificações dos agentes financeiros, que não admitem esta prática. O mesmo não se observa, tanto nos países da Europa como da América do Norte, qualquer que seja a natureza do componente empregado para a confecção da alvenaria.

Os freqüentes problemas observados, quanto à estanqueidade da parede nos primeiros conjuntos habitacionais construídos no país com a alvenaria estrutural, estão relacionados com a falta de conhecimento tecnológico dos materiais, que le-

varam à especificação e ao emprego errôneo dos mesmos. A partir do conhecimento tecnológico, da produção e especificação de componentes adequados e do controle da produção é possível a execução de paredes que apresentem um desempenho compatível com a utilização das alvenarias aparentes.

Nos processos construtivos elaborados, tais características foram levadas em consideração. O processo construtivo de blocos cerâmicos incorporou especificações na produção dos blocos, no preparo e utilização das argamassas, no método de produção e controle das paredes que proporcionaram aos elementos um desempenho compatível com o emprego na forma aparente.

O processo de blocos de concreto foi concebido para ser revestido. Porém, com a utilização de técnicas de produção e controle foi possível diminuir a espessura destes revestimentos ao mínimo necessário para proporcionar à parede um desempenho adequado. Nos dois processos também foram especificados intensamente o emprego de revestimentos internos de pequena espessura e grande produtividade como a utilização de gesso e argamassas de acabamento que prescindem da camada de regularização.

O melhor controle das dimensões do edifício e o emprego de procedimentos racionalizados para a execução das lajes (ver 4.2.5) permitiram também que se diminuísse de maneira significativa o emprego de camada de regularização para a co-

locação dos pisos e, em alguns casos, eliminando-a, em quase todos compartimentos do edifício.

#### 4.2.4.3 ESQUADRIAS

O subsistema esquadrias geralmente representa uma parcela significativa do custo global das edificações. Apesar disso, na maioria dos casos, muito pouca atenção é dada ao método de instalação destes componentes. Esta tarefa, no processo tradicional de construção, freqüentemente apresenta um baixo nível de racionalização, incluindo procedimentos como a quebra e enchimento da alvenaria e chumbamento das esquadrias e seus elementos complementares (parapeitos, pingadeiras, etc.).

A racionalização na aplicação das esquadrias deve ser prevista na fase de projeto, com a escolha de componentes coerentes com a modulação utilizada, respeitando as folgas e precisões; e também com a definição de técnicas racionais para a execução destes serviços.

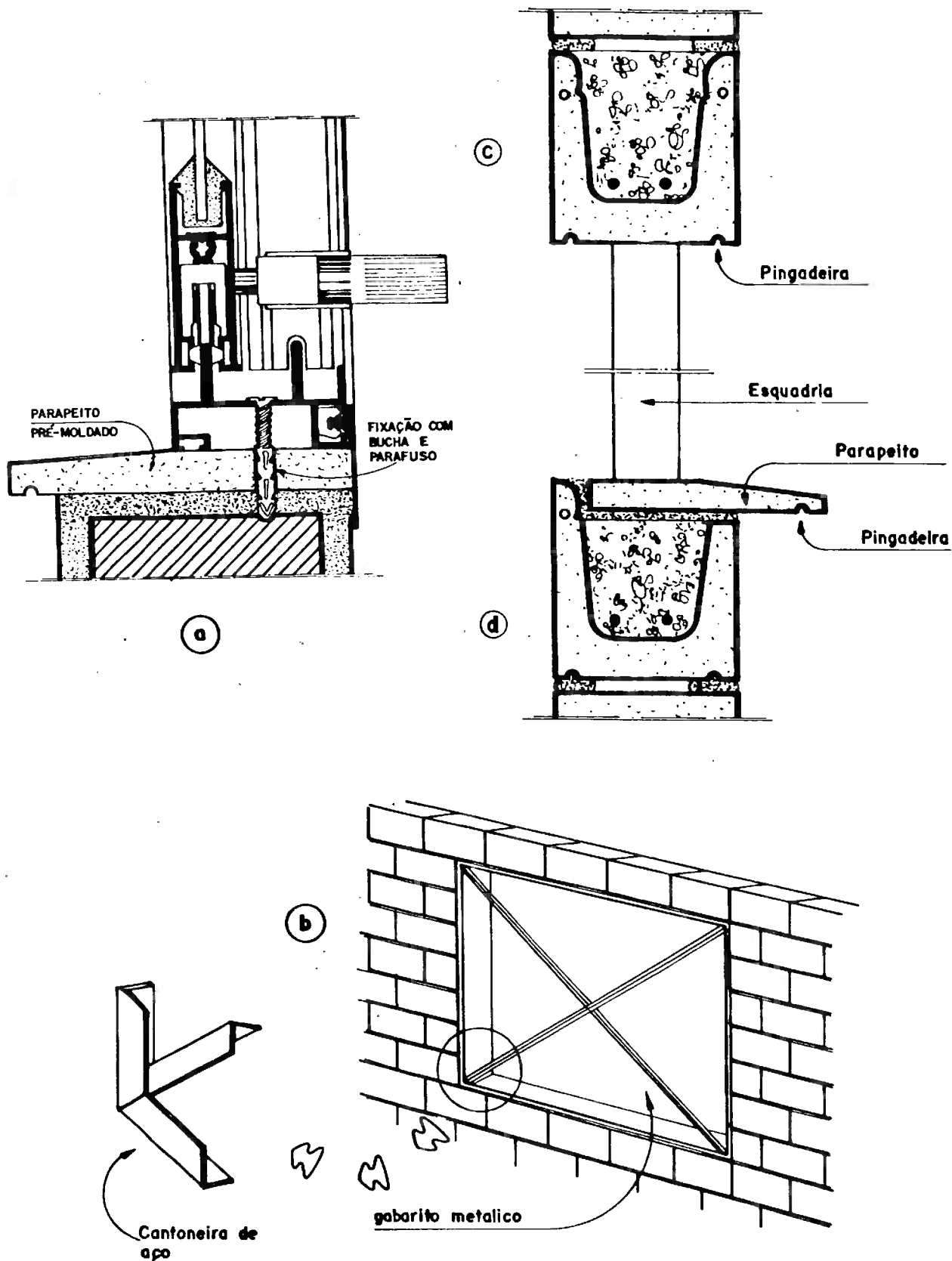
Nos processos desenvolvidos, foram adotadas soluções que racionalizam estes serviços. No processo em alvenaria cerâmica a forma de fixação dos marcos das janelas prevê a utilização de buchas plásticas e parafusos, eliminando completamente procedimentos como quebra e enchimento de vãos (Figura 4.8.a). Para atendimento das folgas e precisão necessárias para execução deste serviço utilizam-se gabaritos metálicos que são colocados antes do assentamento da alve-



naria. Assim, simplesmente encostando-se os blocos neste gabarito, durante o assentamento, garante-se o vão com as dimensões e precisão necessárias para a posterior colocação da esquadria. Este elemento (o gabarito) também auxilia na confecção da verga, pois serve de apoio aos blocos que a constituem (Figura 4.8.b).

Neste mesmo processo, os componentes canaletas utilizados para formação das vergas e contravergas possuem detalhes especiais para facilitar a execução destes serviços, bem como aumentar o desempenho dos componentes. Assim, incorporam um rebaixo para a formação de uma pingadeira quando utilizado como verga, bem como um rebaixo interno permitindo o embutimento de um parapeito (ver figura 4.8.c e d).

No processo construtivo de blocos de concreto, concebeu-se um componente especial para otimizar a instalação das janelas. Este componente, que é apresentado na figura 4.9, constitui-se num contramarco de argamassa armada que acumula ao mesmo tempo as funções de peitoril, verga e contraverga, além de definir perfeitamente o vão para a colocação das esquadrias, que passam também a ser fixadas com buchas plásticas e parafusos. Este componente foi concebido para ser colocado juntamente com o assentamento do bloco, e sua consolidação na parede é feita com a mesma argamassa de as-

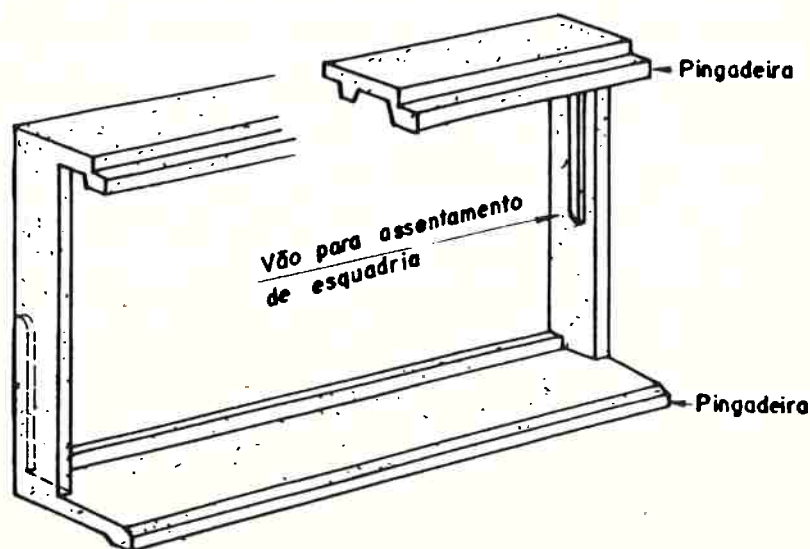


**FIGURA 4.8** Procedimento para a colocação de janelas: (a) instalação da esquadria com buchas plásticas e parafusos; (b) gabaritos para garantia das dimensões dos vãos deixados; (c) componente especial pingadeira; (d) componente especial parapeito.

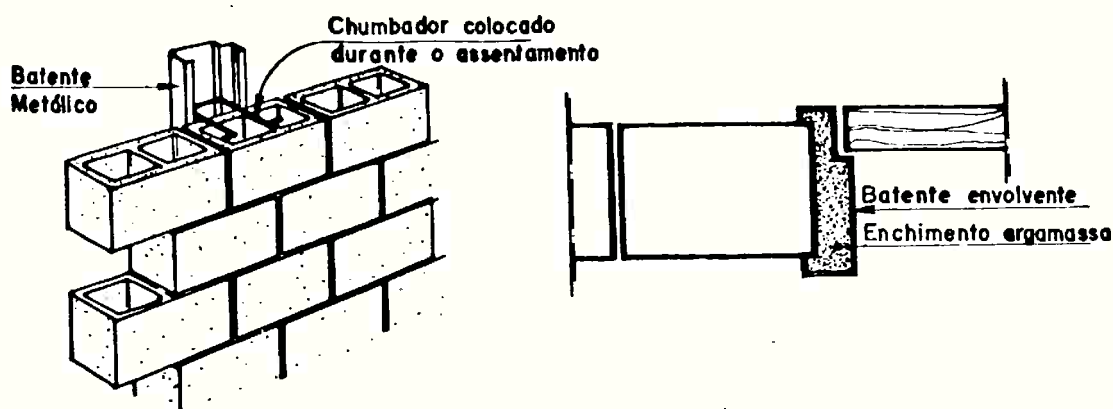
sentamento. Os procedimentos utilizados na colocação deste componente foram idealizados para permitir a mesma racionalização inerente a todo o processo aumentando a produtividade dos demais serviços. Esta peça também eliminou a necessidade de execução do "requadramento" do revestimento, tanto nas faces internas como nas externas.

A utilização deste componente especial trouxe uma série de vantagens, além de melhorar o desempenho das esquadrias quanto à estanqueidade à água. Pode-se utilizar uma esquadria especialmente desenvolvida para este componente, que permitiu uma redução bastante significativa dos perfis, utilizando a grande rigidez do contramarco.

Para a colocação das portas, nos dois casos, foram empregadas aduelas metálicas envolventes, que também proporcionam



**FIGURA 4.9** Contramarco pré-moldado de argamassa armada para a racionalização na colocação das esquadrias.



**FIGURA 4.10** Colocação das aduelas envolventes.

diversas vantagens. Muitas destas vantagens baseiam-se na possibilidade de colocação deste marco antes da execução da alvenaria. A fixação destes componentes é feita encostando-se os blocos na face interna do marco e preenchendo-se a folga existente com argamassa (ver figura 4.10).

Os procedimentos exemplificados acima propiciaram uma intensa racionalização na execução destes serviços, levando tanto a melhoria do desempenho ao melhor aproveitamento da mão-de-obra e dos materiais utilizados, como a diminuição de desperdícios com a quebra e enchimento das paredes.

#### 4.2.4.4 OUTROS PROCEDIMENTOS CONSTRUTIVOS

Os processos construtivos em alvenaria estrutural apresentam uma série de detalhes construtivos que são característicos da tecnologia utilizada. Estes detalhes podem ter diversos objetivos, dentre os quais destaca-se a diminuição da probabilidade de ocorrência de problemas patológicos.

Esta é a razão, por exemplo, da colocação de juntas de trabalho e dilatação em determinadas situações dos edifícios.

Podem ser também destacados os detalhes cuja finalidade é garantir o funcionamento estrutural adequado do edifício, como no caso dos procedimentos empregados para a amarração entre os painéis. Além destes, todos os detalhes devem ser cuidadosamente elaborados na fase de projeto, de maneira a garantir o seu eficiente desempenho, bem como tornar racionalizada a sua execução durante a construção, contribuindo para a racionalização do processo como um todo.

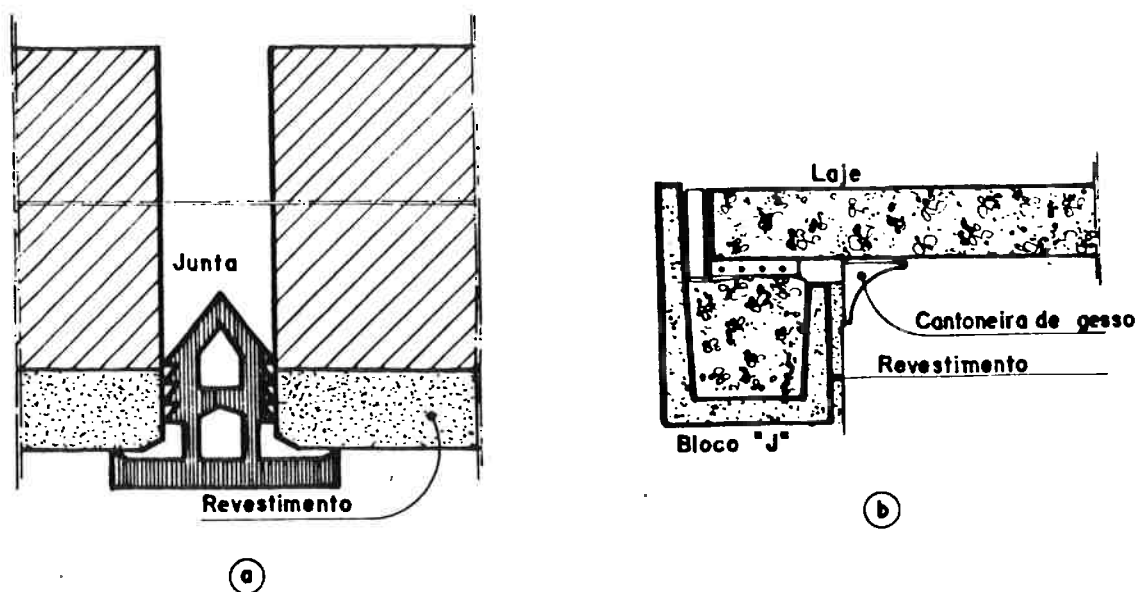
As juntas de controle e de dilatação são colocadas para limitar o tamanho máximo do comprimento das paredes, evitando o surgimento de fissuras causadas por deformações intrínsecas ou impostas aos painéis. As recomendações para a localização destes tipos de juntas fazem parte da tecnologia de cada específico processo construtivo e dependem de parâmetros como a natureza dos blocos, as condições de exposição ambiental, o arranjo estrutural dos edifícios, entre outros.

Existem atualmente no Brasil relativamente poucas alternativas para a execução destes importantes detalhes da alvenaria. Em uma análise feita em juntas comumente utilizadas, observou-se que, na execução destas, empregam-se procedimentos com baixo nível de racionalização, constituindo-se normalmente em uma tarefa demorada e complexa. Por outro lado, ficou patente que o adequado desempenho destes deta-

lhes é muito dependente da forma de execução e do rigor no controle da qualidade exercido. Assim, é comum encontrar-se, em prédios habitados após alguns anos, problemas como os de estanqueidade, que comprometem seu desempenho e originam patologias em outros subsistemas.

Especificamente para a execução deste detalhes nos projetos desenvolvidos foram concebidos componentes de borracha. Estes detalhes são apresentados na figura 4.11. A criação destes detalhes foi motivada e norteadada principalmente pela aplicação da construtibilidade. No caso da junta vertical de dilatação ou de trabalho, a execução passou a ser simplesmente a introdução do perfil na cavidade deixada na parede, com o auxílio de uma marreta de borracha. Para a junta de dilatação usada entre as paredes e a laje de cobertura, a utilização do perfil de borracha, desenvolvido em substituição a outros materiais, também tornou muito mais simples a sua execução. Em ambos os casos, tornou-se mais fácil e confiável a execução destes procedimentos.

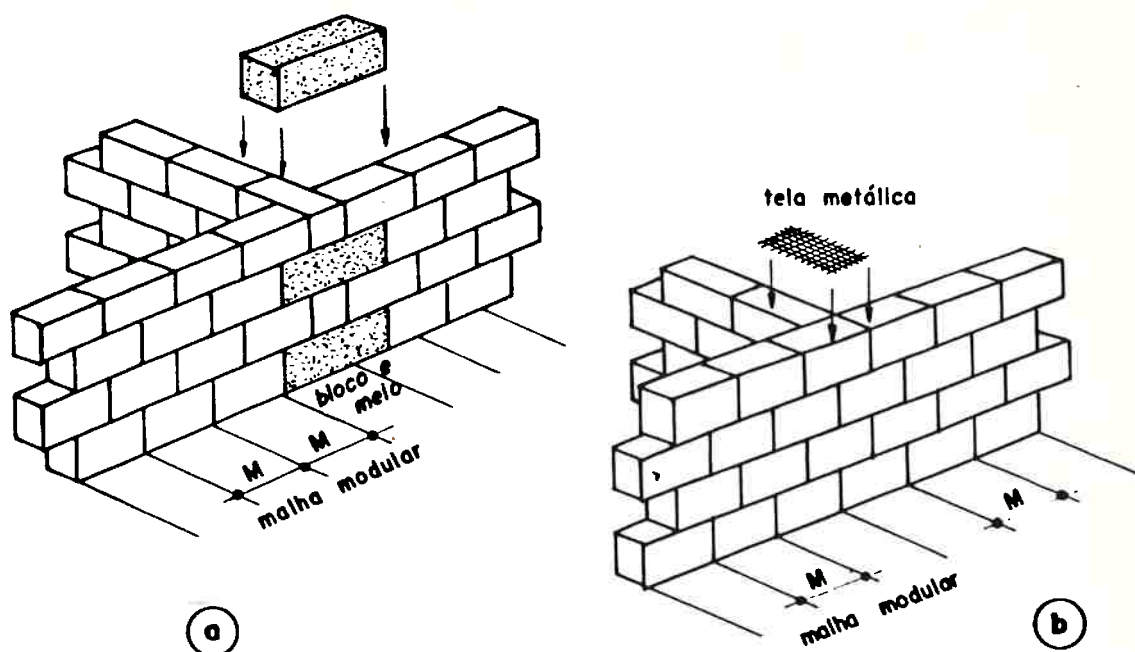
Os princípios de construtibilidade também foram empregados na concepção dos detalhes de ligação entre os painéis estruturais. Comumente encontram-se como soluções para estas ligações a colocação de reforços metálicos nas juntas entre os painéis, ou nos vazados grauteados dos blocos, como pode ser observado na figura 4.5 (no item 4.2.2.1).



**FIGURA 4.11** Detalhes empregado na execução de juntas:  
 (a) junta vertical de dilatação ou trabalho;  
 (b) junta horizontal de dilatação com a laje de cobertura.

A utilização destes tipos de ligação decorre da não utilização de modulação planimétrica. Estes detalhes mostram-se de difícil execução, além de interromperem os serviços normais de assentamento, diminuindo sensivelmente a produtividade da mão-de-obra. Nos processos desenvolvidos, procuraram-se alternativas para a execução racionalizada destes detalhes. A utilização de processos totalmente modulares elimina a necessidade de detalhes especiais para as amarrações em "L", pois estas são realizadas normalmente pela interpenetração de meios-blocos. Entretanto, mesmo nestes casos, surge a necessidade de providências adicionais para a execução das amarrações em "T" ou em "X".

Foram adotadas alternativas diferentes para o sistema em alvenaria de blocos cerâmicos e de concreto. No primeiro caso, foi empregada uma tela estirada, colocada na junta de argamassa, cuja colocação pouco interfere com os procedi-



**FIGURA 4.12** Detalhes racionalizados para execução da amarração entre painéis de parede: (a) utilização de tela metálica; (b) utilização de bloco-e-meio.

mentos normais de assentamento (ver Figura 4.12a). Este procedimento também permite a manutenção do arranjo original dos blocos na parede, essencial neste caso, pois o processo foi desenvolvido com o objetivo de permitir a utilização aparente.

No caso dos blocos de concreto, concebeu-se um componente especial (denominado "bloco-e-meio") que, possuindo um comprimento modular de 1,5 vezes o comprimento do componente convencional, permite a execução de tais amarrações sem maiores dificuldades. A aplicação deste componente está exemplificada na figura 4.12b.



Em ambos os casos, a elaboração destes detalhes racionalizados tornou mais fácil a fase de execução e diminuiu a interferência com os serviços de assentamento da alvenaria.

A utilização destes e de outros procedimentos racionalizados deve ser objetivo da equipe de projeto que, embasando-se no desempenho das soluções, obtidas a partir da retroalimentação por informações da obra, deve propor medidas de racionalização para a execução de todos os subsistemas e detalhes construtivos, bem como buscar aprimorá-los constantemente.

Cabe ressaltar, que a redução de custos e o aumento da produtividade e desempenho buscados com o emprego da alvenaria estrutural só serão significativos com a racionalização dos procedimentos envolvidos na execução, tendo-se em vista este processo construtivo como um todo.

#### 4.2.5 PROJETOS DOS MÉTODOS DE PRODUÇÃO

O projeto não deve ser encarado como finalidade, mas sim como meio de se atingir um bom resultado na execução do edifício. Desta forma, além da definição do edifício, deve contemplar o estabelecimento do processo de produção. Esta atitude abre campo para a implementação de uma série de medidas de racionalização construtiva. "O projeto visa antecipar uma atividade - neste caso, a execução da obra - o que implica em um conhecimento pleno da mesma; ou, em outras palavras, o projeto atinge os seus objetivos na medida

que seus profissionais são capacitados para conceber, além do produto, o seu processo de produção" [MELHADO e VIOLANI, 1992].

A aplicação de medidas de racionalização depende da inequívoca definição da execução das tarefas, pois nelas devem estar embutidos os conceitos ligados à construtibilidade. Quando a medida é aplicada sobre uma específica técnica construtiva, isto é feito através da especificação genérica de uma tarefa, que é reproduzida de forma idêntica, qualquer que seja o local de sua aplicação, como por exemplo o assentamento da alvenaria ou a colocação de uma janela. Por outro lado, quando a racionalização envolve todo um método construtivo, muitas vezes é necessário um nível de detalhe que não pode ser comportado por uma simples especificação genérica, pois a definição das tarefas passa a ser afetada por características do edifício a ser construído. Neste caso é imprescindível a execução de uma nova modalidade de projeto: o projeto do método de produção.

Este projeto tem como principal objetivo a definição do processo de produção e não do produto. Isto é, nestes projetos estão contidos os desenhos e especificações do processo de produção utilizado naquele específico edifício e não do edifício e seus subsistemas propriamente ditos.

Como exemplos de projetos dos métodos de produção podem ser citados os projetos para a execução da alvenaria utilizando escantilhões e o projeto para execução da "laje acabada".

Este último apresenta as definições necessárias para a execução da laje de concreto armado, de forma a receber a camada de assentamento dos revestimento de piso diretamente, prescindindo da utilização de camada de regularização. Estes dois tipos de projeto foram aplicados no desenvolvimento do processo construtivo em blocos de concreto.

No primeiro caso, o projeto de elevação da alvenaria tinha como objetivo orientar a utilização dos equipamentos desenvolvidos para a racionalização destes serviços, principalmente os escantilhões. Neste projeto, definem-se a localização de tais aparelhos, bem como algumas possibilidades de seqüência para o levantamento das paredes do pavimento. Este projeto prevê, também, a utilização de elementos como os contramarcos de argamassa armada e aduelas metálicas envolventes para auxiliar na definição das características geométricas das paredes.

O projeto de elevação da alvenaria nasceu da necessidade de minorar o número de escantilhões a serem empregados num pavimento, bem como evitar a interferência das paredes com andaimes e caixotes de argamassa e com os demais componentes que constituem a alvenaria.

O projeto da "laje acabada", por sua vez, parte da definição dos tipos de revestimentos utilizados em cada ambiente e dos níveis e rebaixamentos necessários entre os mesmos. Neste projeto, são definidos os pontos de colocação de referências para a obtenção dos níveis adequados de cada

ambiente, bem como dos equipamentos necessários para se executarem os desníveis. Este projeto prevê também a sequência ideal de concretagem da laje, considerando o equipamento de transporte de concreto disponível, de forma que a execução dos serviços de concretagem não interfira com a parte do serviço já executado.

Uma descrição mais pormenorizada destes dois projetos de métodos de produção é apresentada no capítulo 5.

O aprimoramento do processo de produção é tarefa rotineira e de extrema responsabilidade nos diversos setores da indústria de transformação. O mesmo não ocorre para a Construção Civil, onde os projetos são elaborados unicamente para a definição do produto (o edifício). Um exemplo disto é a peça do projeto das estruturas de concreto armado conhecida como "projeto de fôrmas". Na verdade, esta parte do projeto define as dimensões dos elementos estruturais do edifício, ou seja, é um "projeto de formas" e nada tem a ver com a definição do sistema de fôrmas que será utilizado para a sua execução.

Nos projetos dos métodos de produção pode-se antecipar e prevenir uma série de problemas executivos, que podem assim ser adequadamente resolvidos numa fase em que alterações representam um insignificante aumento de custos. Na elaboração deste tipo de projeto, deve-se contar principalmente com a experiência dos responsáveis pela execução do edifi-

cio, ficando muitas vezes o especialista do produto em um segundo plano.

A utilização deste tipo de projeto, quando necessário e conveniente, leva a um aumento significativo no nível de racionalização da produção destes métodos construtivos, elevando a racionalidade do processo como um todo.

#### **4.3 DIRETRIZES DE PROJETO COMO SOLUÇÕES RACIONALIZADAS**

Nos sub-itens anteriores, foram apresentadas algumas medidas empregadas nos processos construtivos em alvenaria estrutural que objetivaram o incremento da racionalização. Nesta exposição procurou-se ser genérico, exemplificando a aplicação de cada diretriz com situações dos processos construtivos desenvolvidos no âmbito de pesquisas de desenvolvimento tecnológico conveniadas entre a Universidade e empresas do setor privado.

A racionalização construtiva, discutida no capítulo 2, caracteriza-se pela introdução de alterações que têm por objetivo um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis em todas as fases dos empreendimentos, sem uma mudança radical na base tecnológica. Embora apresente uma definição clara, torna-se difícil encontrar um parâmetro para quantificar "o grau ou nível de racionalização". A primeira vista, uma possibilidade é a utilização do conceito de produtividade.

LOWE [1987] afirma que "usualmente a produtividade é definida como a eficiência na utilização dos insumos disponíveis no processo produtivo". Em uma forma mais particularizada, SILVA [1988] define produtividade como "bens e serviços produzidos com a utilização de determinados fatores de produção ou de todos os fatores numa unidade de tempo". Entretanto, existem imensas dificuldades em quantificar todos os fatores intervenientes; assim, uma prática comum é substituir a medida da produtividade total pela medida de um de seus fatores, sendo os mais comuns: mão-de-obra e capital.

A análise feita desta forma não é completa. Muitas variáveis envolvidas no processo da construção não podem ser quantificáveis em termos de recursos financeiros ou consumo de mão-de-obra, como por exemplo o incremento do desempenho. Por outro lado, "o melhor aproveitamento dos recursos" pode não significar unicamente o retorno financeiro; muitos outros aspectos podem ser evidenciados, tais como o aumento do nível de produção, diminuição de prazos, a segurança, a durabilidade, etc. Assim, a análise do incremento do nível de racionalização não deve levar em consideração apenas a quantificação de custos ou do emprego de mão-de-obra, mas também parâmetros qualitativos.

A análise feita neste capítulo procurará apresentar os parâmetros qualitativos em complementação aos aspectos quantitativos. Muitas das medidas e diretrizes apresentadas possuem reflexos imediatos, sobre as técnicas e métodos que afetam, ou então como resultados gerais sobre o processo

como um todo. Da mesma maneira, a análise do grau de racionalidade proporcionado pela aplicação de uma determinada medida também pode ser analisado em diferentes contextos, isto é, em seu conjunto ou de maneira particularizada.

Procuraremos apresentar a seguir alguns resultados obtidos com os processos construtivos desenvolvidos na EPUSP e nos quais foram aplicadas as medidas descritas nos itens anteriores.

#### **4.3.1 RESULTADOS GERAIS DA RACIONALIZAÇÃO NA FASE DE PROJETO**

A aplicação das diretrizes de racionalização na elaboração dos projetos em alvenaria estrutural apresentou resultados positivos sobre a própria sistemática de elaboração do projeto. A utilização da coordenação de projetos e a aplicação de medidas como a utilização da coordenação dimensional entre os elementos permitiram melhorar a qualidade do mesmo, resolvendo antecipadamente a interferência entre os subsistemas.

##### **4.3.1.1 COORDENAÇÃO DO PROJETO**

Como exemplo da aplicação das diretrizes de coordenação, tem-se os projetos desenvolvidos para os edifícios protótipos de blocos de concreto, cujo resultado final é um conjunto de desenhos que detalham exaustivamente cada elemento de parede, colocando num mesmo desenho e, em escala apro-

priada, todos os subsistemas (alvenaria, estrutura, instalações hidráulicas, elétricas, gás, telefone, interfone, antena, combate a incêndio, detalhes e especificações sobre os revestimentos, fixações detalhadas de esquadrias, etc.). Este projeto executivo da obra foi elaborado a partir dos projetos dos diferentes especialistas, porém com a participação simultânea dos mesmos de forma que todas as soluções são coordenadas.

Neste projeto foi aplicada toda a experiência da empresa, coletada previamente através da análise dos métodos de produção neste tipo de obra. Teve-se a participação ativa de profissionais, de diferentes níveis, com experiência "em execução". Procurou-se também, melhorar a comunicação com a obra, com a mudança na própria forma de apresentação do projeto, que passou a ser em folhas formato A3, e em escala adequada para serem mais facilmente manuseáveis no canteiro. Na figura 4.13 a seguir mostram-se alguns desenhos de uma prancha detalhada deste projeto.

O projeto detalhado desta forma minimizou as possíveis interferências entre os subsistemas durante a execução, diminuindo as improvisações na obra, bem como os desperdícios resultantes desta prática.

O trabalho coordenado dos diferentes profissionais nesta fase de desenvolvimento do projeto propiciou um aumento nas potencialidades de aplicação da alvenaria, tanto no que diz respeito no melhor aproveitamento da resistência das pare-



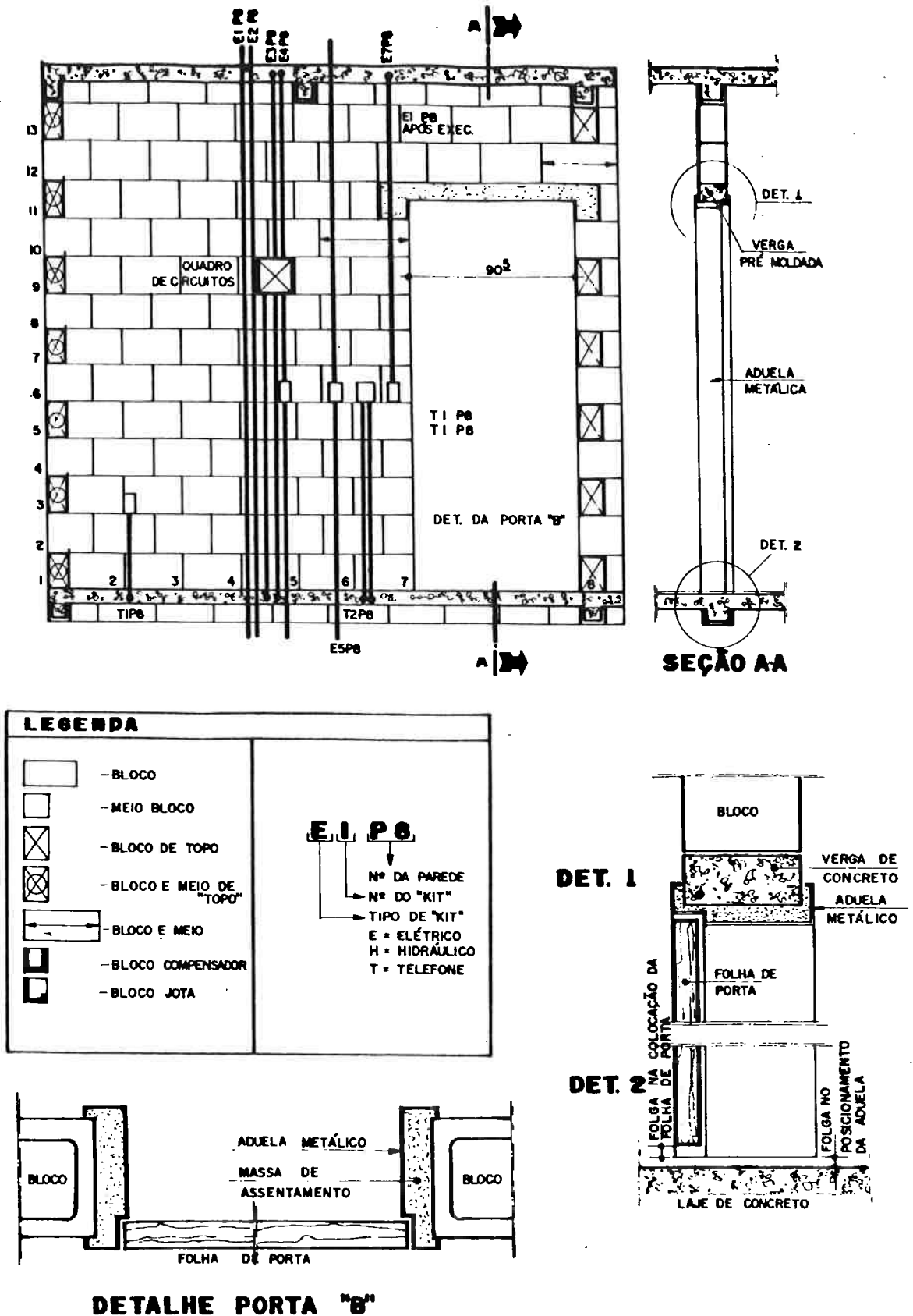


FIGURA 4.13 Desenhos detalhados do "projeto executivo" do processo de alvenaria de blocos de concreto.

des e transições, pela melhor coordenação entre estrutura, arquitetura e execução, como na utilização deste processo construtivo competitivamente em edificações de padrão mais elevado, por permitir uma arquitetura mais ousada.

Abriu-se, também, caminho para a elaboração dos "requisitos de projeto", que se encontram, em primeira instância, nos manuais de elaboração dos projetos do processo construtivo [FRANCO et al., 1991b; 1991c]. Com isso, tem-se também a base para a execução do controle de qualidade do projeto, possibilitando que esta sistemática continue a produzir projetos com elevado nível de qualidade ao longo do tempo, bem como para a evolução das soluções do processo construtivo, através da retroalimentação das informações obtidas na execução e na assistência técnica exercida durante a utilização.

O nível de entrosamento entre as diversas especialidades observado na elaboração das soluções do projeto diminuiu a probabilidade de ocorrência de problemas patológicos, sobretudo daqueles que têm origem no projeto (são a maioria). Uma sistemática coordenada de elaboração de projeto também possibilitou a correção de eventuais problemas através da análise e verificação das ações utilizadas.

Finalmente, num nível mais geral, pode-se dizer que a incorporação de tais medidas de incremento da racionalização tornou a execução do projeto mais previsível, pois diminuiu

significativamente a ocorrência de variáveis incontroláveis, durante o processo.

Estas medidas juntamente com as medidas adotadas na etapa de execução permitiram uma redução do desperdício de materiais e de mão-de-obra.

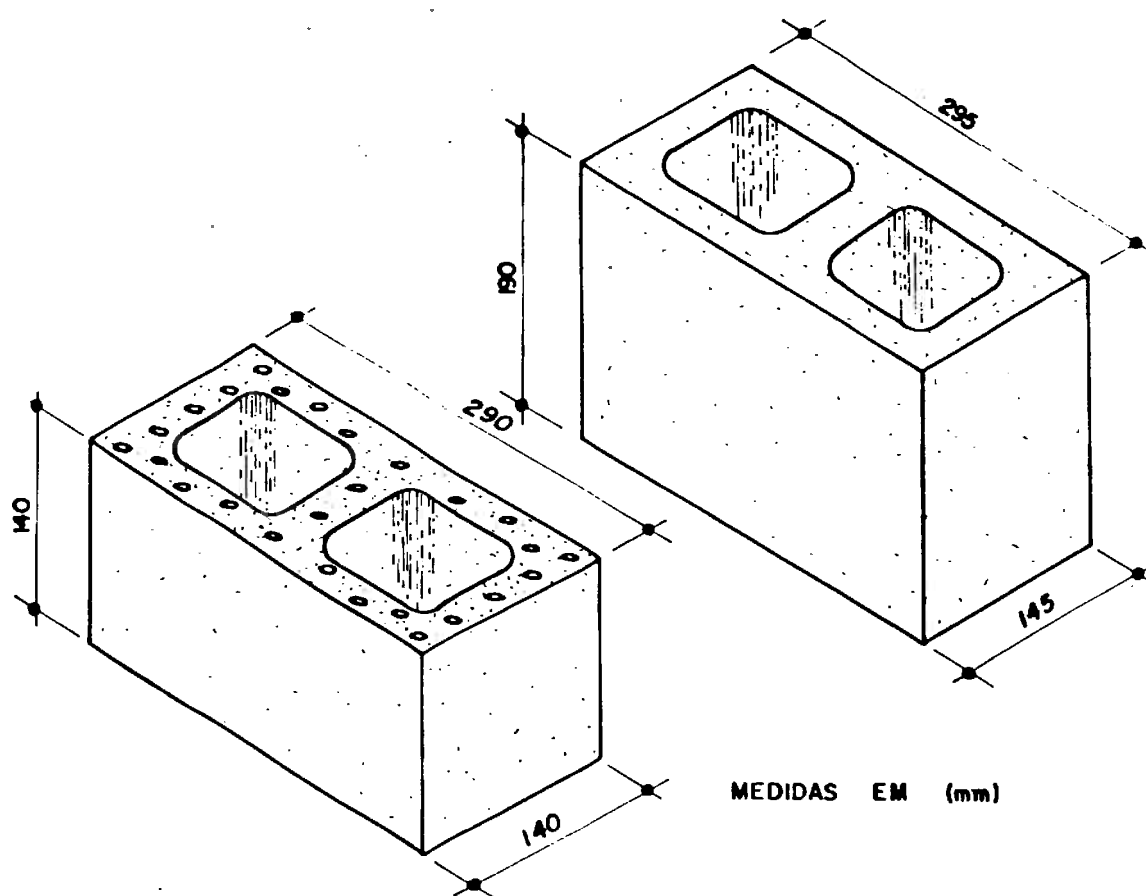
#### **4.3.1.2 APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES DE COORDENAÇÃO MODULAR**

A aplicação da coordenação modular mostra-se essencial para se atingir um grau superior de racionalização em todas as fases do empreendimento. Um ponto fundamental, durante o desenvolvimento de processos construtivos em alvenaria estrutural não armada, foi a definição da base modular. A adoção desta estabelece a dimensão dos componentes empregados, bem como condiciona todos os demais componentes do processo construtivo. Esta decisão envolveu muitos aspectos, tais como:

- A capacidade e produtividade esperada pela indústria dos componentes;
- A espessura necessária das paredes para atender aos diversos requisitos de desempenho;
- O peso final do componente, e a produtividade esperada da mão-de-obra para aquele peso;

- As dimensões dos demais componentes empregados no processo construtivo.

Tanto no processo construtivo em blocos cerâmicos como no processo em blocos de concreto, foi empregada uma base modular planimétrica de 30 cm, com a utilização do meio módulo de 15 cm. Esta medida partiu da consideração do desempenho esperado para a parede. A utilização de uma espessura de 15 cm nas paredes vem se tornando uma prática generalizada no país. Esta espessura, vem sendo empregada nas pare-



**FIGURA 4.14** Blocos desenvolvidos na EPUSP com medidas modulares planimétricas múltiplas de 15 cm: (a) bloco cerâmico; (b) bloco de concreto.

des externas mesmo de edifícios considerados de padrão elevado. O intenso uso de tal espessura aponta que esta se mostra satisfatória para os níveis de exigência e de conforto ambiental para a maioria das situações. Ela também atende adequadamente aos requisitos de desempenho estrutural, na maioria dos casos. Nos dois processos desenvolvidos, definiu-se um componente com dimensões coordenadas planimétricas de 15 x 30 cm (ver figura 4.14), possibilitando a total modulação do processo, compatível com uma malha modular de 30 cm de lado.

A utilização de um sistema de modulação total propicia uma série de vantagens, permitindo a racionalização de diversos procedimentos:

- Pode-se adotar uma sistemática de projeto baseada em regras definidas. Isto, além de facilitar a elaboração do próprio projeto, permite a utilização de um pequeno número de detalhes padronizados, racionalizando a própria tarefa de execução do projeto;
- A padronização proporcionada pela coordenação modular reflete-se na execução, através de uma maior facilidade da mão-de-obra em assimilar tais detalhes, aumentando a produtividade;
- A utilização de um sistema coordenado modularmente permite que se definam soluções mais simples para a execução das amarrações das paredes, simplificando esta operação. Isto evita a interrupção do trabalho

normal de assentamento dos blocos (que existe quando se utilizam procedimentos como o grauteamento das ligações);

- Como consequência da padronização, tem-se uma diminuição no número de componentes necessários para a execução da alvenaria. Isto traz reflexos positivos na própria produção destes componentes;
- A padronização dos componentes utilizados na alvenaria leva à padronização dos componentes dos demais subsistemas. Assim, com um menor número de componentes, consegue-se solucionar todos os detalhes de projeto. Isto possibilita definir previamente as soluções adotadas, otimizando-as através de um intenso e cuidadoso detalhamento e ao mesmo tempo facilitando o projeto, com o emprego de detalhes padronizados.

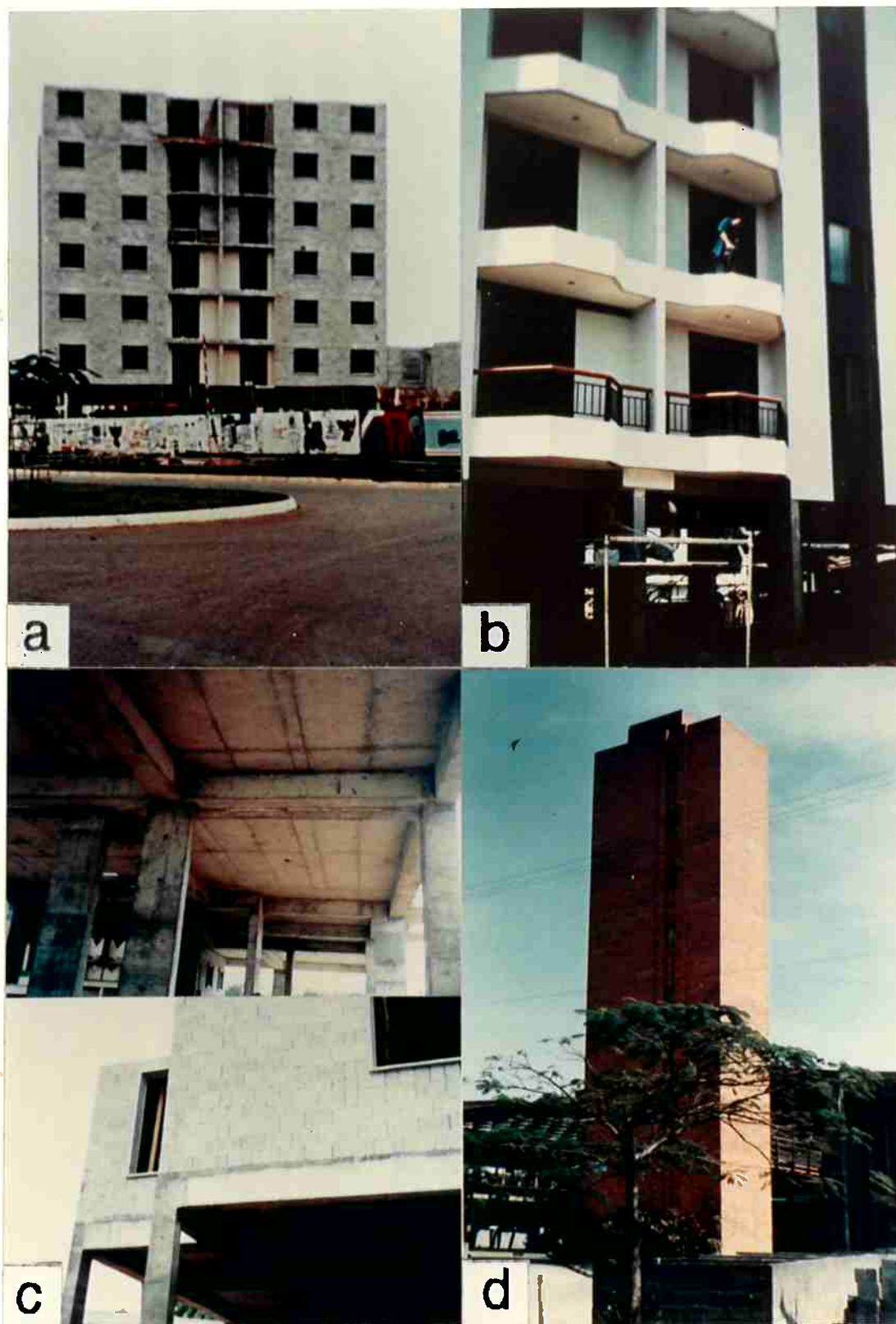
Cabe ressaltar, que a utilização da padronização proporcionada pelo emprego de um sistema de coordenação modular é requisito imprescindível para a adoção de muitas outras medidas racionalizadas, tanto no projeto como na execução dos edifícios. Assim, a adoção da modulação como princípio de projeto é fundamental para aqueles que procuram racionalizar estes processos.

#### 4.3.2 APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES DE RACIONALIZAÇÃO NA FASE DE PROJETO AOS DIVERSOS SUBSISTE- MAS

O emprego de medidas de racionalização repercutiu sobre os resultados obtidos dos diversos subsistemas em que tais medidas atuam. Alguns exemplos são apresentados a seguir.

O trabalho coordenado dos diversos profissionais envolvidos na elaboração do projeto, com a melhor compreensão do funcionamento da alvenaria e o aumento do nível de confiabilidade na execução, obtidas através da implantação das medidas de racionalização, refletiu-se de forma significativa no projeto estrutural dos edifícios. Isto poderia ser resumido num único resultado: o melhor aproveitamento das potencialidades estruturais da alvenaria. Nos processos construtivos elaborados, utilizou-se a alvenaria não armada de blocos vazados na construção de edifícios com um número de pavimentos superior ao que normalmente vem sendo utilizado.

No processo construtivo de blocos de concreto, o protótipo em construção constitui-se em um conjunto de edifícios de seis pavimentos de alvenaria não armada, apoiados sobre pilotis. A estrutura de concreto armado destes pilotis possuem uma rigidez semelhante à da estrutura de um pavimento convencional de concreto armado (ver Figuras 4.15a e b). Com este mesmo processo, já se tem elaborado um projeto de edifícios de oito pavimentos. Um dos protótipos desenvolvidos no processo construtivo de blocos cerâmicos é uma torre



**FIGURA 4.15** Edifícios de maior altura utilizando alvenaria não armada de blocos vazados : (a) Blocos de concreto; (b) detalhe do "pilotis"; (c) blocos cerâmicos.



que também possui oito pavimentos de altura (ver figuras 4.15c).

Além da estrutura, vários detalhes dos edifícios protótipos podem ser empregados como exemplo da aplicação dos princípios de racionalização construtiva. Os exemplos citados a seguir, retirados dos processos em blocos cerâmicos vazados e blocos de concreto. Estes correspondem apenas a parte das medidas de racionalização empregadas nessas obras.

- Colocação de janelas utilizando-se bucha e parafusos e componentes especiais (figuras 4.16 a e b);
- Embutimento de instalações, utilizando "shafts", vazados dos blocos e paredes hidráulicas moldadas com componentes especiais (figuras 4.16 c, d e e);
- Execução de juntas com a utilização de técnica e materiais racionalizados (figuras 4.16 f e g);
- Amarrações entre paredes, empregado blocos modulares e peças especiais como bloco-e-meio e telas metálicas (Figuras 4.16h e k);
- Colocação de portas, utilizando aduelas envolventes e vergas pré-moldadas (figuras 4.16i e l);
- Utilização de alvenaria aparente ou revestimentos que dispensam o uso de camada de regularização, tanto de piso como de parede (figuras 4.16j, m e n);
- Utilização de componentes pré-moldados para a execução de vergas e escadas; (figuras 4.16i e o).

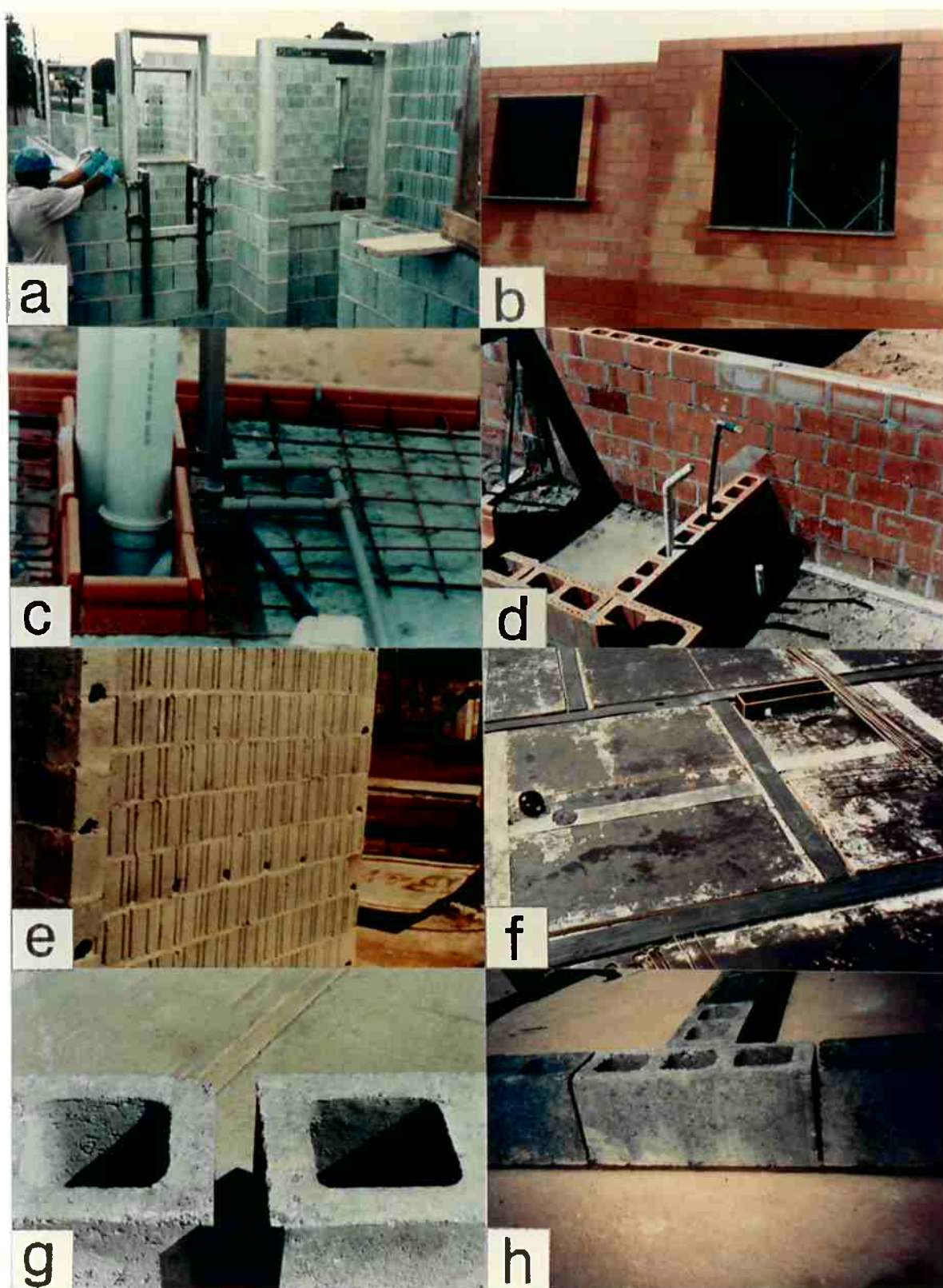


FIGURA 4.16 Colocação de janelas: (a) com componente especial, (b) com gabarito; embutimento de instalações: (c) nos "shafts", (d) nos vazados dos blocos, (e) em paredes hidráulicas com componentes especiais; Juntas: (f) horizontal, (g) vertical; (h) Amarração com blocos especiais.

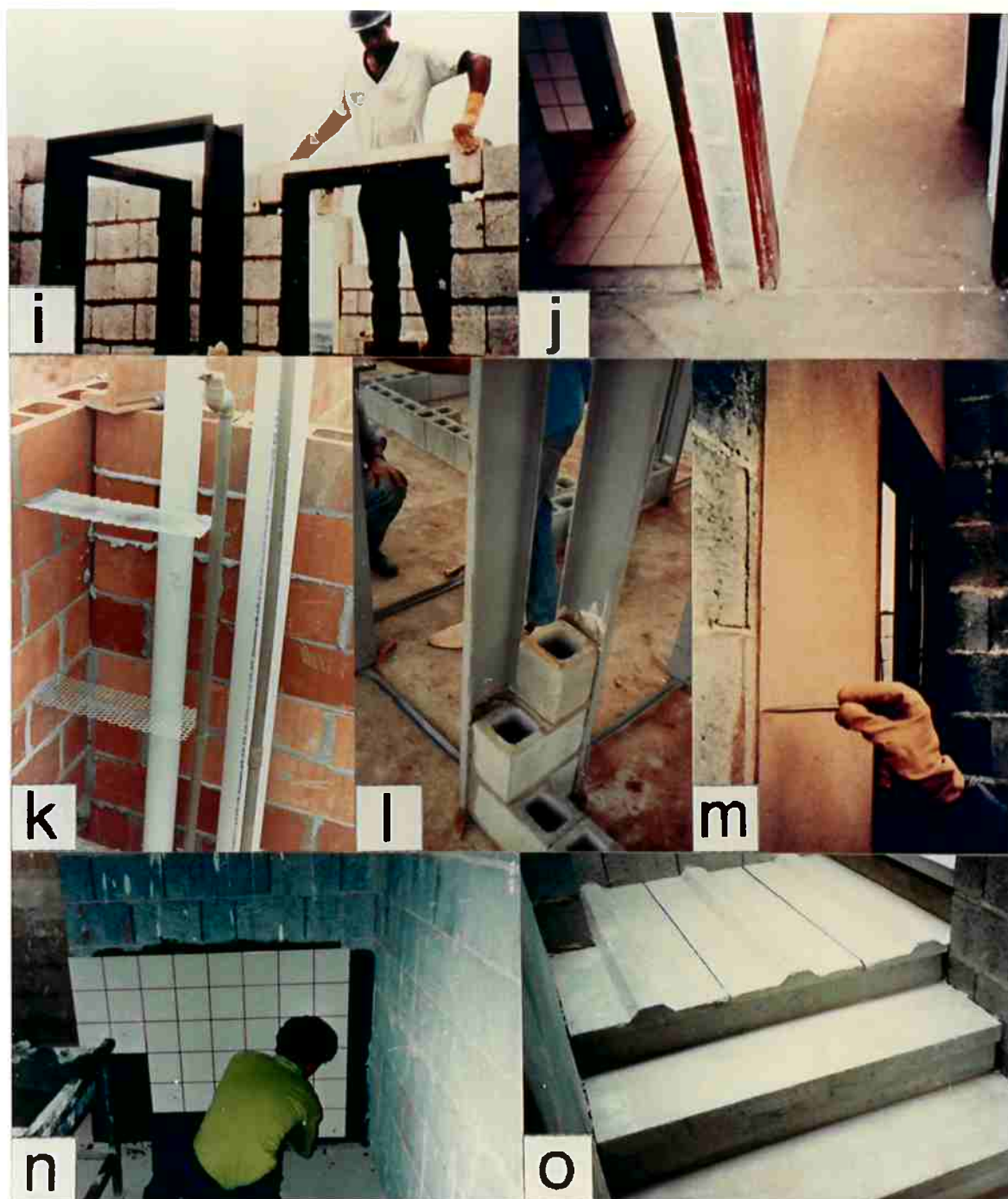


FIGURA 4.16 (Continuação) (i) vergas pré-moldadas; Revestimentos sem camada de regularização: (j) de piso, (m) de parede, (n) azulejos; (k) Amarração com telas metálicas; (l) Aduelas envolventes; (o) Escada pré-moldada.

Uma rápida análise das medidas de racionalização destes projetos é apresentada na tabela 4.2, onde se descrevem sumariamente as medidas adotadas, bem como seu resultado.

**TABELA 4.2** Medidas de racionalização utilizadas nos projetos dos protótipos.

SUBSISTEMA	MEDIDA DE RACIONALIZAÇÃO UTILIZADA	RESULTADO
ESQUADRIAS <ul style="list-style-type: none"> <li>. Janelas</li> </ul>	. Bloco canaleta com detalhe de pingadeira	Incremento do desempenho da esquadria
	. Assentamento com buchas e parafusos	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Diminuição de quebras e enchimentos</li> <li>. Diminuição do consumo de mão-de-obra</li> </ul>
	. Gabaritos metálicos para definição dos vãos	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Garantia das dimensões do vão</li> <li>. Eliminação de quebras para ajustes</li> <li>. Auxílio na execução das vergas</li> </ul>
	. Contramarco pré-moldado em argamassa armada	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Garantia das dimensões dos vãos</li> <li>. Eliminação de quebras para ajustes</li> <li>. Aumento do desempenho da esquadria</li> <li>. Diminuição do consumo de mão-de-obra</li> <li>. Possibilita a utilização de esquadrias mais leves</li> </ul>
	. Portas	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Colocação de aduelas metálicas de chapa dobrada de aço conjuntamente com o assentamento da alvenaria</li> </ul>

**TABELA 4.2 (Continuação) - Medidas de racionalização utilizadas nos projetos dos protótipos.**

SUBSISTEMA	MEDIDA DE RACIONALIZAÇÃO UTILIZADA	RESULTADO
<b>ESTRUTURA</b> . Amarração entre painéis  . Juntas  . Outros componentes	. Utilização de blocos especiais (blocos-e-meio)  . Utilização de tela estirada	. Não interrupção do trabalho de assentamento dos blocos  . Ligação eficiente entre os painéis
	. Execução de juntas com componentes especiais de borracha	. Diminuição do consumo de mão-de-obra  . Aumento de durabilidade  . Melhoria do desempenho
	. Pré-moldados para vergas contravergas e escadas	. Padronização dos detalhes  . Aumento de produtividade  . Aumento da qualidade dos componentes
<b>REVESTIMENTO</b> . Externo  . Interno  . Piso	. Alvenaria aparente	. Elimina a necessidade de revestimento externo
	. Revestimento em massa única	. Diminui o consumo de materiais e mão-de-obra
	. Revestimento sem camada de regularização	. Aumento da produtividade da mão-de-obra  . Diminuição do consumo de materiais
<b>INSTALAÇÕES</b> . Elétricas  . Hidráulicas	. Passagem de tubulações pelos vazados dos blocos	. Diminuição da interferência com a execução da alvenaria  . Evita-se quebras e enchimentos  . Evita-se o comprometimento da capacidade resistente das paredes
	. Bloco especial para paredes hidráulicas	. Diminui o consumo de mão de obra  . Direciona a abertura de rasgos  . Facilita a utilização de "kits" hidráulicos

Na tabela 4.3 a seguir, são apresentados os valores de espessura média dos revestimentos e do emprego de mão-de-obra, apropriados da construção dos edifícios protótipos do sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Estão também apresentados os valores utilizados para efeito de orçamento destes serviços, obtidos de uma das mais conhecidas tabelas de composição de preços [TCPO, 1986] e os valores de espessura de revestimento especificados nos projetos destes edifícios.

Dos valores de espessura média de revestimento obtidos, observa-se que, com exceção dos revestimentos de gesso dos forros, todos estão muito próximos daquilo que havia sido especificado, o que geralmente não ocorre nas construções

**TABELA 4.3** Valores de espessura média de revestimento e emprego de mão-de-obra apropriados dos edifícios protótipos de blocos de concreto.

TIPO DE REVESTIMENTO	ESPESSURA MÉDIA (mm)		EMPREGO DE MÃO-DE-OBRA (Hh/m <sup>2</sup> ) <sup>(2)</sup>	
	APROPRIADA <sup>(1)</sup>	ESPECIFICADA	APROPRIADO	ORÇADO <sup>(3)</sup>
Argamassado interno	5.9	6.0	0.23	2.20 <sup>(4)</sup>
Argamassado externo <sup>(3)</sup>	29.0	25.0	0.43	1.40
Pasta de gesso em paredes	3.6	3.0	0.31	1.00
Pasta de gesso em forros	7.6	3.0	0.42	1.20
Azulejos	—	—	0.35	1.80 <sup>(5)</sup>
Regularização de pisos	15.0 <sup>(6)</sup>	0.0	0.14	0.50

**OBSERVAÇÕES:**

- (1) Incluindo perdas;
- (2) Hh/m<sup>2</sup> é homens-hora por metro quadrado, incluindo oficial e ajudante;
- (3) Fonte: Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos, 8<sup>a</sup> ed. [1986];
- (4) Considerando aplicação de emboço e reboco;
- (5) Considerando a execução de regularização;
- (6) Argamassa com adição de 0,6 % de resina PVA em peso.

convencionais. Também é bastante significativa a redução do emprego de mão-de-obra em todos os serviços, se os valores apropriados forem comparados com os utilizados em orçamento. Destacam-se destes, os procedimentos que prescindem de camada de regularização, ou seja, os revestimentos argamassados internos, os azulejos e pisos. Este último, embora tenha sido concebido para ser assentado sem camada de regularização, necessitou-se em média de 15 mm de espessura de regularização. Mesmo assim, esta é bastante inferior a espessura que normalmente é orçada (geralmente 30 mm) e mais ainda, em relação a espessura usualmente executada.

A aplicação da diretrizes de racionalização refletiu-se, também, numa significativa redução da mão-de-obra necessária para a elevação da alvenaria. Na tabela 4.4 são apresentados valores da mão-de-obra empregada em seis diferentes tipos de processos construtivos em alvenaria estrutural, entre os quais se incluem os processos desenvolvidos na EPUSP. O valor do processo em blocos de concreto desenvolvido (EPUSP) foi apropriado da construção dos edifícios protótipos em Goiânia. Os demais valores foram obtidos de levantamentos feitos em obras de diversas empresas e constam do "Relatório Final do Projeto de Pesquisa EPUSP/TEBAS [USP-EP, 1988]. Apresentam-se também, os valores utilizados para efeito de orçamento, obtidos da publicação citada anteriormente.

Observa-se uma expressiva redução no emprego de mão-de-obra para os dois processos em alvenaria nos quais foram aplica-

das as diretrizes de racionalização. Esta diferença é mais significativa quando se consideram os processos em alvenaria parcialmente armada, nos quais os serviços referentes ao grauteamento aumentam a necessidade de uso de mão-de-obra. Ressalta-se ainda, que os valores obtidos para o processo em blocos de concreto desenvolvidos na EPUSP incorporam os serviços de colocação de marcos de porta e contra-marcos de janelas.

Finalmente, cabe observar que a utilização dos detalhes descritos neste item propiciou um significativo aumento da "construtibilidade" dos projetos, bem como a diminuição dos custos e dos recursos envolvidos na sua elaboração, representando, desta forma um sensível aumento da racionalização dos processos como um todo.

**TABELA 4.4** Valores de emprego de mão-de-obra de diferentes processos construtivos em alvenaria estrutural.

PROCESSO CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL	EMPREGO DE MÃO-DE-OBRA (Hh/m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	
	APROPRIADO <sup>(2)</sup>	ORÇADO <sup>(3)</sup>
Sílico calcário	1.48	1.70
Cerâmico "autoportante"	1.66	1.70
Cerâmico (parc. armado)	2.48	1.12 <sup>(4)</sup>
Concreto (parc. armado)	2.43	1.60 <sup>(4)</sup>
Cerâmico (EPUSP)	1.18	—
Concreto (EPUSP) <sup>(5)</sup>	0.82	—

**OBSERVAÇÕES:**

- (1) Hh/m<sup>2</sup> é homens-hora por metro quadrado, incluindo oficial e ajudante;
- (2) Fonte: Relatório Final do Projeto EPUSP/TEBAS [USP-EP, 1986];
- (3) Fonte: Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos, 8<sup>a</sup> ed. [1986];
- (4) Valor do assentamento dos blocos sem considerar grauteamento;
- (5) Valor apropriado no protótipo em Goiânia.



#### 4.4 CONSTRUTIBILIDADE E DESEMPENHO COMO PARÂMETROS DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS

A racionalização construtiva interfere tanto nas características do processo construtivo quanto no produto final, pois, se por um lado ela visa a diminuição dos desperdícios e o melhor aproveitamento dos recursos, por outro, a eliminação de interferências entre os subsistemas projetados separadamente e a maior confiabilidade sobre as atividades desenvolvidas, levam à diminuição dos problemas patológicos e incremento de desempenho do edifício.

Alguns diferentes caminhos podem ser escolhidos para a implantação da racionalização nos empreendimentos, como através da implantação de inovações tecnológicas e uso de novos materiais. Outras medidas de racionalização podem, por sua vez, ser implantadas através de uma mudança na forma organizacional das técnicas e métodos construtivos.

Durante o desenvolvimento de sua atividade, os projetistas aplicam os seus conhecimentos, balizados por princípios técnicos e científicos orientados ao projeto. Muitos destes princípios, como por exemplo o de segurança estrutural, possuem uma clara metodologia de aplicação e seus parâmetros encontram-se quantificados por normas técnicas.

A construtibilidade é, dentre os princípios empregados para o desenvolvimento dos projetos, aquele que fundamenta a grande parte das medidas de racionalização do processo

construtivo. A ASCE [1988] reconhece a importância de se obedecerem os aspectos de construtibilidade no projeto, incluindo este como um dos parâmetros que devem ser observados no controle e revisão dos projetos. "O construtor deve contribuir durante as diversas fases do projeto e deve fazer uma revisão completa antes do detalhamento e especificação final".

Embora só recentemente a construtibilidade venha sendo explorada através de uma ótica metodológica técnico-científica, por entidades como o CII ("Construction Industry Institute") ou a CIRIA ("Construction Institute for Research and Information Association"), a importância de levar a experiência construtiva ao projeto é há muito tempo reconhecida. É freqüente a afirmação de que "o bom projetista deve possuir uma experiência prévia na execução ou acompanhamento de obras". Isto é, sempre se procurou incorporar este princípio aos projetos através da aplicação da experiência dos envolvidos no lugar de utilizar uma metodologia específica.

Em sua metodologia de desenvolvimento de processos construtivos, SABBATINI [1989] também emprega a construtibilidade como uma diretriz para se atingir uma maior racionalidade destes processos. Justifica este procedimento pela própria proposição principal da construtibilidade: "integrar projeto e construção dentro de uma visão holística, adotar prioritariamente em todas as etapas os dados provenientes

das operações construtivas e considerar que a solução ótima é a de maior construtibilidade".

GRIFFITH [1986a] afirma que o principal objetivo da racionalização do projeto através do incremento de construtibilidade é tornar mais efetiva a aplicação dos recursos na construção, tornando as tarefas mais fáceis de serem executadas através da consideração destes procedimentos na fase de projeto. Aponta cinco princípios da racionalização nesta fase de projeto:

- Construir numa mesma seqüência;
- Reduzir o número de operações na construção;
- Simplificar o projeto dos elementos;
- Padronizar os componentes da construção;
- Coordenar dimensionalmente os materiais.

O'CONNOR et al. [1987] apresentam, em seu trabalho, sete conceitos que objetivam incrementar a construtibilidade no empreendimento, afirmando que tais conceitos quando aplicados, facilitam as fases posteriores do empreendimento e representam um aumento da possibilidade de sucesso deste empreendimento. São eles:

- Planejamento e programação orientados às necessidades da construção;

- Simplificação dos projetos, tornando-os soluções eficientes;
- Padronização;
- Modulação e pré-montagens;
- Acessibilidade ("manuseabilidade");
- Projeto orientado para condições ambientais adversas;
- Especificações.

Embora ainda não exista consolidada uma metodologia de aplicação da construtibilidade aos projetos, o simples fato de o projetista refletir sobre a forma como as atividades projetadas serão executadas, irá representar um autocontrole da qualidade que repercutirá na melhoria de seu projeto.

O coordenador do projeto deve estar constantemente atento para os aspectos de construtibilidade do mesmo. A proposta feita no capítulo 2 (ver 2.3.4), em definir claramente, em cada etapa do empreendimento, o objeto do controle da qualidade: o produto ou o processo de produção, pode servir de mecanismo para a incorporação da experiência construtiva, desde o início da concepção do empreendimento, aumentando desta maneira o nível de construtibilidade do projeto. O responsável por esta atividade deve ser o pessoal ligado à execução da obra.

Ao lado da construtibilidade, o projetista também deve estar atento ao desempenho das soluções de projeto. A experiência de construir a um menor custo, sacrificando o desempenho do produto, mostrou-se ao longo do tempo inadequada. Assim, as atividades do projeto devem também procurar privilegiar o aumento de desempenho do produto. Existe, ainda arraigada no meio técnico, a premissa de que um melhor desempenho só pode ser obtido com um acréscimo de custos. Ela é falsa, pois muitas das falhas verificadas nas edificações podem ser atribuídas à falta de conhecimento tecnológico no emprego dos processos e materiais, sobretudo aqueles inovadores. Isto é, em muitos casos o aumento de desempenho pode ser obtido sem mudanças nas especificações dos materiais nem na produtividade da mão-de-obra, consequentemente sem acréscimo de custos.

Nas recomendações apresentadas nos itens anteriores foram constantemente utilizados os conceitos de construtibilidade para definir as atividades e técnicas empregadas nos processos construtivos. Procurou-se também, garantir um nível compatível de desempenho em todas as aplicações em que estes processos construtivos são empregados.

Todas as soluções propostas no projeto, bem como as medidas de racionalização concebidas devem passar por uma análise da construtibilidade, pois o projeto deve refletir uma realidade a se construir, constituindo-se em um eficiente meio de prever e solucionar problemas. Isto é, um projeto só é

bom e bem concebido se as soluções que contiver apresentarem-se adequadas à execução.

Neste sentido, as soluções construtivas devem-se orientar segundo os seguintes aspectos.

A) Quanto aos princípios empregados no projeto:

- A otimização das atividades deve observar o processo como um todo e não apenas as partes individualmente, sob pena de se chegar a um resultado final bem inferior ao esperado;
- As soluções adotadas devem procurar ter a "cultura da empresa" como condicionante, isto é, se possível devem estar de acordo com esta. Caso estas soluções representem inovações, é necessário que sua implantação seja cuidadosamente planejada para se evitar o impacto e a resistência por sua aplicação;
- As soluções construtivas adotadas devem procurar explorar ao máximo os recursos já existentes e disponíveis da empresa.
- Todas as soluções propostas não podem ser contrárias à segurança e sanidade dos trabalhadores envolvidos na sua execução;

B) Quanto à organização da produção:

- As soluções adotadas devem ser coerentes com o nível de profissionalização e treinamento do operário incumbido do desempenho de tais tarefas. Esta situação pode ser contornada com o treinamento da mão-de-obra; porém, isso sempre corresponde a um esforço adicional;
- Deve-se procurar, tanto no tempo como no espaço, separar as atividades de diferentes oficiais, para evitar a interferência entre o trabalho dos mesmos;
- É muito desejável que os subsistemas sejam projetados de forma que determinado serviço não tenha que ser interrompido para possibilitar a execução de um outro, nem que provoque a interrupção de outros serviços. Por exemplo, a interrupção da execução dos revestimentos para a instalação das esquadrias;
- As soluções construtivas propostas devem respeitar os condicionantes definidos para o empreendimento, tanto os explícitos pelas condições gerais passadas ao projetista no início do processo de concepção, como aquelas implícitas relacionadas com a boa técnica de construir e ao funcionamento dos diversos subsistemas;
- Deve existir uma grande compatibilidade entre as soluções construtivas adotadas e o planejamento da obra como um todo, pois no planejamento devem estar

contempladas as premissas gerais pelas quais o empreendimento se torna viável;

- As soluções propostas devem ser facilmente e inequivocamente compreensíveis por quem as executa, isto engloba desde a necessidade de que sejam simples e compatíveis com o nível de qualificação de quem executa, bem como se deve especificá-las e detalhá-las adequadamente.
- Devem ser previstas formas de incentivar e motivar os envolvidos quanto à implantação das soluções propostas, sobretudo aquelas que representarem inovações.

C) Quanto às características do produto:

- Procurar a simplicidade, tanto na forma quanto na quantidade de materiais e componentes envolvidos. Este fato é ratificado por SILVA [1988], que afirma que "o grau de complexidade influi na produtividade, em última análise, pela intensidade com que altera as operações afetando a continuidade do processo";
- As soluções adotadas devem ser compatíveis com o nível geral da tecnologia adotada na obra, quer seja no nível de controle de produção exercido, quer seja pela capacidade e alcance dos equipamentos envolvidos em cada etapa de execução;



- Deve-se procurar dar preferência a soluções padronizadas, pois ao mesmo tempo que se pode especializar na fabricação dos meios necessários à implementação destas soluções, os operários envolvidos com sua aplicação acostumam-se a estes procedimentos, aumentando gradativamente sua produtividade;
- Deve-se procurar utilizar equipamentos e componentes que tornem mais fáceis as operações, durante a execução das tarefas, tais como através do emprego de pré-moldados, ou equipamentos como escantilhões.

A construtibilidade deve ser um dos principais parâmetros norteadores da elaboração dos projetos. Podem ser admitidas e implementadas soluções e procedimentos que não visem o incremento da construtibilidade, porém estas nunca deveriam ser contrárias a ela, impondo uma grande perda na facilidade do projeto ser executado.

#### **4.5 DIRETRIZES DE PROJETO COMO RESPONSÁVEIS PELO INCREMENTO DO NÍVEL DE INDUSTRIALIZAÇÃO E QUALIDADE**

A racionalização e a industrialização são conceitos que trazem em si vários aspectos concordantes. Muitos autores, como foi discutido no capítulo 2, tratam a racionalização como uma das etapas da industrialização. A aplicação das medidas de racionalização incrementa o nível de industrialização, uma vez que efetivamente aumenta a capacidade organizacional dos processos construtivos (ver 2.1.).

A estratégia de implantação da racionalização, precedendo o processo de industrialização mais geral, parece ser um caminho lógico, que já foi trilhado por outros setores industriais. É natural que, antes de se tornarem os procedimentos e processos muito repetitivos, estes devam ser antes de mais nada, altamente coerentes, para não se correr o risco de mecanizar e reproduzir em larga escala os erros.

Várias características alcançadas com a aplicação das diretrizes expostas nos itens precedentes explicam o maior nível organizacional alcançado. Entre elas podem ser destacadas as seguintes:

- A padronização de detalhes, que passam a ser repetitivos, se não dentro do projeto de um edifício, dentro do processo construtivo. Esta característica leva conseqüentemente a padronização dos procedimentos de execução, que podem ser estudados e aprimorados constantemente (ver 5.2.2 e 5.2.3.). Esta postura está de acordo com a proposta de repetição das operações segundo "modelos lógicos" e não apenas através de "modelos físicos", permitindo a repetição, que caracteriza a industrialização;
- A padronização dos componentes abre a possibilidade do aprimoramento da sua fabricação. Permite também a melhoria das técnicas e métodos envolvidos na instalação destes componentes dentro dos sistemas construtivos. Assim, se por exemplo as operações de co-

locação de esquadrias por meio de elementos padronizados, ou as operações de assentamento dos blocos, apesar de não se caracterizarem como "operações de montagem", se encontram em um estágio mais avançado em relação à forma tradicional de colocação destes elementos, na qual são constantes as quebras e enchimentos;

- Outro aspecto que tornam estes processos mais próximos dos industrializados é o de se transferir a grande maioria das decisões para a fase de concepção, onde são estabelecidos de forma unívoca os procedimentos construtivos. Isto também leva à padronização dos procedimentos na execução, com o conseqüente aumento no nível de repetição das atividades;
- A padronização de componentes e elementos leva a uma gradual mecanização de tais procedimentos, através da utilização de equipamentos, como sistemas racionais de fôrma ou equipamentos de transporte, que em muitos casos só se tornam viáveis com a padronização dos elementos da construção.

Acreditamos também que, com o exaustivo detalhamento e incorporação de tecnologias adequadas, através da intervenção de profissionais de forma coordenada, tem-se uma diminuição da probabilidade de ocorrência de problemas patológicos e um aumento na confiabilidade dos produtos quanto ao seu desempenho.

O emprego de especificações detalhadas possibilita a execução de programas de controle e garantia da qualidade, que as utiliza como base para obtenção de um produto de qualidade uniforme e determinável.

Finalmente, todas as medidas apresentadas acima caracterizam uma diminuição das incertezas do processo, tanto na elaboração do projeto como na execução da obra que abre caminho a um planejamento mais detalhado e de maior confiabilidade, caracterizando igualmente um incremento no nível organizacional geral.

Da mesma forma, as diretrizes e procedimentos apresentados anteriormente podem ser caracterizados como indutores do incremento da qualidade dos produtos em vários aspectos:

- As soluções adotadas impõem uma mudança de mentalidade, fazendo com que os participantes do processo se comprometam com o resultado final do que estão projetando ou, em outras palavras, o projeto deixa de ser uma finalidade; esta passa a ser a execução da obra para obtenção de um produto com qualidade diferenciada em relação aos demais;
- A diminuição de custos gerada pelo decréscimo na utilização de materiais e mão-de-obra, proporcionadas pelo acréscimo do nível de racionalização reflete-se na satisfação de metas econômicas, associadas a níveis compatíveis de desempenho dos diversos

subsistemas. Isto é fator de diferenciação do produto final que corresponde a um acréscimo de satisfação do usuário, seja este o investidor ou o usuário final;

- As medidas de racionalização e a padronização da produção elevam o nível de qualidade do próprio processo de produção, que poderá permitir um adequado nível de qualidade do produto;
- O melhor detalhamento e especificação dos projetos, que passam a incorporar as medidas de racionalização, abrem caminho para a implementação de um real e efetivo controle de produção e recebimento, das diversas etapas do projeto bem como do empreendimento. Isto irá se refletir num maior nível de qualidade do produto final;
- As medidas de racionalização compatibilizam um menor custo com a obtenção de um produto de desempenho adequado à sua utilização. Pode-se, ainda, obter um desempenho superior com processos de mesmo custo daqueles que não incorporam tais medidas. Isto eleva a qualidade do produto final, aumentando a satisfação de todos os envolvidos no processo de produção, desde os profissionais que dele participam até o usuário final.

O emprego das medidas de racionalização na fase de concepção do empreendimento é fundamental para o incremento

dos níveis de qualidade e desempenho do produto e do processo de produção. Para que estas medidas se tornem efetivas, entretanto, é necessário que sejam complementadas por uma execução que procure atingir os mesmos padrões.

A elaboração de um projeto com a qualidade adequada é, sem dúvida, o primeiro passo de um processo evolutivo, que permitirá explorar estes processos construtivos em toda a sua potencialidade, em prol de uma sociedade que procura por soluções adequadas para a resolução de problemas tão significativos e graves como os ligados à construção habitacional.

**CAPÍTULO 5**  
**RACIONALIZAÇÃO NA FASE DE EXECUÇÃO DOS EDIFÍCIOS**  
**EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

No capítulo anterior, foi descrita e exemplificada uma série de diretrizes destinadas ao incremento da racionalização dos processos construtivos, através de ações implementadas durante a fase de concepção dos empreendimentos. A medida do sucesso na implantação destas diretrizes, entretanto, só pode se verificar com o resultado final do empreendimento. Assim, para que todos os esforços despendidos durante a fase de projeto tenham um retorno adequado, próximo do esperado e planejado, em termos de qualidade e produtividade, é necessário que as fases subseqüentes do empreendimento também se desenvolvam dentro dos mesmos preceitos de aumento da qualidade e nível organizacional.

O desenvolvimento tecnológico baseado na implantação de procedimentos na fase de projeto deve ter necessariamente uma amplitude muito mais abrangente. Este aspecto é ratificado por SABBATINI e AGOPYAN [1991], afirmando que "na construção de edifícios, a evolução tecnológica passa pela criação e aperfeiçoamento de materiais e componentes, procedimentos operacionais e procedimentos organizacionais (planejamento, administração e controle das operações construtivas)". De todos estes aperfeiçoamentos, aqueles ligados aos procedimentos operacionais são, muitas vezes, rele-

gados a um segundo plano, pois implicam uma mudança do setor produtivo.

Da mesma maneira, a atitude de se implantarem medidas de racionalização, isoladamente, na fase de execução proporcionará resultados restritos. A importância de se ter um projeto elaborado segundo as diretrizes de construtibilidade para aumentar a eficiência das operações, durante a execução, é ressaltada por GRIFFITH [1987], segundo o qual "a prática da construtibilidade requer um compromisso entre a elaboração conscienciosa de um projeto de mais fácil execução e a acomodação dos muitos fatores que condicionam e influenciam a concepção, incluindo a qualidade, fatores estéticos, tempo e custo".

A etapa de construção apresenta-se como crítica na obtenção dos resultados, pois mesmo que as ações sejam decididas nas fases anteriores, é nesta fase que se dá o maior investimento de recursos materiais e humanos, tornando estes resultados praticamente irreversíveis.

A importância de se estenderem os conceitos de qualidade e produtividade também à fase de execução é apontada por CHEETHAM e TURNER [1989], reconhecendo que "o desempenho em uso não depende unicamente dos materiais e componentes especificados, mas também do cuidado tomado em montá-los e uni-los". Ressaltam ainda que a falta de cuidados, nesta etapa, pode levar à negação das intenções dos projetistas.



Nesta fase, também se encontram vários problemas característicos do setor da Construção Civil nacional, tais como a necessidade de alterações constantes nas programações das obras, motivadas por flutuações na disponibilidade de recursos ou na demanda do mercado; o tradicionalismo do setor, mais patente nesta etapa onde há envolvimento de um maior número de agentes; e a baixa qualificação e motivação da mão-de-obra, entre outros.

De maneira análoga ao capítulo anterior, também neste não se pretende formular um manual ou roteiro para a construção de edifícios em alvenaria estrutural. Pretende-se, unicamente, levantar alguns problemas relativos à implantação de medidas de racionalização construtiva, apresentando algumas diretrizes, extraídas da experiência da Linha de Pesquisa em Tecnologia de Processos Construtivos da EPUSP, mostrando que, para se obter o incremento na qualidade e produtividade projetada na fase de concepção é essencial que se estenda à fase de execução os princípios de racionalização utilizados na fase de projeto.

### **5.1 ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO**

Com poucas exceções, em todos os setores industriais, volta-se uma grande atenção à organização do processo de produção. Em muitos casos, isto se configura em uma estratégia para atingir uma maior eficiência da produção e efi-

cácia do produto. A Construção Civil, está entre uma das exceções a esta postura.

A explicação deste fenômeno está, sem dúvida, ligada às características próprias desta indústria, tais como a pouca repetibilidade dos produtos, como foi discutido no capítulo 2. Em decorrência desta situação, observa-se ainda, com grande frequência, que questões tais como a definição da forma de executar as tarefas e a organização do canteiro de obras são relegadas a um segundo plano. Assim, a implantação da infra-estrutura produtiva, bem como o treinamento da mão-de-obra, ainda não são encarados com a devida seriedade e, são tidos como supérfluos e seus custos, possíveis de serem eliminados.

Até o investimento em equipamentos visando à melhoria de produtividade do canteiro é, muitas vezes, desconsiderado por aspectos não relacionados com o problema tecnológico, mas, mesmo assim, tornam-se forte condicionante da técnica construtiva.

Apesar disso, podem ser encontrados muitos autores que destacam a importância destes aspectos. GIBERT [1991] expõe a importância da organização da produção e analisa, em seu trabalho, as dificuldades na implementação de uma filosofia industrial nas obras de construção civil, dada a sua atual organização. Propõe uma nova forma de organizar a produção em canteiro, com o objetivo de incrementar a eficiência do processo produtivo.

A organização da produção, como discute HEINECK [1991b], associada às demais medidas de racionalização, é fator essencial para que os efeitos da aprendizagem na execução dos serviços sejam mais efetivos, aumentando significativamente o potencial produtivo dos trabalhadores.

TATUM [1987] aponta a organização do canteiro de obras como um dos importantes fatores para o incremento da construtibilidade durante a execução: "espaços restritos e dificuldades de acesso podem trazer grandes problemas para a execução".

Em particular, na alvenaria estrutural, encontram-se boas condições de implementação de uma ação organizacional em obra. Isto se explica pelo maior detalhamento do projeto em relação às obras convencionais, pela maior padronização na execução dos procedimentos construtivos, bem como pela maior simplicidade inerente ao processo. Assim, pode-se utilizar a organização da produção como ferramenta para se atingir um grau mais elevado de industrialização do processo, aumentando a sua produtividade, o controle na execução dos procedimentos e conseqüentemente a qualidade.

Pode-se citar os seguintes aspectos, dentre outros, que interferem decididamente para a organização da produção:

- A criação de uma infra-estrutura básica eficiente para o canteiro de obras;
- Definição das técnicas e métodos de produção;

- Elaboração de um planejamento e programação eficiente na execução das atividades;
- Elaboração de uma sistemática eficiente de controle da qualidade da produção, baseada na padronização dos métodos e técnicas produtivas, através de procedimentos;
- A mudança de mentalidade na execução das obras, com a constante procura por novos e mais eficientes métodos de produção.

THOMAS e YIAKOUMIS [1987] mostram que alguns destes fatores intervêm decididamente na produtividade do trabalho, através do modelo de fatores ilustrado na figura 5.1. Segundo eles, existe uma curva de desempenho ideal que diminui com a repetição do trabalho, mostrando o efeito do aprendizado.

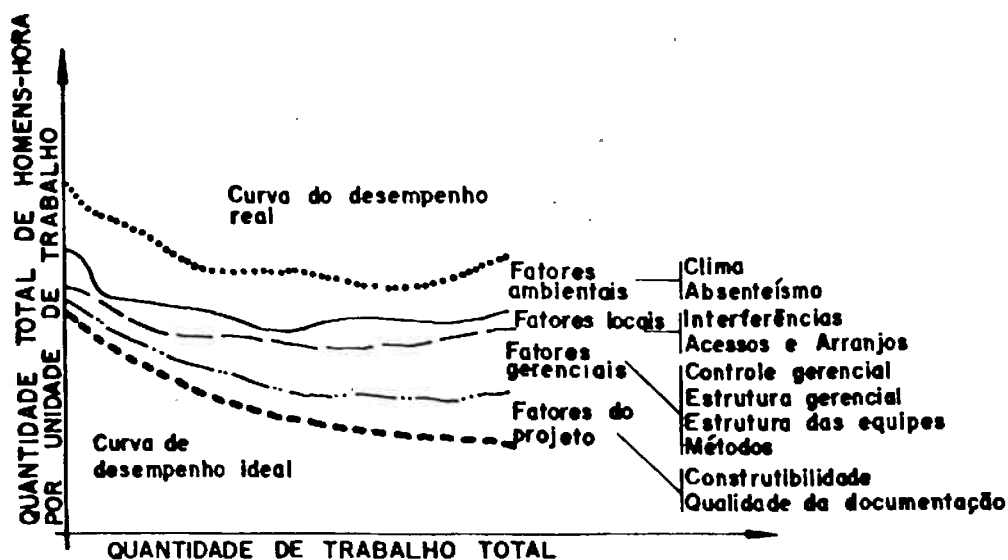


FIGURA 5.1 Modelo de fatores para operações de trabalho intensivo em um ambiente de trabalho constante [THOMAS e YIAKOUMIS, 1987].

A curva ideal é determinada por um pequeno número de fatores que refletem o ambiente de trabalho, o método construtivo e os aspectos de construtibilidade. Nesta curva ideal, intervêm os fatores citados acima que diminuem a produtividade, até os níveis reais.

#### 5.1.1 ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

A instalação, no canteiro de obras, de uma infra-estrutura eficiente para a execução das tarefas ligadas à produção do edifício é de fundamental importância para se obter um nível mais elevado de racionalização e produtividade na execução dos serviços. Este fato é destacado por BAUD [1976], afirmando que "uma instalação racional permite, em grande parte, respeitar prazos impostos, evitar o desperdício de mão-de-obra e de materiais para facilitar a boa execução".

A organização do canteiro de obras deve tanto prever facilidades para as diversas linhas de preparação de materiais e equipamentos, como propiciar condições favoráveis e humanas para a mão-de-obra desempenhar a sua atividade.

Para tanto, é essencial que o arranjo do canteiro de obra seja feito através de um projeto cuidadosamente elaborado que contemple a execução do empreendimento como um todo, prevendo as diferentes fases da obra e as necessidades e condicionantes para cada uma delas. As dificuldades da implantação do canteiro de obras são ressaltadas por SZABO [1989], segundo o qual "na construção de edifícios, no qual

os meios de produção são móveis e o produto estacionário, está presente a tarefa particularmente difícil de planejar os espaços necessários e suficientes para o processo produtivo".

BAXENDALE [1987], através de medidas de produtividade em diversos canteiros de obra, aponta a organização do canteiro e do trabalho como fator determinante dos períodos não produtivos, durante a execução de uma atividade. Em seus levantamentos, encontra uma média de 51% como sendo o tempo efetivamente empregado pelos operários na execução das atividades. Entre os motivos de tempos não produtivos, destaca:

- A procura de materiais colocados distantes da posição de trabalho (17% do tempo);
- Esperas devidas à supervisão inadequada, falta de materiais e dificuldade de acesso de materiais (13% do tempo);
- Sobreposição de trabalhos ou áreas;
- Proporcionamento inadequado das equipes, entre outros.

LONGO [1989b] destaca a importância do planejamento do canteiro de obras para a organização da atividade produtiva e o aumento da produtividade. "O planejamento na implantação de um canteiro é uma peça fundamental para a organização da obra, onde a sua elaboração exige profundas reflexões, para

que não haja desperdícios de tempo, mão-de-obra e prejuízos financeiros". Em seu trabalho apresenta várias regras que procuram orientar o projeto dos canteiros, considerando a situação e a peculiaridade do canteiro a ser implantado, a localização e o tipo do empreendimento a ser executado.

O investimento, tanto de tempo como de recursos financeiros num canteiro eficientemente elaborado resultará, com grande certeza, num retorno financeiro, representado por um acréscimo de produtividade e diminuição de desperdícios, tanto de materiais como de mão-de-obra. Justifica-se este fato com argumentos como a diminuição das distâncias médias de transporte, ou a diminuição de perdas, devido a uma estocagem mais cuidadosa e adequada dos materiais. Não deve ser esquecido, entretanto, que também o fato de se propiciar melhores condições humanas e psicológicas aos trabalhadores, vai se refletir de modo positivo na motivação e produtividade dos mesmos, embora isso dificilmente possa ser medido de maneira objetiva.

#### **5.1.2 DEFINIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS CONSTRUTIVOS**

A definição das técnicas e métodos de produção é medida essencial que deve ser tomada para a diminuição da variabilidade tanto na produtividade dos serviços, como na qualidade e homogeneidade como os mesmos são elaborados. Nesta prática deve-se levar em consideração tanto os aspectos técnicos característicos do processo construtivo utilizado, como a própria "experiência" e tradição construtiva da empresa.

A definição das técnicas e dos métodos de execução empregados diminui as incertezas na execução das tarefas, cuja qualidade passa a ser mais independente da experiência e da motivação do operário que a está executando.

Dentro do sistema organizacional implantado nas obras tradicionais, o engenheiro, que é o responsável pela eficiência do conjunto e das partes, imbuí-se principalmente das atividades administrativas. Comumente, muito pouco de seu esforço resta para dedicar à melhoria dos procedimentos, assim, abrem-se lacunas quanto à sua atuação, neste sentido. Esta situação deve ser modificada, para que o engenheiro de obra tenha condições de resgatar a sua atribuição mais importante, a de ser o responsável e gerente técnico das atividades do canteiro e não simplesmente o administrador das obras.

Ainda é arraigada na prática construtiva a idéia de que, com a ajuda de um profissional prático experiente, como os "antigos mestres de obra", é possível resolver todos os problemas na obra. O fato de deixar com o executor a decisão de "como executar a tarefa" é também uma prática ainda comumente empregada na maioria das obras. Esta situação, embora possa ter sido induzida por problemas como o baixo nível de detalhamento dos projetos, pode levar a desperdícios e surgimento de patologias.

A clara definição dos procedimentos construtivos leva a uma maior definição das responsabilidades na execução de cada



serviço. MURTA [1989] aponta este fator como um dos essenciais para a obtenção da qualidade. "Este princípio leva à boa prática no projeto e a nível de gerenciamento do contrato. Ele deve ser estendido no canteiro de obras ao nível dos operários".

No exterior, podem ser encontrados com maior frequência os "códigos de prática construtiva" que servem de embasamento para elaboração dos procedimentos de obra. Um exemplo é a terceira parte do código britânico utilizado para a alvenaria estrutural [BSI, 1985].

No item 5.2 são apresentadas as diretrizes para a elaboração dos procedimentos construtivos, aplicados aos processos construtivos em alvenaria estrutural desenvolvidos no Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Construção Civil da EPUSP. Estes procedimentos tiveram que evoluir, em alguns casos, da descrição genérica das atividades para projetos de execução, isto é projetos que objetivam ordenar a forma de execução de determinado grupo de atividades para a elaboração de um serviço, em um determinado empreendimento.

A definição das técnicas e métodos de produção servirá também como base para a implantação de uma sistemática eficaz de controle da produção, pois estabelecerá padrões para a execução dos serviços. Proporcionará também, base para um planejamento mais eficiente da produção.

### 5.1.3 GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO

O gerenciamento da produção é outro fator fundamental para incremento do nível organizacional da obra. A simples organização das tarefas que são executadas tradicionalmente, através de um planejamento e de uma programação mais eficientes pode levar à diminuição dos desperdícios, ao aumento da produtividade, do desempenho e da qualidade dos produtos e serviços acabados. Uma boa gestão da produção conduz a um maior nível organizacional, caracterizando um incremento no nível de industrialização do processo e na diminuição das incertezas. Vários autores ressaltam a importância do gerenciamento da produção.

LOWE [1987] aponta o gerenciamento mais eficiente, com a redução de períodos não produtivos, planos de incentivo, treinamento, especialização e mecanização, como os principais fatores a serem observados para o incremento da eficiência da construção em termos de produtividade (ver tabela 5.1).

PRASCEVIC e IVKOVIC [1987] mostram a importância do gerenciamento da produção na indústria da construção, afirmando que "uma equipe desqualificada e inexperiente em seu trabalho de preparação, organização e gerenciamento do processo de produção causam: a escolha de métodos de trabalho inadequados; escolha de meios de produção não disponíveis e o trabalho desordenado entre os operários e entre estes e os equipamentos. Como resultado, estão presentes freqüentes

paradas no processo de produção e a diminuição da produtividade do trabalho".

**TABELA 5.1** Medidas para o aumento da eficiência da construção [LOWE, 1987].

	AUMENTO DA EFICIÊNCIA	SUBSTITUIÇÃO DO TRABALHO
GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Redução dos períodos não produtivos</li> <li>* Planos de Incentivo</li> <li>* Treinamento</li> <li>* Especialização</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Mecanização (capital por trabalho)</li> </ul>
GERENCIAMENTO DO PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Integração do projeto com a construção</li> <li>* Normalização</li> <li>* Coordenação modular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Edifícios Industrializados (Materiais por trabalho)</li> </ul>

HORNER et al. [1987] apontam o nível do controle gerencial como um dos fatores que mais fortemente influenciam a produtividade nos canteiros de obra, através de uma pesquisa de campo realizada em 12 obras na Grã-Bretanha.

O planejamento e programação da produção devem conciliar os aspectos econômicos dos empreendimentos, para que estes resultem dentro dos custos e dos prazos esperados, com os aspectos técnicos ligados à execução de cada atividade, para que estas resultem no desempenho e na qualidade esperadas. Este gerenciamento deverá propiciar condições humanas, técnicas e materiais favoráveis ao bom desenvolvimento destas atividades. Como exemplo desta postura, pode-se citar a necessidade da elaboração de uma programação que respeite tanto os prazos finais de cada etapa, como os tempos míni-

mos de execução de cada atividade, com a finalidade de se diminuir as patologias. Assim, por exemplo, na execução dos revestimentos argamassados, deve-se considerar os tempos necessários para a adequada cura das camadas para se evitar fissuração e descolamento.

Deve-se ter uma visão global do empreendimento no gerenciamento da produção, que diferencia-se profundamente da postura de ir resolvendo os problemas à medida que aparecem. Assim, as decisões tomadas deverão ter analisadas as suas repercussões no processo como um todo. Um planejamento e programação eficientes devem se basear em um projeto que lhes proporcione informações com uma qualidade adequada. Por isso também, é essencial que a racionalização na fase de execução seja precedida pela aplicação de medidas que objetivem a melhoria da qualidade do projeto.

#### 5.1.4 ORGANIZAÇÃO PARA O CONTROLE DA PRODUÇÃO

O nível organizacional da produção está também intimamente ligado à garantia da sua qualidade. Para GRIFFITH [1989] a qualidade não é apenas um problema de falta de tecnologia. "A falta de integração, coordenação e organização do processo construtivo, combinados com a influência de uma comunicação deficiente, mão-de-obra mal preparada, intransigência do gerenciamento e a falta de auditorias independentes é que estão na raiz dos problemas de qualidade nas construções convencionais".

Uma sistemática eficiente de controle de produção é, por sua vez, o instrumento que permitirá avaliar a introdução de mudanças visando o aumento de produtividade e qualidade, bem como garantir a constância tanto das características do produto ou serviço incorporados à construção, como do produto elaborado.

A mudança de atitude frente à construção do edifício passa pela necessidade de uma mudança de mentalidade. Normalmente, encontra-se na etapa de construção uma grande resistência na mudança de procedimentos que são "consagrados" pela experiência. Este fato é sempre reforçado pela baixo nível de treinamento utilizado na construção, que leva os operários se agarrarem à experiência passada, mesmo que esta não seja a mais adequada no momento.

A implantação de uma sistemática de controle da produção exigirá a implantação de uma estrutura administrativa e técnica que embasem as suas atividades. Esta, entretanto, não deve possuir uma complexidade tal que, por um lado torne o controle da produção uma atividade unicamente burocrática, nem, por outro lado, inviabilize a sua implantação, por representar um custo indireto difícil de ser absorvido. O argumento de não se implantar uma sistemática de controle da qualidade devido ao custo de sua implantação, devendo ser reservada apenas a grandes empreendimentos, demonstra por parte de quem o utiliza, que não compreendeu o alcance e os objetivos dos conceitos ligados à qualidade. É, portanto, fundamental que a infra-estrutura organizacio-

nal para o controle da qualidade da produção exista e seja coerente com a complexidade e importância do empreendimento.

A mudança de mentalidade e atitude diante de procedimentos consagrados pela tradição é tarefa que exige o dispêndio de grande esforço e persistência. Neste sentido, o engenheiro de obra torna-se uma figura fundamental no processo, pois apenas por sua insistência em alterar o estágio vigente, acreditando nas possíveis melhorias que possa implantar, é que irão surgir resultados positivos. No item 5.2.4 serão apresentadas algumas recomendações que deverão ser observadas na sistemática de controle da produção.

A organização da produção é diretriz essencial para a evolução tecnológica da Construção Civil, através da melhoria da qualidade dos processos e produtos e da implementação das medidas de racionalização. Assim, é essencial que as medidas implantadas durante a fase de construção tenham sempre como uma de suas premissas, a elevação do nível organizacional.

## **5.2 DIRETRIZES PARA A IMPLANTAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO NA FASE DE EXECUÇÃO**

A simplicidade é uma das características marcantes dos processos e sistemas construtivos em alvenaria estrutural, quando comparados com a maior parte dos processos constru-

tivos. Este fato facilita a aplicação de diretrizes de racionalização construtiva e torna bastante efetivos os resultados da aplicação destas diretrizes. Apesar disso, é comum se encontrar em obras de alvenaria estrutural a mesma mentalidade e a mesma forma de construir dos edifícios tradicionais, ou seja, com um baixo nível de organização. Isto, sem dúvida, leva a um menor aproveitamento das potencialidades destes métodos construtivos.

A seguir, serão apresentados alguns aspectos dos processos construtivos desenvolvidos no CPqDCC da EPUSP, os quais, na sua etapa de construção, caracterizaram-se por um elevado nível organizacional. Busca-se mostrar algumas diretrizes a partir das quais foi possível se atingir tal nível de organização. Pretende-se ainda, expor no item 5.3 alguns exemplos, nestes processos construtivos, de como estas diretrizes foram utilizadas.

#### **5.2.1 TREINAMENTO E MOTIVAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA**

Por mais aspectos técnicos que estejam envolvidos, o incremento da qualidade e produtividade de uma certa atividade não pode ser determinado apenas por mudanças tecnológicas. É preciso ter sempre presente, que além das mudanças tecnológicas, é necessária uma alteração de comportamento e mentalidade nas pessoas responsáveis pelos processos. Estas mudanças, por sua vez, são principalmente estabelecidas por fatores humanos e não tanto pelos materiais. CALAVERA [1991] destaca em seu trabalho a importância dos fatores

humanos, aos quais é dada muita pouca atenção em comparação aos fatores tecnológicos. Segundo este autor, "na realidade, um aspecto muito importante na maioria das atividades são precisamente as relações humanas entre as partes envolvidas, e em particular os aspectos psicológicos envolvidos no planejamento que o levam a ficar fora de controle".

GRIFFITH [1989] ressalta a importância da mão-de-obra para obtenção da qualidade, na fase de execução. "Eliminando-se todos os fatores externos - como as diferenças no projeto, métodos construtivos e materiais - a mão-de-obra empregada faz a diferença entre dois objetos idênticos como resultado de diferenças no trabalho de elaboração. Assim, a mão-de-obra é o aspecto mensurável mais determinante da qualidade no canteiro".

Desta forma, para se conseguir sucesso na implantação de alterações que objetivam o incremento da qualidade e produtividade, deve-se dar especial atenção a aspectos tais como a motivação e treinamento da mão-de-obra. HALL E FLETCHER [1989] citando trabalho do BRE ("Building Research Establishment") apontam a motivação como importante recomendação a ser seguida para a implementação da qualidade da construção. Esta opinião é compartilhada por MOTTEU e CNUDE [1989] destacam a motivação pelo trabalho como fator para obtenção da qualidade. "A qualidade depende em grande parte da motivação do pessoal, que pelo seu comportamento cotidiano, desempenha melhor ou não o seu traba-



lho". Estes autores associam a obtenção da qualidade com os aspectos econômicos e de produtividade a ela relacionados.

Na Construção Civil, ainda ocorre o emprego maciço de mão-de-obra nas diversas atividades. Esta situação é especialmente importante nas obras em alvenaria estrutural, pois, nestes processos, uma grande parte destas atividades são ainda desenvolvidas no canteiro de obras, em contraposição a outros processos racionalizados, nos quais se procura dar uma maior ênfase à produção dos elementos em fábricas.

Transformar uma mão-de-obra mal preparada e desmotivada em um grupo de profissionais competentes e treinados representa um desafio e requer um investimento adequado. Um primeiro passo para esta mudança de mentalidade é a elaboração de programas de treinamento.

Para a uniformização dos procedimentos construtivos, é necessário que os técnicos responsáveis por desempenhar aquelas atividades estejam treinados de forma a conhecerem claramente suas funções. É muito comum encontrar reclamações quanto ao nível de qualificação da mão-de-obra empregada na construção civil, mas apesar disso, são poucos os exemplos de empresas que estão preocupadas com a preparação da sua mão-de-obra.

Esta preparação deve contemplar não somente aspectos ligados à forma de execução das atividades, mas também deve ter um ponto de vista educacional, preparando as pessoas para

novos e maiores desafios. Neste sentido, programas como a alfabetização, ou treinamentos específicos de segurança do trabalho são altamente favoráveis à obtenção de um ambiente de trabalho mais eficiente. O treinamento tem outro aspecto fundamental, o de conscientizar todos os participantes do processo, da grande importância que tem o trabalho de cada um isoladamente para um resultado final positivo. SERRA [1992], comentando sobre alguns insucessos em programas de treinamento, afirma que "alguns destes programas dão ênfase excessiva ou até exclusiva ao aspecto técnico e processual do tema, deixando quase de lado os aspectos humanos".

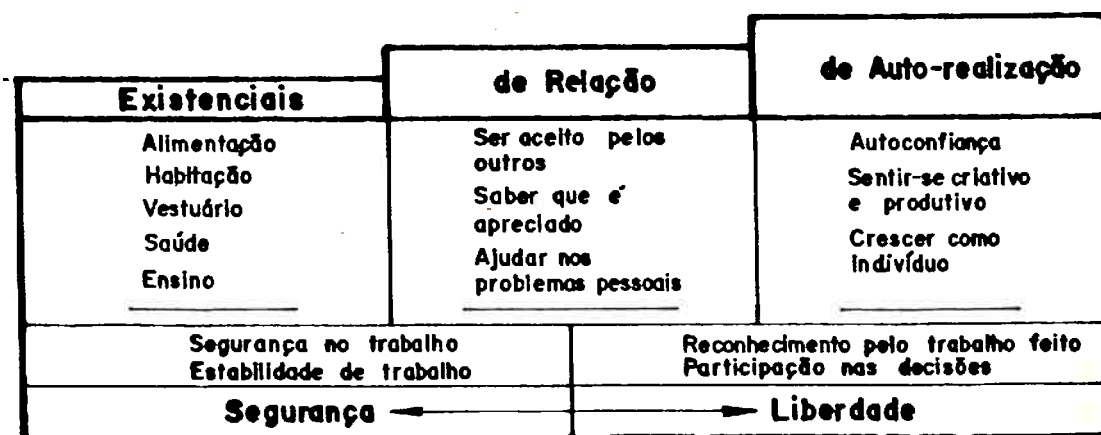
Como outros fatores que afetam a produtividade do trabalho, também o treinamento da mão-de-obra deve ser considerado e utilizado em conjunto com outras medidas. DUFF et al. [1987] apontam três fatores que influem no aprendizado das atividades na construção, alterando a sua produtividade:

- A repetição da atividade em ciclos;
- A continuidade do trabalho executado ininterruptamente; e
- O incentivo para que os executores estejam motivados.

Desta forma, o treinamento só surte efeitos positivos quando estes demais fatores são também considerados e implementados.

Finalmente, os programas de treinamento da mão-de-obra mostram-se especialmente importantes no caso específico de introdução de mudanças nas técnicas e métodos de produção. Sem ele, não se pode assegurar que as novas diretrizes e procedimentos a serem adotados estarão corretamente e completamente compreendidos por todos os executores e serão eficientemente empregados.

A motivação pelo trabalho, por sua vez, é um assunto complexo, que vem sendo discutido há muito tempo, por diferentes profissionais. Garcia Messeguer, citando os trabalhos de Maslow e Alderfer [GARCIA MESSEGUER, 1991] aponta três níveis de condicionantes para a motivação do trabalho humano, que podem ser observados na figura 5.2 Ressalta ainda, que um determinado grupo de fatores começa a intervir, a partir do ponto em que os fatores dos grupos anteriores estão satisfeitos.



**FIGURA 5.2** Escala das necessidades humanas [GARCIA MESSEGUER, 1991].

No primeiro grupo de necessidades, encontram-se aquelas básicas, ligadas com a sobrevivência, tais como alimentação, vestuário, habitação, saúde, ensino, etc. Embora este condicionante pareça ser óbvio, ainda são encontradas situações nas quais as condições mínimas de segurança ou higiene para o desenvolvimento das atividades em canteiro não são observadas. Estes aspectos não são considerados em muitos casos com sua devida importância.

Enquadra-se neste campo também a necessidade de uma remuneração correspondente a um trabalho desenvolvido com maior qualidade. Deve-se lembrar que o aumento de produtividade e qualidade deve se refletir em benefícios a todos os participantes do processo de produção e não tão somente aos usuários ou investidores.

O segundo aspecto, os de relação, correspondem à necessidade dos trabalhadores de serem reconhecidos como parte importante do processo, sendo aceitos pelos demais. Este aspecto é também comumente relegado a um segundo plano. Um exemplo que deixa este ponto em evidência é o fato de, em uma obra, nem todos operários terem consciência daquilo que estão construindo, conhecendo as características do edifício unicamente após a sua conclusão.

Deve-se lembrar que a obtenção de um maior nível de qualidade, tanto dos produtos como dos processos de produção, está associada à colaboração efetiva de todos os envolvidos no processo.

Finalmente, enquadram-se no último grupo os aspectos ligados à auto-realização, ou seja aqueles relacionados ao fato do indivíduo sentir-se útil, através da realização de sua atividade. Cabe ressaltar novamente, que estes últimos aspectos não começam a ser significativos até que as necessidades anteriores tenham sido satisfeitas.

CHIAVENATO [1987] apresenta através da figura 5.3 a seguir, alguns motivos de satisfação ou frustração das necessidades humanas, que condicionam o comportamento.



**FIGURA 5.3** Satisfação e a não satisfação (frustração) das necessidades humanas básicas [CHIAVENATO, 1987].

<b>FATORES MOTIVACIONAIS</b> (Satisfacientes)	<b>FATORES HIGIÊNICOS</b> (Insatisfacientes)
<b>Conteúdo do Cargo</b> (COMO O INDIVÍDUO SE SENTE A RESPEITO DE SEU CARGO)	<b>Conteúdo do Cargo</b> (COMO O INDIVÍDUO SE SENTE A RESPEITO DE SUA EMPRESA)
1. O TRABALHO EM SI 2. REALIZAÇÃO 3. RECONHECIMENTO 4. PROGRESSO PROFISSIONAL 5. RESPONSABILIDADE	1. AS CONDIÇÕES DE TRABALHO 2. ADMINISTRAÇÃO DA EMPRESA 3. SALÁRIO 4. RELAÇÕES COM O SUPERVISOR 5. BENEFÍCIOS E SERVIÇOS SOCIAIS

### Fatores Motivacionais e Fatores Higiênicos

**FIGURA 5.4** Fatores motivacionais e fatores higiênicos [CHIAVENATO, 1987].

Este autor lembra ainda que "a necessidade inferior (mais premente) monopoliza o comportamento do indivíduo e tende automaticamente a organizar a mobilização das diversas faculdades do organismo. Assim, as necessidades mais elevadas (menos prementes) tendem a ficar relegadas a um plano secundário".

A chamada "teoria do dois fatores" de Frederick Herzberg é citada por este mesmo autor. Segundo ela, o comportamento do trabalho dos indivíduos está condicionada a dois grupos de fatores: fatores higiênicos ou extrínsecos e fatores motivacionais ou intrínsecos (ver figura 5.4). A satisfação do indivíduo é comandada pelos fatores motivacionais; e a insatisfação, pelos fatores higiênicos, ou em outras palavras, "a satisfação no cargo é função do conteúdo ou das atividades desafiadoras e estimulantes do cargo: são os fatores motivacionais; e a insatisfação no cargo é função do

contexto, isto é, do ambiente, do salário, da supervisão, dos colegas e do contexto geral do cargo: são fatores higiênicos" [CHIAVENATO, 1987].

A remuneração, através da premiação pela consecução de determinada meta, é uma das formas mais freqüentes de se procurar incrementar a produtividade dos trabalhadores. Neste campo enquadram-se os pagamentos por produção ou tarefa, nos quais é determinado um preço, por unidade produzida ou por um conjunto de serviços. Apesar de ser usualmente empregada, esta forma de contratação pode apresentar uma série de inconvenientes, quando não adequadamente controlada, sobretudo na qualidade final do serviço.

Por outro lado, alguns autores discutem a efetividade da prática de se incentivar a produção, através de prêmios. HORNER et al. [1987], em uma pesquisa de campo realizada na Inglaterra, expõem que esta prática, ao longo do tempo, mostra-se ineficiente para o aumento da produtividade. Suas conclusões, entretanto, não podem ser diretamente transportadas para o Brasil, onde, na maioria dos casos, a satisfação das exigências básicas dos trabalhadores da Construção Civil ainda não foi alcançada.

A remuneração justa pelo serviço desempenhado é diretriz essencial, sem a qual não se pode esperar obter melhores resultados finais. Deve-se ressaltar que, apesar de representar um investimento, esta postura pode se refletir, em uma grande parte das vezes, na diminuição dos custos fi-

nais, quer seja pelo aumento e constância da produtividade, quer seja pela diminuição de falhas e problemas patológicos.

Ao lado de uma remuneração justa pelos serviços, outras medidas relativamente simples podem auxiliar na obtenção de um melhor nível de motivação da mão-de-obra. Dentre estas estão as seguintes:

- Conscientização de todos os participantes, através de desenhos e plantas, daquilo que está sendo construído, procurando destacar a importância do trabalho de cada um para o resultado final;
- Definição clara das responsabilidades e dos direitos de cada um no desenvolvimento de sua atividade;
- Estabelecimento de uma forma clara de comunicação que seja compreensível por todos os participantes do processo;
- Criação de um clima de cooperação, conscientizando que um bom resultado é melhor para todos;
- Compreensão por todos, de que as funções de controle da produção têm um objetivo de colaboração, para auxiliar cada um a desempenhar de melhor forma o seu papel, e não de punir por eventuais falhas encontradas.



Ressalta-se, finalmente, que por mais relevantes que sejam as modificações tecnológicas introduzidas na construção, estas terão uma pequena probabilidade de surtir os efeitos desejados se não forem levados em consideração os fatores humanos envolvidos na aplicação das mesmas.

### 5.2.2 RACIONALIZAÇÃO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

A racionalização construtiva não pode se restringir unicamente à fase de concepção dos empreendimentos, pois desta maneira nunca produzirá efetivamente resultados. Assim, é também necessário que se produza na fase de execução uma mudança de mentalidade, para que, através da colaboração de todos os envolvidos nos empreendimentos, viabilize-se a simplificação do trabalho e o melhor aproveitamento dos recursos.

O passo inicial para a otimização das técnicas construtivas é a sua padronização, para que, a partir de um estado inicial conhecido, possam ser implementadas e avaliadas as mudanças. Esta padronização pode iniciar pela elaboração dos "procedimentos construtivos", visando a implantação em uma determinada obra, um determinado tipo de processo construtivo, ou na empresa como um todo. Estes procedimentos construtivos, deverão servir como normas internas nas quais toda a execução deverá estar baseada.

A importância da padronização das técnicas construtivas é destacada por CORNICK [1989] que também reconhece as difi-

culdades na sua padronização. "A natureza da indústria da construção torna o controle da qualidade individual dos operários extremamente difícil e pouco aplicado". A forma de produzir um determinado serviço fica a critério do oficial que o está executando. Esta situação, além de favorecer o surgimento de desperdícios e a ocorrência de problemas patológicos, caracteriza-se por um total descontrole, que restringe qualquer iniciativa de melhoria dos procedimentos construtivos.

Os procedimentos construtivos elaborados vão embasar as demais ações que terão como objetivo aumentar a racionalização dos processos construtivos, durante a fase de execução. Assim, o estabelecimento das técnicas e métodos de produção mostra-se essencial para a implantação, dentre outras medidas, do controle de execução dos serviços, do treinamento da mão-de-obra, do planejamento da produção, da otimização dos procedimentos construtivos e da consolidação da "cultura construtiva" da empresa.

O controle da qualidade só pode ser exercido, se existe uma especificação clara e compreensível, tanto pelo controlador como pelo executor, daquilo que deve ser executado. Assim, a elaboração dos procedimentos de execução se torna crucial para esta atividade. Estes procedimentos servem de guia para que se identifique, dentro das diversas etapas de execução do serviço, quais verificações devem ser realizadas, possibilitando ao executor corrigir desvios, durante a exe-

cução, e não ao final dos serviços, quando se torna mais difícil e mais custosa a correção das imperfeições.

O treinamento da mão-de-obra, também só tem sentido, a partir da uniformização das técnicas construtivas. Caso não exista esta padronização, o treinamento só poderá se restringir a aspectos mais gerais, procurando motivar a mão-de-obra para a qualidade e produtividade. Mesmo assim, os resultados podem ser duvidosos, pois mesmo que se consiga motivar os trabalhadores, estes podem não conhecer a forma de se chegar aos objetivos pretendidos. O treinamento mais específico nas tarefas a serem executadas depende do efetivo estabelecimento da forma de executá-las.

Com a uniformização proporcionada pela implementação de procedimentos construtivos, reduzem-se drasticamente as incertezas resultantes do desenvolvimento das atividades na obra. Isto favorece à elaboração de um planejamento mais realístico, apoiado na real forma de execução dos procedimentos.

A otimização dos procedimentos construtivos também só pode ser realizada de maneira eficiente, através de introdução de modificações sobre aquilo que já é estabelecido. Caso contrário, as incertezas associadas à execução desuniforme podem tornar completamente errônea a avaliação do efeito da alteração introduzida. Por isso, a falta de padronização pode servir de instrumento para quem queira inviabilizar a aplicação de qualquer medida com que não concorde.

Finalmente, a padronização dos procedimentos construtivos servirá para o estabelecimento da "memória construtiva" da empresa, e neste sentido tem importância fundamental no incremento do nível de construtibilidade na fase de projetos. Assim, esta prática pode se constituir em um canal de comunicação entre os responsáveis pela concepção e pela execução dos edifícios, tornando-se um padrão pelo qual tanto os projetos como o planejamento e a execução das obras serão elaboradas.

A definição dos procedimentos construtivos interessa tanto aos executores dos serviços, como aos planejadores e aos projetistas. Assim, sua elaboração deve contar com a participação de todos. Entretanto, com o objetivo de se aumentar o nível de construtibilidade dos procedimentos, deve-se dar especial atenção à participação do pessoal responsável pela execução das obras. Neste trabalho, estes profissionais deverão contar inclusive com a colaboração de especialistas, quando for necessário.

Outro aspecto bastante relevante é o formato em que estes procedimentos são feitos. Para que seja um meio eficiente de comunicação entre os envolvidos no processo, necessitam ser estabelecidas normas de como estes procedimentos devem ser elaborados. A linguagem utilizada, o conteúdo e a forma de organização precisam ser coerentes com a finalidade dos mesmos, bem como a qualificação das pessoas que o utilizarão. Este fato pode levar à conclusão de que tais procedimentos não possuem uma apresentação única. Assim, sobre

um mesmo serviço, podem existir diferentes textos, com níveis, linguagem e aprofundamento diferenciado, conforme, por exemplo, a sua finalidade seja o retorno para a elaboração do projeto, ou o treinamento da mão-de-obra menos qualificada.

Em todos os casos, a elaboração dos procedimentos construtivos deve procurar aumentar a eficiência na execução das atividades. GRIFFITH [1986b] destaca a importância da diminuição da complexidade e o aumento da continuidade das tarefas a serem executadas no canteiro de obras, como forma de aumento da produtividade. "A complexidade da seqüência da construção e a falta de definição dos limites de cada atividade são os fatores que mais causam interrupções no processo produtivo". Aponta ainda estas interrupções como causa da perda de eficiência do processo. "Existe uma forte correlação entre o consumo de mão-de-obra e o grau de interrupção da seqüência construtiva".

O'CONNOR e DAVIES [1988] estendem o conceito de construtibilidade à fase de execução, e afirmam que "a construtibilidade é incrementada quando são utilizados métodos de construção aprimorados". Para estes autores, o aperfeiçoamento dos métodos de produção envolve, entre outros, fatores tais como o aprimoramento da seqüência construtiva, o uso de ferramentas e equipamentos especiais, o emprego de pré-moldagem, a melhoria da infra-estrutura no canteiro e a "cultura construtiva" da empresa executora.

Os princípios utilizados na elaboração dos procedimentos construtivos devem ser dirigidos, antes de mais nada, ao aumento da racionalização, através do incremento da construtibilidade, bem como à diminuição da probabilidade de ocorrência de falhas durante a execução. Para tanto, destacam-se as seguintes diretrizes para o estabelecimento destes procedimentos; estas foram divididas, de uma forma geral, em diretrizes tecnológicas e organizacionais:

#### A) Diretrizes Tecnológicas

- Deve-se procurar a simplificação das atividades ligadas a execução, reduzindo o número de operações, tanto no que diz respeito a tarefas, equipamento e materiais. HORNER et al. [1987], apontam a complexidade e a repetição das operações como parâmetros fundamentais para o incremento da construtibilidade. SILVA [1988] alerta que a continuidade do trabalho, a complexidade da execução e a repetição das operações são essenciais para a definição da produtividade dos serviços. Atribui ao planejamento da execução a tarefa de garantir estes fatores e conclui que "com a mesma concepção física do produto pode-se obter resultados significativamente diferentes em termos de produtividade, em função da concepção organizacional do processo". Também GRIFFITH [1987] esclarece que se deve procurar simplificar as operações em obra, buscando diminuir a complexidade e a interferência entre os serviços;

- A forma de executar uma atividade deve ser coerente em termos de racionalização e nível tecnológico com o projeto do edifício;
- Deve-se procurar que as atividades sejam executadas sem interrupções, nem que interrompam os demais serviços. GRIFFITH [1987] esclarece que as operações em campo devem ser organizadas e planejadas para a execução de maneira mais direta possível;
- Deve-se garantir condições adequadas de trabalho, no que se refere a peso e formato de peças, componentes e ferramentas a se transportar e manipular, bem como dos espaços disponíveis para manobra e disposição provisória;
- Deve-se ter coerência, em termos de precisão dimensional, com os demais serviços que são dependentes deste e com a precisão geral estabelecida no projeto; a importância da precisão dimensional dos elementos é destacada no trabalho de HOLICK e VORLICEK [1986], associando a necessidade de uma precisão dimensional crescente dos edifícios com a introdução de novas tecnologias construtivas. A precisão dimensional na execução dos elementos construtivos é também analisada por VISSER [1986] que também destaca a importância crescente deste aspecto em todas as fases do empreendimento;

- Deve-se considerar as demais atividades associadas à atividade em questão para que não ocorram possíveis interferências, quando se otimizam os procedimentos individualmente;
- Os procedimentos adotados devem ser compatíveis com a forma de produzir da empresa, inclusive no que diz respeito a formas de contratação de mão-de-obra e equipamentos a serem empregados, recursos disponíveis no canteiro de obras e fora deste, etc.;
- Deve-se procurar desenvolver e utilizar equipamentos os mais simples possíveis para dar apoio à execução dos serviços;
- A pré-moldagem e a centralização de atividades repetitivas na forma de linhas de produção mais organizadas, tanto no canteiro, como fora deste, deve ser incentivada;

#### B) Diretrizes Organizacionais

- Deve-se objetivar a melhor aplicação dos recursos disponíveis, sejam estes materiais, equipamentos ou mão-de-obra;
- Deve-se estar atento para possíveis interferências na execução dos serviços, planejando-se os espaços ocupados na elaboração de cada subsistema, bem como proporcionando o tempo adequado para o desenvolvimento de cada atividade;



- Os procedimentos empregados devem ser coerentes com o nível de profissionalização e treinamento dos operários;
- Deve-se procurar padronizar as tarefas para um mesmo subsistema. Assim, deve-se, por exemplo, ter uma única forma de executar a alvenaria para todo o edifício;
- O planejamento e programação dos serviços devem ser realistas e estar orientados tanto aos aspectos estratégicos e táticos do planejamento empresarial, quanto aos condicionantes técnicos de duração e prazo para a realização das tarefas;
- Os procedimentos devem ser elaborados de forma clara e compreensível para que se evitem equívocos da mão-de-obra, com o conseqüente aumento da qualidade e produtividade. GRIFFITH [1987] ressalta que se necessita da clara comunicação das intenções do projetista aos executores e o retorno detalhado para a implementação da construtibilidade do projeto;
- Deve-se propiciar condições não agressivas para o desenvolvimento das atividades humanas, fornecendo condições favoráveis para uma alta produtividade e para que esta se mantenha ao longo do tempo. Deve ser dada especial atenção aos aspectos de segurança e sanidade dos trabalhadores envolvidos na execução; SILVA [1988] lembra que "alguns aspectos como o

treinamento, que proporciona uma ação gerencial descentralizada, a motivação, que afeta as relações interpessoais no canteiro; a segurança no trabalho, que atua como fator motivador contextual e está também diretamente relacionado com a continuidade do trabalho são fatores que condicionam a ação gerencial e devem ser elementos para compor a concepção organizacional do processo";

- Deve-se procurar motivar os trabalhadores, explicando as razões pelas quais os procedimentos foram elaborados daquela maneira e ouvi-los para avaliar possíveis modificações. Este aspecto é destacado por O'CONNOR et al. [1986] que propõem formas de coletar idéias para o incremento da construtibilidade durante a execução dos empreendimentos;
- O controle de produção das atividades deve ser coerente com a capacidade da mão-de-obra e dos meios físicos deixados à disposição para a produção.

Tem-se como objetivo básico da aplicação das diretrizes expostas acima o incremento do nível organizacional da obra, contribuindo tanto com a racionalização como com o incremento do nível de industrialização dos procedimentos. Estas diretrizes foram empregadas nos processos construtivos desenvolvidos no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da EPUSP. Os procedimentos resultantes da sua aplicação, bem como a avaliação da aplicação destes

procedimentos nas obras dos edifícios pilotos são apresentados no item 5.3.

### 5.2.3 RACIONALIZAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS (PROJETO DO MÉTODO DE EXECUÇÃO)

Em outros setores industriais, dedica-se tanta atenção ao projeto do processo produtivo quanto ao projeto do produto. A garantia de obtenção de um determinado nível de produtividade e qualidade tem como requisito, não só o desempenho do produto propriamente dito, mas também dos procedimentos utilizados na sua elaboração. Com isso, torna-se essencial que se projetem as formas de produção com um nível de qualidade coerente com as demais etapas e tarefas racionalizadas. A mesma situação normalmente não é encontrada na Construção Civil.

Os procedimentos construtivos são elaborados, tendo-se em perspectiva a aplicação em uma determinada técnica executiva, independentemente do local e da obra em que esta tarefa é executada. Isto é, aplica-se, por exemplo à execução da alvenaria, ao assentamento de uma esquadria, à execução de um tipo específico de revestimento.

Com o incremento do nível organizacional da execução, bem como do detalhamento dos projetos, torna-se necessário algumas vezes coordenar a execução de todo um determinado método construtivo. Nestes casos, as tarefas não podem ser compreendidas dentro de especificações genéricas, como foi

feito no caso das técnicas construtivas, pois passam a ser importantes características próprias do edifício que está sendo executado. Assim, estes métodos construtivos de maior nível organizacional devem ser desenvolvidos, tendo-se em vista a aplicação em uma determinada obra. Desta forma, estes caracterizam-se, como projetos dos métodos de execução. Diferenciam-se dos projetos normalmente utilizados, porque apresentam como maior objeto de suas recomendações, o processo de produção e não o produto propriamente dito.

A aplicação deste tipo de projeto caracteriza a necessidade da elevação do nível de organização a um estágio superior que o conseguido com a implantação apenas de técnicas construtivas otimizadas. A necessidade do surgimento deste tipo de projeto representa, portanto, uma evolução natural, no nível organizacional da obra.

De maneira geral, os princípios utilizados para a elaboração dos "projetos de execução" são os mesmos empregados para a elaboração dos procedimentos executivos. Neste caso, o que se altera é o nível e exigência de algumas diretrizes, uma vez que os métodos de produção caracterizam-se pela maior complexidade que as técnicas tomadas isoladamente.

Requer-se, neste caso, uma mudança mais radical de postura quanto à organização da obra, que aquela normalmente requerida na aplicação de técnicas otimizadas. Por outro lado,

as dificuldades de implantação e a incerteza do retorno em termos de custos e produtividade são maiores.

Na aplicação de medidas que envolvam a otimização de todo um método construtivo, deve haver um maior grau de integração entre o projeto e a execução da obra, com uma interação constante e uma resposta adequada sobre os resultados. Por este motivo, a aplicação deste tipo de projeto também representa um grande acréscimo no nível de construtibilidade do projeto, pois configura-se, em essência, a atitude de "pensar como executar", antes do momento da execução.

Deve-se dar também uma atenção especial ao planejamento e à programação das atividades, uma vez que, por sua maior extensão, apresentam uma maior possibilidade de interferirem com outros serviços.

São poucos, na Construção Civil, os exemplos de projetos cuja preocupação sejam os métodos de produção. Uma exceção são os projetos de fôrmas racionalizadas, que além do projeto dos componentes propriamente ditos, definem uma determinada e fixa maneira de executar as atividades, na montagem, concretagem e desforma. Nos processos construtivos desenvolvidos, foram também concebidos alguns projetos de execução inéditos. São dois bons exemplos, os projetos de execução das "lajes acabadas" e os projetos de "assentamento da alvenaria", descritos no item 5.3.3.

#### 5.2.4 CONTROLE DA PRODUÇÃO

O controle da produção é a ferramenta básica para se garantir que os procedimentos e projetos de execução sejam aplicados de forma coerente, aumentando a probabilidade de obtenção dos resultados esperados. A atividade de controle da produção, na construção civil, ainda é muito incipiente, quando se consideram a sua importância e a complexidade dos projetos e meios de produção.

Na maioria das vezes, o controle da produção restringe-se apenas a alguns subsistemas, de forma não metódica e, tendo-se como objetivo a "verificação" de algumas características. Para que atenda ao objetivo de auxiliar no incremento a racionalização construtiva é essencial que se mude a postura errônea de considerar o controle da qualidade apenas como ferramenta de verificação. Nestes casos, o controle da qualidade mostra-se muitas vezes ineficaz para garantir a própria qualidade do produto, uma vez que depois cometido e constatado o erro, em boa parte das vezes, existe a tendência de se aproveitar ao máximo o serviço, mesmo que incorreto, minimizando as atividades de retrabalho. GRIFFITH [1989] afirma que a pouca rejeição dos trabalhos encontrada nos sistemas de garantia da qualidade da construção mostra que estes são muitas vezes meramente formais. "A necessidade de produção no limite da capacidade produtiva é tomada claramente como prioritária sobre a manutenção do nível de qualidade da produção". Neste caso,

este controle da produção mostra-se também ineficiente para incrementar o nível de qualidade do processo de produção, uma vez que não intervém diretamente neste, mas no produto acabado. CORNICK [1989] aponta a falta de retorno dos erros identificados na etapa de execução como uma das barreiras à implantação dos sistemas de qualidade às práticas da construção.

O controle da qualidade de produção baseia-se por um lado nas especificações do produto, sendo assim influenciado diretamente pela qualidade com que os projetos são executados. Por outro lado, é também dependente da maneira com que as tarefas são executadas, e por isso depende também da qualidade tanto dos procedimentos como dos projetos de execução. A partir destes documentos devem ser estabelecidas, para cada determinado procedimento construtivo, as etapas em que as verificações devem ser feitas, bem como o seu conteúdo e especificações, e principalmente a forma de agir no caso de ocorrência de "não conformidade".

Deve-se ressaltar que, por ser instrumento de correção e não de verificação, os resultados do controle da produção devem ser disponíveis em tempo hábil para que se proceda às modificações na maneira de se produzir. Assim, pode ser mais recomendável que a avaliação de uma determinada característica seja realizada por uma inspeção visual, mesmo que esta possa corresponder a uma avaliação mais subjetiva e menos precisa, mas que forneça resultados imediatos, em contraposição à verificação feita através de equipamentos

ou ensaios, que sejam mais precisos, porém de resposta mais demorada.

Outro aspecto que deve ser estabelecido é a amostra sobre a qual se aplica o controle de produção. Pode ser interessante que algumas características sejam controladas em todos os elementos produzidos, como por exemplo, o prumo e as características geométricas das paredes. Isto não é obrigatório para todos os serviços. Em alguns casos, como se faz com o controle de qualidade dos materiais, poder-se-ia adotar o controle estatístico, através de uma amostra do universo de serviços realizados.

Segundo GRIFFITH [1989], os seguintes atributos podem ser associados a um efetivo controle da qualidade na fase de execução dos empreendimentos:

- "Diminuição dos defeitos resultantes do uso de materiais defeituosos ou inadequados;
- Diminuição das interrupções da seqüência construtiva, resultando no trabalho repetitivo e de qualidade;
- Planejamento mais realístico e realizável;
- Maior retroalimentação de informações sobre o desempenho para projetos futuros;
- Maior ligação entre projeto e execução;



- Maximização da economia;
- Redução do tempo de construção;
- Melhoria da reputação (imagem) dos contratados".

Por ser muito pouco empregado nas obras da construção civil, praticamente inexistente, na maioria dos casos, uma estrutura administrativa implantada para a realização do controle da qualidade de execução. Nestes casos, é necessário que se providencie a estrutura e os instrumentos necessários à execução desta tarefa, como foi discutido no item 5.1.4.

Como as demais tarefas ligadas à racionalização e qualidade, também o controle da qualidade da produção não trará maiores efeitos se não fizer parte de uma postura mais geral, praticada em todas as fases do empreendimento. A forma de realizar o controle da produção deve ser coerente com as demais medidas de garantia da qualidade utilizadas pela empresa. Para a sua implementação, pode-se utilizar metodologias como a proposta pelas normas internacionais [ABNT, 1990a; 1990e].

O controle da qualidade de execução na construção civil, com exceção de alguns raros exemplos, ainda está nos estágios iniciais. Assim, esperar um comportamento mais positivo, como o auto-controle por parte de quem executa as atividades, parece no momento muito distante. Para que se ultrapassem estes estágios iniciais, são ainda necessárias

algumas etapas de amadurecimento. Contudo, é importante que se trilhem estes primeiros passos, sem os quais nunca se chegará a um maior nível de qualidade, que já é característico dos demais setores industriais.

### **5.3 APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES RACIONALIZADAS À EXECUÇÃO**

Apresentam-se a seguir, alguns exemplos de aplicação das diretrizes de racionalização na etapa de execução dos empreendimentos. Estes exemplos, entretanto não podem ser considerados como estágio final do desenvolvimento destas atividades. O aprimoramento das tarefas na fase de execução requer contínua atenção e aperfeiçoamento. Um bom exemplo observado disso foi a introdução do escantilhão para auxílio do assentamento da alvenaria. Esta peça e sua forma de utilização atual, descritas a diante, já passaram por cerca de dezesseis versões anteriores.

A grande maioria dos procedimentos construtivos empregados, foram desenvolvidos antes do início da execução da obra. Destaca-se, entretanto, que, durante a utilização destes equipamentos, foram introduzidas alterações que aumentaram o seu desempenho. Na criação de muitos destes procedimentos e equipamentos, tomaram parte diferentes profissionais, com diferentes atribuições e trabalhando em etapas distintas do processo de produção.

Novamente cabe ressaltar que, para a obtenção de resultados significativos, as iniciativas não podem ser implementadas de maneira isolada. Resultados significativos da aplicação destas medidas só podem ser conseguidos a partir de uma mudança de atitude global, envolvendo todos os participantes da construção.

As medidas apresentadas a seguir, com os seus respectivos resultados, foram empregadas nos processos construtivos desenvolvidos na EPUSP e, em particular, no processo construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto desenvolvido através de convênio de cooperação tecnológica com uma empresa da iniciativa privada. Nesta pesquisa, teve-se a oportunidade de intervir com a implantação destas medidas na execução das obras de edifícios protótipos, construídos na cidade de Goiânia - GO, executados por uma das regionais da empresa.

### **5.3.1 TREINAMENTO DA MÃO-DE-OBRA E ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS**

Para a introdução das medidas de racionalização dos processos de produção, teve-se que desenvolver um trabalho prévio de conscientização, iniciando-se pelo nível de planejamento estratégico da empresa, passando pelos diversos níveis de decisão culminado com o treinamento em obra das equipes de oficiais e auxiliares para a execução das tarefas.

Durante todo o desenvolvimento do trabalho, deu-se uma especial atenção para a conscientização, em todos os níveis, da importância da alteração do comportamento frente ao desafio de se aumentar o desempenho, a produtividade e a qualidade do processo construtivo em questão. Inicialmente, como instrumento desta conscientização, propôs-se introduzir algumas destas alterações gradativamente nas obras que já se encontravam em andamento. Com isso, desde o início da concepção e aprimoramento das técnicas e métodos de produção, pôde-se contar com a efetiva colaboração do pessoal envolvido em obra. Neste estágio, foram feitas também algumas exposições, voltadas para gerentes, e para engenheiros e arquitetos envolvidos nos projetos dos edifícios.

O treinamento da mão-de-obra realizado no próprio canteiro foi dividido em duas etapas. A primeira etapa era voltada ao treinamento e à conscientização dos mestres-de-obra e encarregados de equipes de produção. A segunda etapa de treinamento foi destinada aos oficiais e ajudantes envolvidos na execução das tarefas.

Neste treinamento, deixou-se claro o objetivo da implantação das técnicas e procedimentos diferenciados. Explicou-se, utilizando uma linguagem própria para cada grupo treinado, o que é o processo construtivo em alvenaria estrutural não armada, quais suas principais características, as suas aplicações, qual a expectativa geral com a aplicação destas novas técnicas de produção e finalmente procurou-se

ressaltar a importância do trabalho realizado em todos os níveis para a obtenção de um melhor resultado.

A etapa de treinamento dos oficiais e ajudantes se estendeu por um período de cerca de duas semanas de treinamento prático. Neste período, estes trabalhadores foram treinados por instrutores que também possuíam experiência prática. Neste treinamento, a equipe de produção do edifício teve a oportunidade de reproduzir praticamente metade da planta de um andar tipo, porém fora da planta do edifício, antes do início do assentamento da alvenaria. Isto eliminou a "obrigação" dos treinandos fazerem certo já da primeira vez (que ocorre quando o "treinamento" é feito na planta definitiva), e cada técnica e detalhe utilizado pode ser feito, desmanchado e refeito quantas vezes fossem necessária para a clara compreensão de como se executar a tarefa.

No desenvolvimento destes projetos, tanto os profissionais envolvidos na fase de concepção, quanto a mão-de-obra utilizada na fase de execução, foram remuneradas de forma diferenciada da que vinha sendo normalmente feita pela empresa. No caso específico da execução dos edifícios protótipos, procurou-se evitar premiações por produtividade, estabelecendo-se inicialmente uma remuneração maior e colocando como objetivo primordial a obtenção de uma maior qualidade do trabalho. Após os estágios iniciais da produção, foram fixados alguns prêmios por equipes e individuais, quando eram alcançadas as metas estabelecidas. Estas metas

foram fixadas com base na produção das equipes até a data do seu estabelecimento.

Outro aspecto que mereceu grande atenção por parte dos executores da obra foi a organização do canteiro. Dos aspectos que apresentaram uma evolução em relação aos canteiros que vinham sendo executados, podem-se destacar os seguintes:

- O arranjo das áreas de produção, estoque e administração da obra, de forma a minimizar as interferências e os transportes;
- Instalações provisórias (salas para pessoal administrativo, almoxarifado, refeitório, banheiro, sala de aulas, etc.) que apresentaram um padrão de conforto melhor que os que vinham sendo utilizados na regional;
- Áreas adequadas e protegidas para a preparação e estoque dos materiais. Um detalhe que reflete o espírito desta obra foi o embutimento subterrâneo das instalações elétricas provisórias, evitando-se a utilização de extensões improvisadas.

Os cuidados descritos acima, tanto de treinamento da mão-de-obra como de organização do canteiro apresentaram resultados bastante significativos durante a execução dos serviços. O nível de conscientização para a qualidade na execução foi alto, sendo que os desvios na execução dos servi-

ços acabaram se mostrando significativamente inferiores às tolerâncias projetadas inicialmente.

A produtividade da mão-de-obra, mostrou-se inicialmente menor da que vinha sendo obtida anteriormente, porém com o passar do tempo, esta elevou-se a níveis avaliados como superiores aos obtidos anteriormente, quando analisada do ponto de vista global.

A motivação dos trabalhadores mostrou-se superior, com a mudança de comportamento, que pode ser observada, por exemplo, através da limpeza observada tanto no canteiro como na própria obra. Em especial, conseguiu-se que todas as modificações propostas na fase de projeto pudessem ser implantadas, utilizadas e assimiladas pela mão-de-obra responsável pela execução, sem que se observasse muita resistência a estas mudanças.

### 5.3.2 RACIONALIZAÇÃO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

Muitos procedimentos construtivos foram modificados para se aumentar a produtividade dos serviços. A seguir apresentam-se alguns dos procedimentos utilizados nos processos em alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto. O detalhamento completo destes procedimentos construtivos pode ser encontrado nos relatórios técnicos sobre esta pesquisa [FRANCO et al., 1991b; 1991c]. Os exemplos apresentados referem-se às seguintes técnicas construtivas:

- Assentamento dos blocos de alvenaria;
- Colocação de esquadrias;
- Embutimento das instalações elétricas.

Além das técnicas de construção propriamente ditas, para alguns destes procedimentos procurou-se modificar ou criar algumas ferramentas de trabalho. De forma geral, percebe-se que pouca atenção é dada às ferramentas empregadas na construção civil. Observa-se que praticamente não houve nenhuma mudanças nas características dos equipamentos utilizados nos canteiros de obra nas últimas décadas, para tarefas como o assentamento dos blocos, a execução dos revestimentos, etc. Uma situação semelhante é reportada por CHEETHAM e TURNER [1989] nas obras do Reino Unido. Estes pesquisadores afirmam que na grande maioria dos casos, não se consideram as ferramentas como parte integrante da linha de produção do canteiro, mas unicamente "uma ajuda no desenvolvimento de tarefas que de outra maneira poderiam ser desenvolvidas com um trabalho mais intenso". Muitas das ferramentas propostas apesar de simples, apresentaram resultados bastante satisfatórios.

Os procedimentos propostos procuram incluir a maior parte das diretrizes citadas nos itens anteriores e, sua aplicação modificou de maneira expressiva a forma de executar a própria obra.



### 5.3.2.1 ASSENTAMENTO DA ALVENARIA

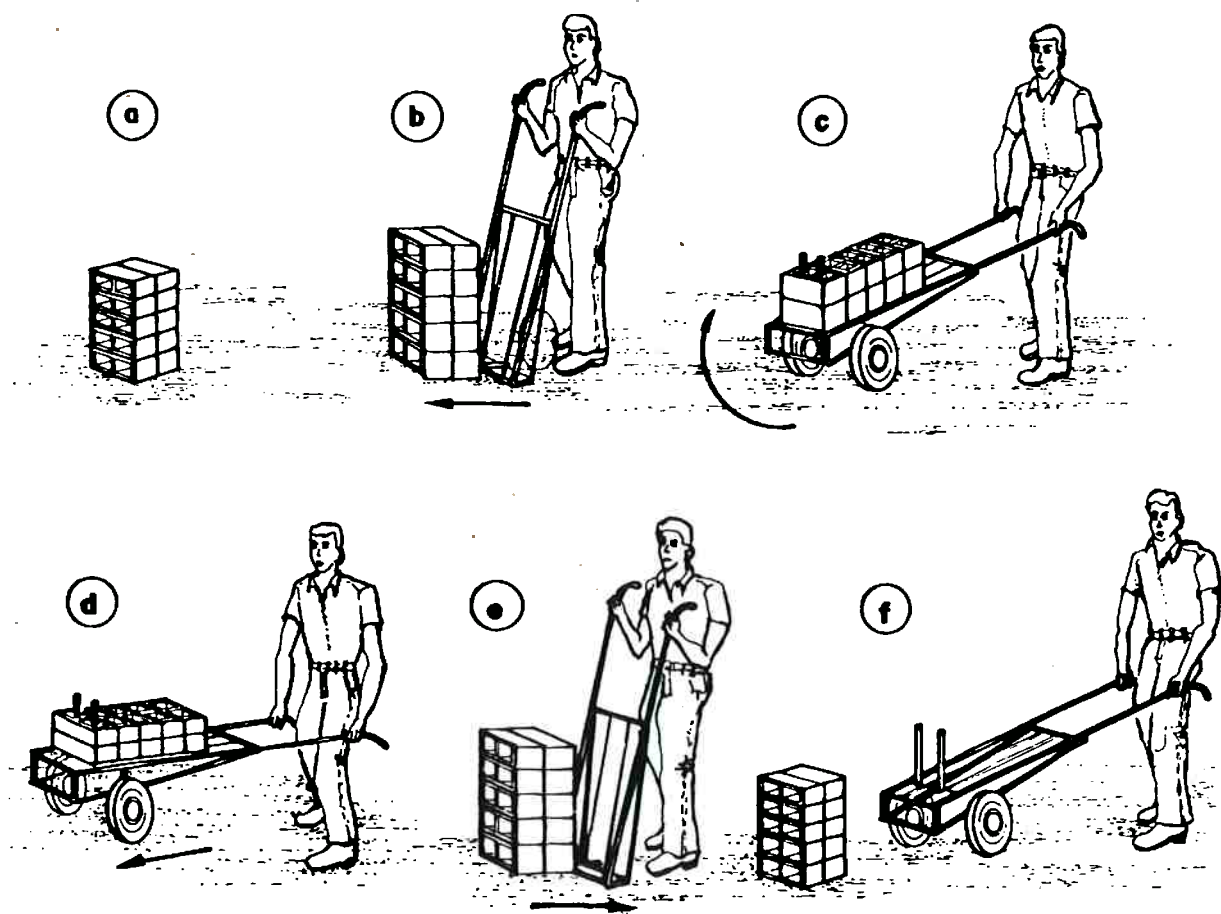
Para a execução do assentamento da alvenaria foram empregados alguns equipamentos especiais destinados a aumentar a produtividade e a precisão na execução deste serviço. Estes equipamentos são:

- carrinho para transporte dos blocos;
- cavaletes e andaimes metálicos desmontáveis;
- caixote de argamassa;
- escantilhão;
- esticador de linha;
- régua de nível e prumo;
- bisnaga.

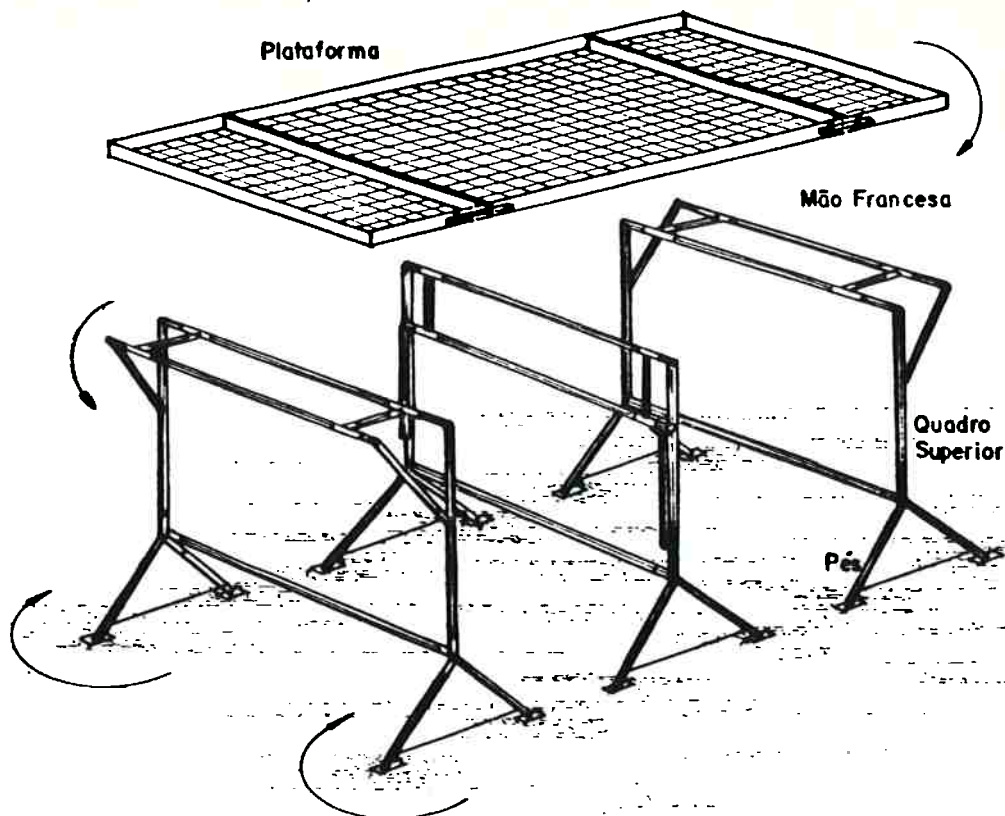
O carrinho foi desenvolvido para facilitar o transporte dos blocos, do estoque até o local do assentamento. Os blocos são transportados em pequenas pilhas com dez unidades. A partir do momento em que estas pilhas são formadas, ainda no pátio de estocagem, não é mais necessário, em nenhuma etapa do transporte, que haja a manipulação direta destes componentes (ver figura 5.5).

Os andaimes são peças leves e desmontáveis que podem ser transportadas manualmente e rapidamente montadas (ver figura 5.6). Uma modulação coerente das plataformas de trabalho permitiu que tais equipamentos fossem empregados em todos ambientes do pavimento tipo.

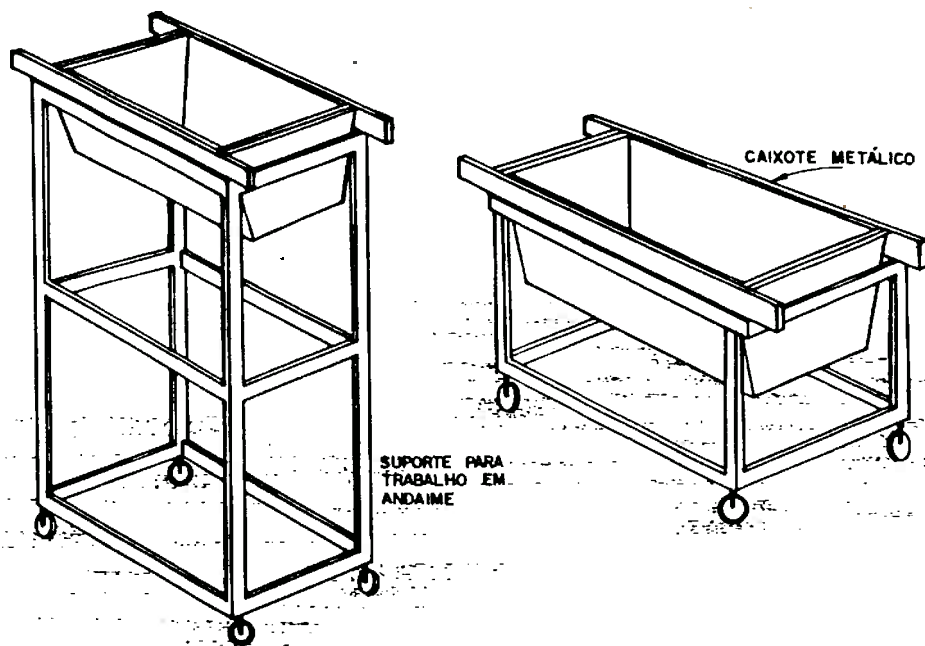
Os cavaletes destes andaimes constituem-se de barras tubulares. Para seu transporte, seus pés e os suportes da plataforma giram de forma que esta peça se torne predominantemente plana. A plataforma é constituída de cantoneiras metálicas que estruturam uma tela. Ela possui articulações feitas através de dobradiças, que permitem que esta peça seja dobrada em um tamanho menor, facilitando também o seu transporte.



**FIGURA 5.5** Transporte dos blocos de concreto: (a) pilha de blocos preparada para o transporte; (b) e (c) carregamento dos blocos; (d) transporte; (e) e (f) descarga dos blocos.

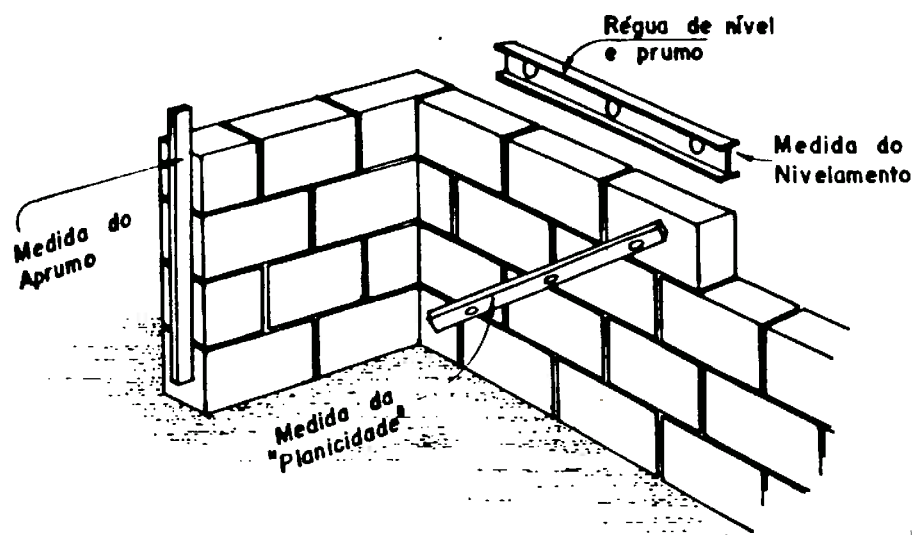
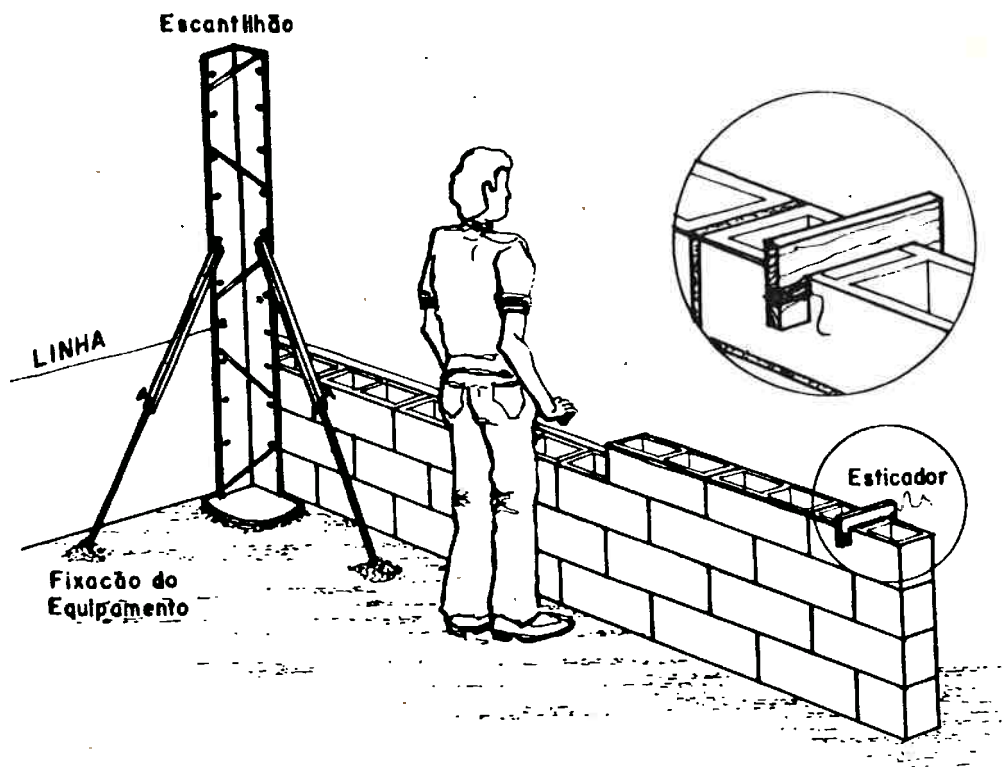


**FIGURA 5.6** Montagem dos andaimes.



**FIGURA 5.7** Caixa com suporte para a colocação da argamassa.

O caixote de argamassa foi dimensionado para o menor consumo de argamassa esperado pelo processo construtivo. Faz parte deste equipamento um suporte especial que possui uma

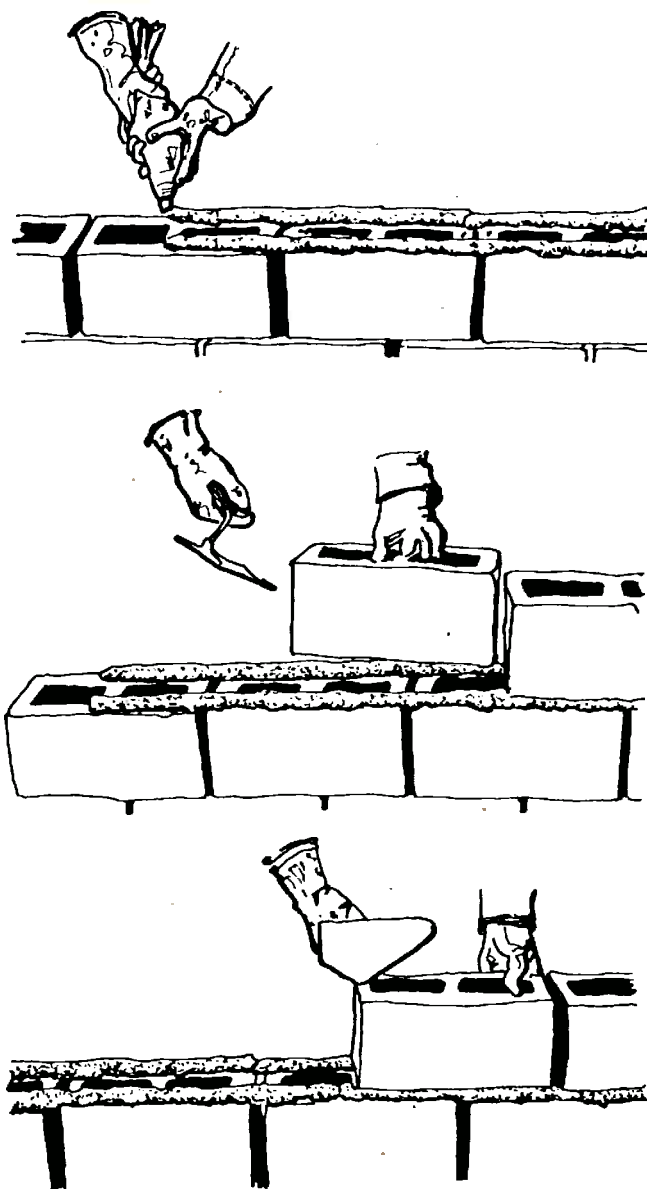


**FIGURA 5.8** Equipamentos auxiliares utilizados para assentamento da alvenaria: escantilhão; esticador de linha; e régua de nível e prumo.

altura conveniente para o oficial pedreiro utilizar a argamassa, mesmo quando este se encontra sobre o andaime. Este suporte possui ainda rodas que permitem pequenos deslocamentos, empurrando-se o conjunto (ver figura 5.7).

O escantilhão, o esticador de linha e a régua de prumo são ferramentas auxiliares que permitem o perfeito posicionamento dos blocos (ver figura 5.8). O escantilhão materializa uma das arestas das paredes antes que esta seja levantada. Na sua utilização, substitui-se por uma única tarefa de posicionamento destas peças, a execução dos tradicionais "castelos" nas extremidades das paredes, quando o posicionamento de cada bloco é feito independentemente. O esticador é uma peça muito simples, mas que substitui o procedimento de se enrolar a linha em um bloco colocado sobre a parede. Finalmente a régua com bolhas serve para o pedreiro conferir tanto o nivelamento, alinhamento, "planicidade" e prumo das paredes (e de outros componentes utilizados na construção), de uma forma mais rápida e precisa, substituindo três ferramentas anteriormente empregadas.

Finalmente, a bisnaga é utilizada para se espalhar a argamassa durante o assentamento dos blocos. Este equipamento permite extrudar um cordão contínuo de argamassa, com uma espessura constante e suficiente para que, sem perda de argamassa e sem a necessidade de se deslocar e mover excessivamente os blocos, se consiga colocá-lo em sua posição definitiva (ver figura 5.9).



**FIGURA 5.9** Seqüência de assentamento dos blocos de concreto.

Este procedimento de assentamento da alvenaria permitiu a execução dos serviços com uma grande produtividade, diminuindo a perda de argamassa e quebra excessiva dos blocos e permitiu ao mesmo tempo que a alvenaria fosse executada com uma maior regularidade e precisão. Para ilustrar este fato, destacam-se, novamente, os valores de consumo de mão-de-obra já apresentados anteriormente na tabela 4.4. (ver item

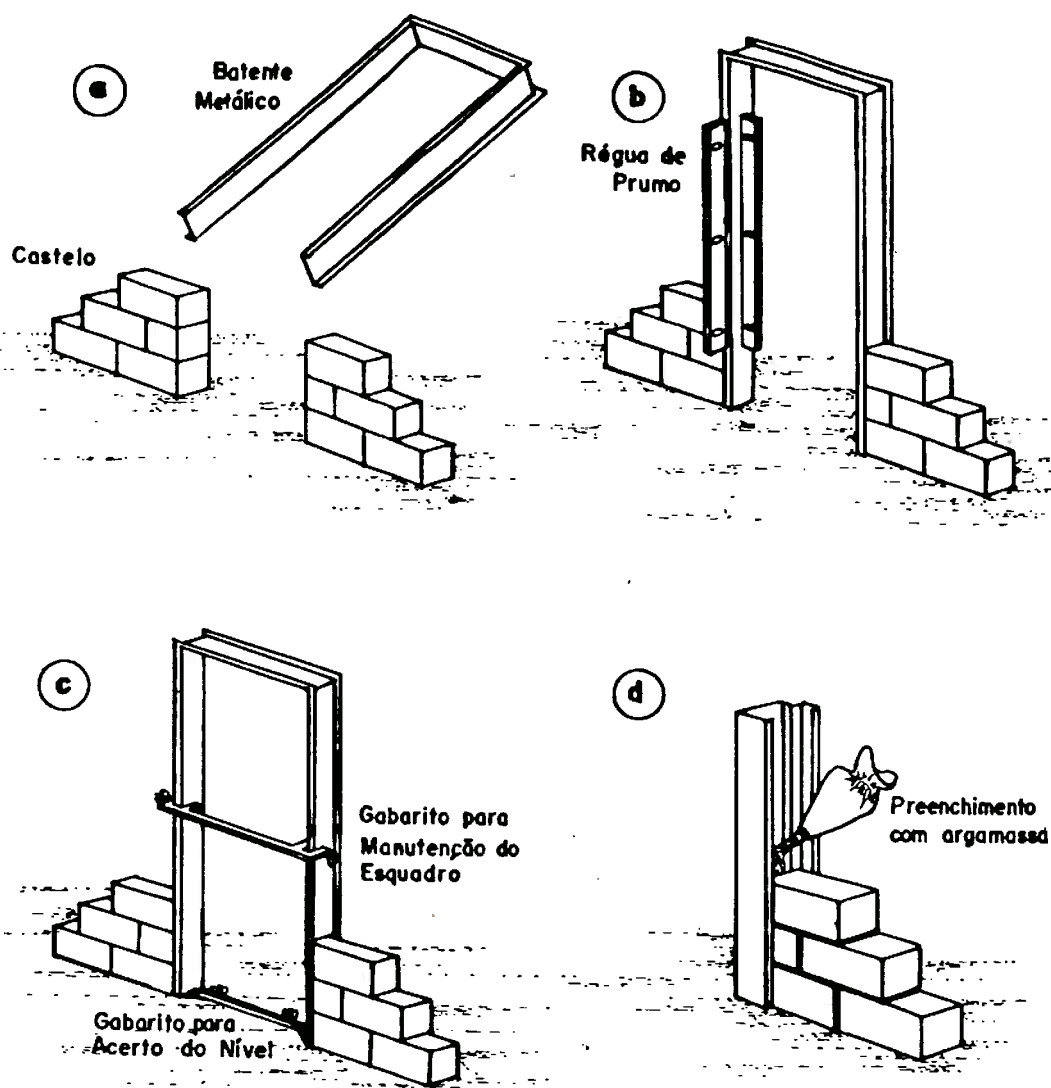
4.3.2.). O valor global obtido  $0,82 \text{ Hh/m}^2$  (homens-hora por metro quadrado) representou uma diminuição de 48,7 % quando comparado com o assentamento de blocos de concreto nos processos convencionais ( $1,60 \text{ Hh/m}^2$ ) e uma redução de mesma ordem de grandeza quando comparado com dois outros processos construtivos em alvenaria não armada (sílico calcária e cerâmica autoportante -  $1,70 \text{ Hh/m}^2$ ).

O consumo de argamassa foi da ordem de  $0,012 \text{ m}^3/\text{m}^2$  de alvenaria, já incluindo a argamassa necessária para assentamento das esquadrias de porta e janela. Os números de consumo de argamassa de outros processos são muito variáveis, porém só as previsões mais otimistas se aproximam deste consumo.

Observou-se também, que a boa qualidade do serviço tornou-se mais independente das habilidades individuais de cada pedreiro, o que permitiu uma maior uniformidade na produção. Este fato refletiu-se tanto na melhor uniformidade do serviço, verificada visualmente no protótipo, como pelo atendimento com folgas às especificações geométricas das paredes, obtidas indistintamente por todos os oficiais.

#### 5.3.2.2 COLOCAÇÃO DE ESQUADRIAS

Para a colocação tanto das esquadrias de porta como de janela foram utilizados procedimentos especiais. Deve-se lembrar que nos dois casos, estes componentes, aduelas metálicas de chapa de aço dobrada e contramarco de argamassa



**FIGURA 5.10** Seqüência de colocação da aduela metálica envolvente: (a) colocação da aduela; (b) verificação do prumo e nível; (c) travamento e nivelamento; (d) fixação com preenchimento de argamassa.

armada, eram colocados juntamente com o assentamento da alvenaria, o que diminuiu sensivelmente a interferência entre estes subsistemas nas fases posteriores da obra.

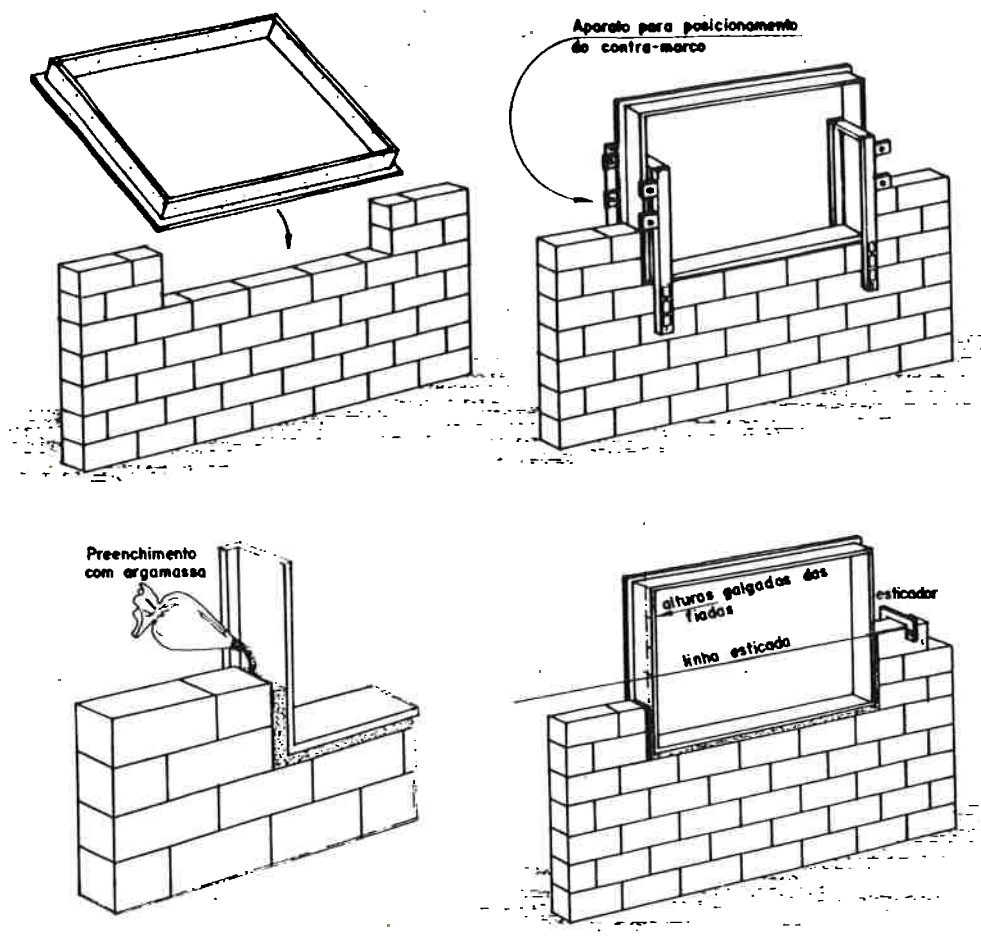
Para colocação das aduelas de porta foram desenvolvidos dois equipamentos. O primeiro deles constituía-se em um



travamento para garantir a manutenção da ortogonalidade entre as pernas e as travessas destes componentes. O segundo equipamento era colocado na extremidade das pernas, auxiliando o nivelamento do mesmo. O posicionamento desta aduela envolvente era realizado com a primeira fiada de marcação deixada da alvenaria. Junto aos locais onde deveriam ser colocadas as aduelas, eram montados castelos com duas fiadas a mais, para auxiliar a fixação deste componente. Nesta operação, o prumo do componente é verificado com a mesma régua de nível utilizada para o assentamento dos blocos (ver figura 5.10).

Na colocação dos contramarcos de argamassa armada das janelas também foi utilizado um equipamento especial para o posicionamento das peças enquanto estas não se encontram ainda consolidadas (ver figura 5.11). Este equipamento constitui-se em um suporte metálico que se prende à alvenaria já levantada e ao contramarco de argamassa armada. Permite o acerto de nível e prumo e mantém o posicionamento até a consolidação da peça com argamassa.

Nos dois casos, a consolidação final dos componentes é feita com argamassa extrudada pela bisnaga de assentamento, preenchendo-se, com a própria argamassa utilizada no assentamento, o vazio existente entre o componente e a alvenaria. Como nos dois casos estes componentes são colocados antes da alvenaria, estes irão servir de referência para o assentamento do restante das paredes.



**FIGURA 5.11** Seqüência de colocação do contramarco de argamassa armada: (a) colocação do contramarco; (b) fixação do suporte e acerto do nível e prumo; (c) consolidação com argamassa; (d) contramarco servindo como referência para o assentamento da alvenaria.

Cabe ressaltar que, nos dois casos, evita-se a execução de quebras e enchimentos característicos da colocação destes componentes em obras convencionais, reduzindo o desperdício de materiais e a geração de entulho na obra. As tarefas são feitas por um único oficial, o pedreiro. Estes componentes permitem a conclusão total do serviço de assentamento da

alvenaria e posteriormente dos revestimentos sem a necessidade de retorno para se efetuarem arremates.

Em ambos os casos, as partes complementares das portas e janelas foram projetadas para serem instaladas através de operações de simples montagem, sem a necessidade de ajustes dada a grande precisão na definição dos vãos que se obteve. No dois casos, pode-se notar uma evolução bastante significativa que deverá resultar em um aumento tanto da qualidade quanto da produtividade geral do serviço.

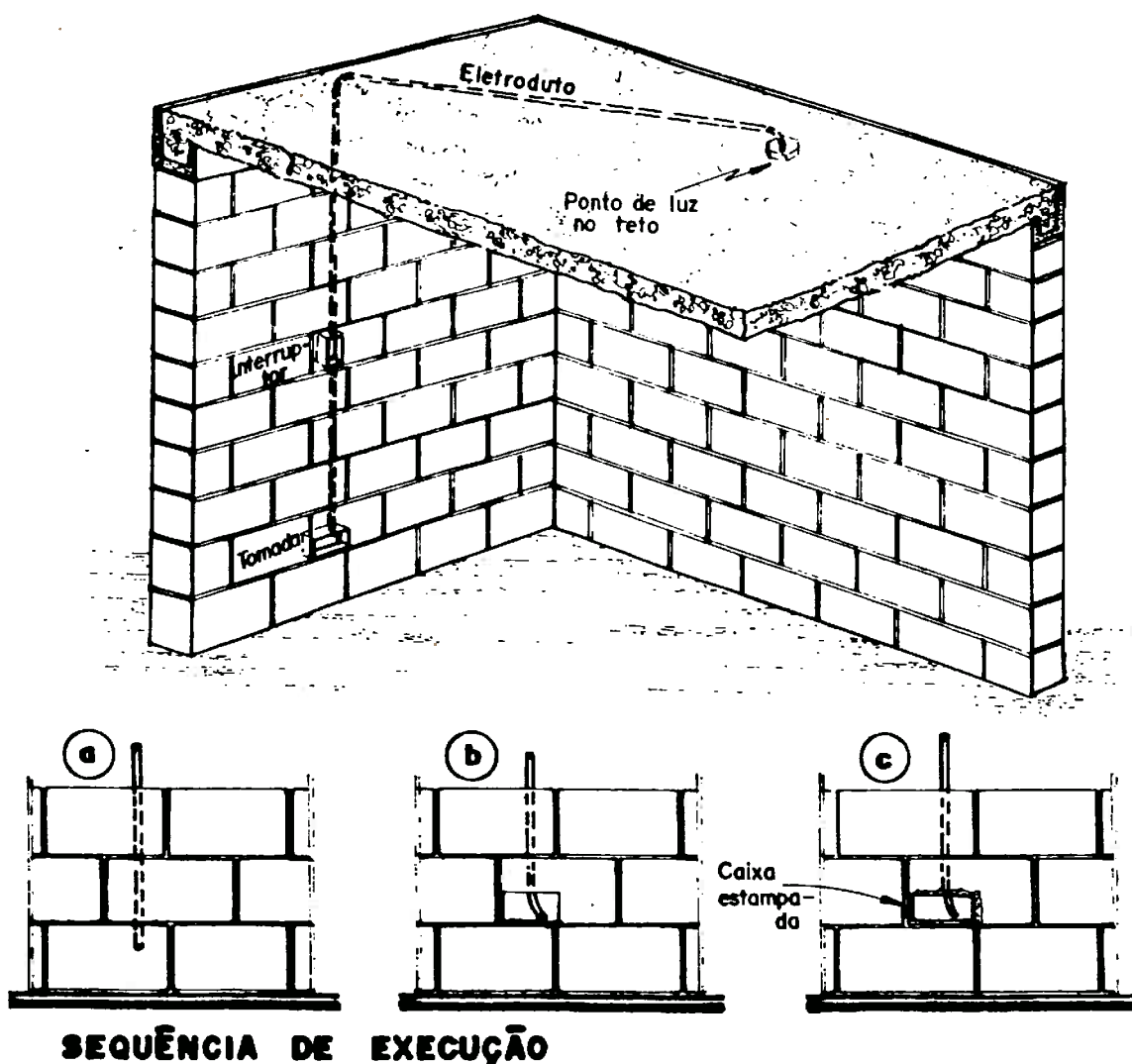
#### 5.3.2.3 EMBUTIMENTO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

O embutimento das instalações elétricas sempre representou um ponto de constante interferência entre o trabalho do eletricitista, responsável pela colocação dos eletrodutos, e do pedreiro, responsável pela elevação das paredes. Mesmo nos procedimentos racionalizados comumente empregados é possível observar-se esta interferência.

Para eliminar este problema foi idealizado um procedimento diferente para a execução destes serviços. Na execução deste procedimento construtivo, seguiu-se os seguintes passos (ver figura 5.12):

- O pedreiro deve executar a alvenaria sem maiores preocupações quanto à posição de colocação das caixas de interruptores e tomadas;

- Após a execução das alvenarias, na etapa de montagem das tubulações elétricas na laje, antes da concretagem, o eletricitista deve identificar as posições nas quais vão existir as caixinhas de interruptores e tomadas. Nestas posições ele perfura o bloco canaleta ou jota colocado no respaldo da parede e lança o eletroduto no vazado formado pelos furos dos blocos, no comprimento adequado;



**FIGURA 5.12** Embutimento das instalações elétricas: (a) lançamento dos eletrodutos pelos vazados dos blocos; (b) corte do bloco; (c) posicionamento e chumbamento da caixa.

- As caixas elétricas de interruptores e tomadas serão colocadas após a concretagem da laje. Neste ponto, o eletricitista deve cortar a parede no tamanho da caixa a ser colocada, e de lá retirar a ponta do eletroduto, deixado na fase de preparação da laje, ajustar a caixa de luz e finalmente chumbá-la.

Este procedimento caracteriza-se pela total independência entre o trabalho do pedreiro e do eletricitista. Nele existe também a clara definição das responsabilidades por cada fase do procedimento, não se dispersando entre os dois profissionais envolvidos.

Nos três procedimentos apresentados acima, procurou-se exemplificar a utilização das diretrizes apresentadas no item 4.2. Em outras situações foram utilizados procedimentos com os mesmos fundamentos. Em quase todos os casos, em maior ou menor intensidade pode-se notar uma melhoria tanto no nível de organização como na qualidade do serviço executado.

### **5.3.3 RACIONALIZAÇÃO DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

Em alguns casos, para a racionalização de um conjunto de técnicas construtivas, dada a sua complexidade e interferência com outros subsistemas, teve-se que partir para a elaboração dos projetos do processo de execução. Como exemplos tem-se os projetos de "laje acabada" e de "execução da

alvenaria" utilizados no processo construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto.

No primeiro caso, tem-se como objetivo tomar uma série de medidas para a execução da laje de concreto com uma maior precisão dimensional nos seus níveis e na qualidade de seu acabamento, de forma a prescindir da necessidade de execução de camada de regularização para o assentamento do revestimento de piso. Já no segundo caso, o projeto visava a execução das paredes de alvenaria, utilizando procedimentos racionalizados (com equipamentos tais como escantilhões e, de forma a otimizar a utilização destes equipamentos minimizando a interferência entre os serviços.

No projeto de "laje acabada", definem-se os seguintes aspectos da execução deste serviço:

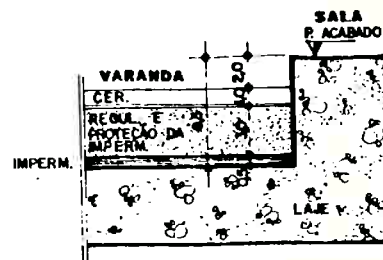
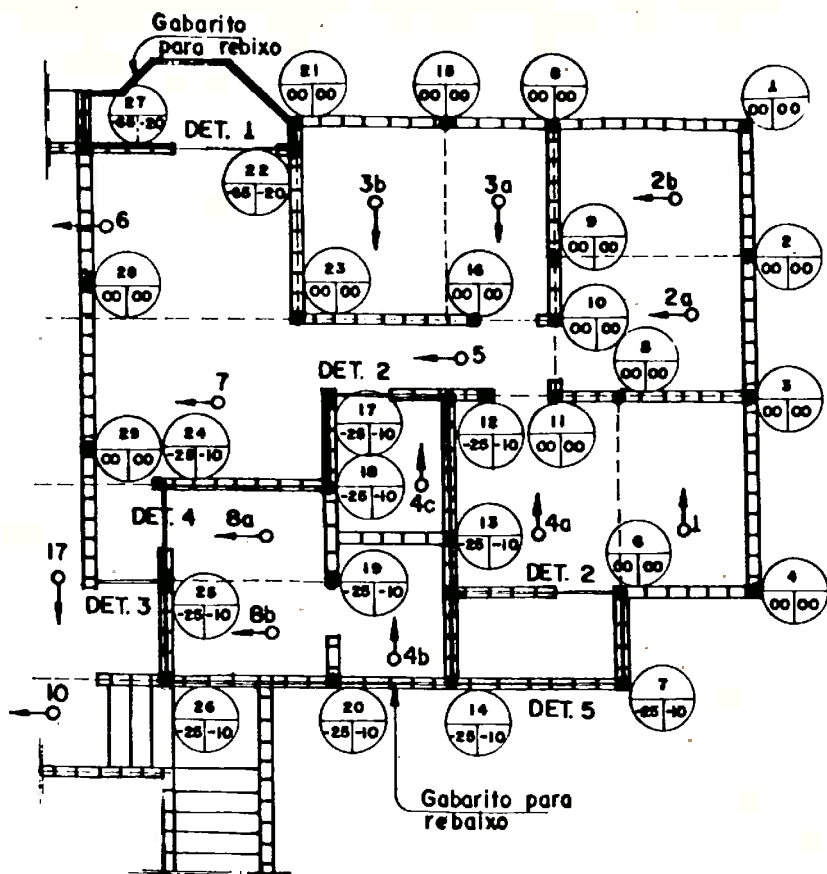
- posicionamento dos componentes utilizados como referência para o nivelamento da laje;
- posicionamento dos equipamentos e componentes (blocos jota e canaleta) de forma a possibilitar a criação dos desníveis necessários entre diferentes tipos de piso e ambientes;
- níveis finais de cada ambiente a serem conferidos no momento da execução;
- seqüência de execução da concretagem da laje;

- tipo de tratamento superficial a ser executado em cada ambiente.

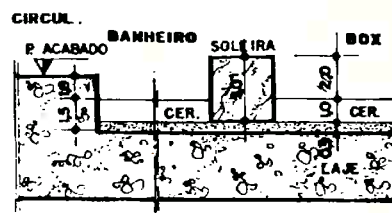
Estas definições são colocadas de maneira adequada em um específico conjunto de desenhos: o projeto da laje acabada (ver figura 5.13). Deve-se ressaltar que esta peça constitui-se em um projeto específico para cada obra, uma vez que em cada projeto se tem um arranjo arquitetônico e tipos de acabamento diferenciados. Na elaboração deste projeto leva-se em conta, com grande detalhe, todos os procedimentos da execução e a interferência com os demais subsistemas.

Em particular para este projeto de laje acabada, deve-se dar uma grande atenção para os níveis e folgas possíveis para o assentamento das aduelas e vergas de concreto pré-moldadas, de forma que o vão luz final das portas seja constante, permitindo a utilização de uma folha de porta com dimensão padronizada.

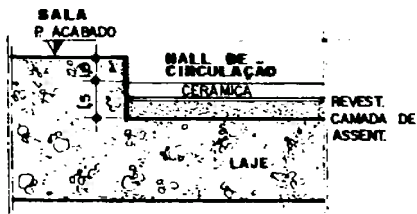
Cabe ressaltar que durante a execução foram tomadas medidas especiais para o controle da execução deste método de produção. A concretagem era feita da forma convencional, utilizando-se porém, as referências determinadas pelo projeto e colocadas, com antecedência, como pontos para definição das alturas dos pisos. A medida que se "sarrafeava" o concreto, o serviço era acompanhado através de um nível com o qual se conferia o nivelamento geral da concretagem. Após algumas horas, iniciava-se o acabamento, feito no protótipo com o "desempenamento" da superfície do concreto.



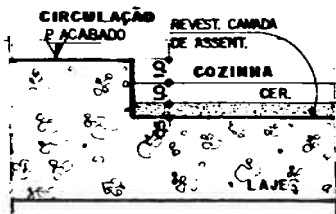
DETALHE 01



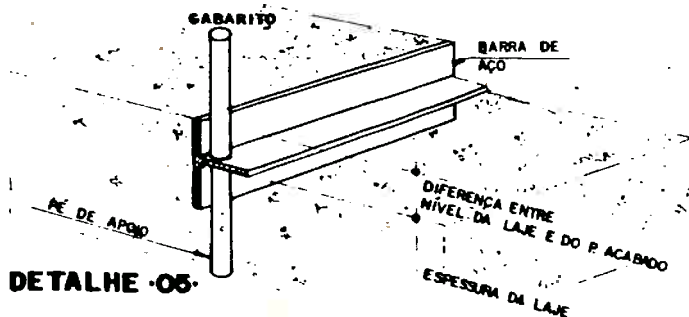
DETALHE 02



DETALHE 03



DETALHE 04



DETALHE 05

LEGENDA	
	SEQUÊNCIA E DIREÇÃO DA CONCRETAGEM
	NÚMERO DA REFERÊNCIA DE NÍVEL
	NÍVEL DO PISO ACABADO
	NÍVEL DE CONCRETAGEM DA LAJE
	GABARITO PARA DEFINIÇÃO DO REBAIXO

FIGURA 5.13 Projeto de laje acabada.



O grau geral de precisão atingido na execução destas lajes foi bastante superior ao normalmente encontrado. Numa laje de aproximadamente 300 m<sup>2</sup>, obteve-se erros de nivelamento máximos da ordem de três milímetros, enquanto que em lajes convencionais é comum encontrar-se erros superiores a três centímetros. Nos casos em que não se conseguiu eliminar completamente a camada de regularização, esta foi reduzida a uma espessura mínima. Como resultado da aplicação deste procedimento, possibilitou-se e, em alguns casos eliminou-se completamente a camada de regularização dos pisos.

Outro conjunto de atividades que mereceu a elaboração de um projeto de execução foi a elevação da alvenaria. Neste caso, o projeto definia os seguintes aspectos:

- localização dos equipamentos utilizados para auxiliar na definição geométrica da alvenaria (escantilhões e réguas auxiliares);
- etapas de execução de cada elemento de parede;
- seqüências de execução das paredes.

Nestes casos, o projeto de execução da alvenaria foi necessário para que se minimizasse a necessidade de colocação dos escantilhões, diminuísse a interferência, entre andaimes, caixotes de argamassa, linhas de referência e as paredes. Com esta sistemática garante-se também a qualquer momento da execução que não se tenha elementos de parede isolados com pequena estabilidade lateral, evitando-se que

ocorram acidentes desta natureza. Mais detalhes e critérios para a elaboração destes projetos encontram-se no relatório final desta pesquisa [FRANCO et al., 1991b].

Como resultado da aplicação dos projetos de execução da alvenaria, conseguiu-se coordenar a elevação das paredes, que é etapa crítica do desenvolvimento dos serviços, de forma a evitar interferências e os problemas resultantes. Esta sistemática, aliada aos procedimentos de execução descritos anteriormente, permitiu elevar a precisão geral no assentamento da alvenaria. Com isso, raras foram as situações em que desvios de prumo das paredes foram superiores a quatro milímetros, ficando inclusive bem abaixo da tolerância especificada inicialmente de 10 mm.

Todas as diretrizes, aplicadas na forma das medidas apresentadas, tiveram reflexos imediatos no processo como um todo, elevando o seu nível de racionalidade. Isto repercutiu de maneira geral, numa diminuição dos recursos necessários para a construção do empreendimento e no aumento da qualidade da obra executada.

#### **5.4 DIRETRIZES DE EXECUÇÃO COMO RESPONSÁVEIS PELO INCREMENTO DO NÍVEL DE INDUSTRIALIZAÇÃO E QUALIDADE**

A implantação das medidas apresentadas anteriormente, refletiu-se imediatamente no aumento significativo da qualidade dos serviços executados. De maneira geral, também au-

mentou-se a produtividade da mão-de-obra, e em coordenação com um projeto adequadamente produzido, teve-se como resultado uma diminuição significativa do desperdício de materiais. Estes procedimentos caracterizaram portanto um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis em todas as fases dos empreendimentos, sem uma mudança radical na base tecnológica, objetivo primordial da racionalização construtiva.

A ação da racionalização na fase de execução dos empreendimentos, torna-se efetiva quando coerentemente aplicada com um projeto desenvolvido segundo os mesmos princípios. A ação organizacional deve passar por todas as etapas do empreendimento, pois caracteriza antes de mais nada uma mudança de postura na forma de encarar a atividade da construção.

O maior nível de industrialização alcançado com a aplicação das diretrizes de racionalização é explicado por um correspondente aumento do nível de organização da produção. Várias características obtidas com a aplicação das diretrizes expostas nos itens precedentes explicam o maior nível organizacional alcançado. Entre elas, podem ser destacadas as seguintes:

- A padronização dos procedimentos executivos, possibilitando o constante aprimoramento destes procedimentos através de alterações contínuas e controláveis;

- A padronização da forma de produzir, abrindo caminho à implantação de um planejamento mais eficiente em todas as fases da obra, que incorpora inclusive os condicionantes técnicos relacionados aos serviços. Esta padronização eleva também a confiabilidade com que estes planejamentos são elaborados;
- A mudança do polo de decisões, de como executar a tarefa. Estas passam a ser controladas e tomadas em uma instância superior à do operário que a executa. Com isso garante-se uma maior coerência com todas as demais atividades e subsistemas do edifício;
- A utilização de componentes também padronizados e de maior desempenho, possível pela uniformização dos procedimentos empregados. Através de técnicas realmente aprimoradas, pode-se explorar todas as potencialidades de desempenho dos materiais;
- A padronização das técnicas e métodos construtivos, levando ao aprimoramento de ferramentas especializadas na execução das tarefas. Espera-se que, em um segundo passo, esta automatização levará a uma crescente mecanização das atividades no canteiro.

A implantação das medidas de racionalização na fase de execução também corresponde a um incremento no nível de qualidade tanto do produto como do processo de produção. Isto interessa tanto a empreendedores e construtores como aos usuários, refletindo-se numa diminuição de custos e na pro-

babilidade de ocorrência de patologias. Estas são consequência da maior confiabilidade do processo como um todo e da possibilidade da implantação de uma efetiva sistemática de controle da produção.

OLTEAN-DUMBRAVA e MOGA [1989] afirmam que "alguns dos fatores que asseguram o incremento na qualidade da execução dos edifícios são: o treinamento profissional dos trabalhadores; a boa organização do canteiro; a qualidade dos materiais empregados; a mecanização dos trabalhos e a escolha da tecnologia de execução ótima, que é dependente dos outros fatores mencionados acima". Todos estes fatores foram utilizados como diretrizes para o aumento da racionalização construtiva, mas ao mesmo tempo incrementam a qualidade da produção e do produto.

LEMON et al. [1989], analisando os fatores intervenientes na produtividade dos canteiros de obra, chegam à conclusão que "a procura da alta produtividade está estritamente ligada a procura da qualidade". Desta forma, "medidas para a melhoria da produtividade não podem ser tomadas sem se voltar a atenção para a qualidade".

A aplicação dos princípios da racionalização, incrementando tanto a qualidade do produto como da produção também contribui para o incremento do nível de industrialização. Como afirma TRANCART [1989] "a possibilidade de estender as exigências da qualidade a todas as dimensões da gestão da produção parece condicionada à formação de uma verdadeira cul-

tura industrial que inclui e ultrapassa as questões da qualidade".

Vários aspectos da implantação das diretrizes expostas acima podem caracterizar o incremento da qualidade dos processos e conseqüentemente dos produtos:

- As soluções adotadas produzem uma mudança de mentalidade, aumentando a motivação e o comprometimento dos participantes, em todos os níveis do empreendimento, para o aumento da qualidade;
- A otimização dos processos de produção leva ao melhor aproveitamento das potencialidades dos processos construtivos, inclusive através do aumento do desempenho dos produtos. Isto eleva a qualidade do produto final, aumentando a satisfação de todos os envolvidos no processo de produção, do empreendedor aos usuários finais;
- A padronização imposta pela implantação de procedimentos e projetos de métodos de produção permite a implementação de um efetivo controle de produção e recebimento das diversas etapas de execução. Com isso, abre caminho para a implantação de uma filosofia de garantia da qualidade.

Outros caminhos poderiam ter sido escolhidos para o incremento da industrialização e do nível de qualidade dos processos e produtos, com os conseqüentes benefícios advindos

desta transformação, como a maior satisfação dos envolvidos, o aumento de produtividade e do nível de produção e a diminuição de custos. Acreditamos que a forma exposta acima representa uma maneira gradual e segura de se atingir estes objetivos, contrapondo-se às formas procuradas num passado recente, que resultaram na inviabilização e descrédito de muitos processos construtivos potencialmente eficientes e na execução de muitas unidades habitacionais com um desempenho inferior, não atendendo nem em número, nem em qualidade às necessidades das populações.

Com a apresentação deste capítulo espera-se ter colaborando, se não de forma direta com os exemplos apresentados, de forma indireta, mostrando que, com uma mudança de atitude, frente ao ato de construir, pode-se tirar maior proveito dos recursos disponíveis.

A fase de execução obra mostra-se crucial para a implantação das diretrizes de racionalização, que levam, na nossa opinião, a um incremento do nível de qualidade e industrialização, tanto dos produtos como dos processos de produção.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES

O setor da Construção Civil enfrenta nestes últimos anos uma das suas maiores crises. Esta reflete a situação crítica e delicada da economia no atual momento da vida da nação. Na maioria dos setores produtivos, ouvem-se palavras de ordem como: mudança, modernização e eficiência. Estes são os caminhos apontados, para que se possam reverter estas e outras situações adversas.

As empresas do setor da Construção Civil buscam neste momento os mecanismos para o aumento de sua eficiência. Mas como realizar esta mudança? Muitos caminhos apontam para alterações radicais, na organização das empresas, na sua forma de produzir. Estas, muitas vezes, requerem o esforço institucional de todo o setor e se mostram difíceis de ser implantadas e aceitas por todos.

Neste trabalho procuramos apresentar um caminho para a implementação de mudanças, através de medidas que visam incrementar gradativamente a produtividade e qualidade dos produtos, sem contudo representar uma ruptura com a forma de produzir. Esta maneira de se encarar os problemas é especialmente importante, num momento em que as incertezas da economia nacional inibem os grandes investimentos e as mudanças profundas. A aplicação de diretrizes de racionalização aos processos construtivos em Alvenaria Estrutural



Não Armada mostra resultados significativos, adequados à realidade do setor da Construção Civil nacional. Esta se caracteriza, principalmente, pela mudança na postura em relação aos problemas e abrem caminho para a evolução tecnológica do setor.

#### **6.1 A RACIONALIZAÇÃO COMO FORMA DE EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL NÃO ARMADA**

A aplicação da diretrizes de racionalização construtiva, na nossa opinião, se constitui em uma alternativa para a evolução tecnológica dos processos e sistemas construtivos em alvenaria estrutural. Estes por sua vez, podem representar uma solução buscada por todo o setor da construção, para o aumento da qualidade dos produtos e eficiência dos meios de produção.

Como foi apresentado no capítulo 2, diferentes alternativas vêm sendo utilizadas pelo setor habitacional. Muitas das soluções proposta, entretanto, apresentam-se como medidas de difícil implantação. Esta situação é motivada por razões diversas, como por exemplo, a ruptura com a tradição construtiva e a forma de agir dos diversos envolvidos no processo, ou ainda pela necessidade de investimentos maciços em equipamentos e instalações.

Uma das tendências pioneiras para o aumento de eficiência do setor habitacional foi a implantação de sistemas indus-

trializados. Estes mostraram-se, entretanto, ineficientes para a solução dos problemas da área habitacional.

Acreditamos, também, que a racionalização construtiva apresenta-se como alternativa à industrialização. O conceito de industrialização, apresentado por diversos autores, no capítulo 2, mostra-se fundamentalmente como um processo de organização da atividade produtiva. A racionalização é também em essência, uma ação organizacional. Esta tem como grande vantagem a não mudança da base produtiva. Nela procura-se, principalmente, o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, podendo ser, portanto, implementada sem que ocorram mudanças radicais na forma de produzir.

Mais recentemente, vem se buscando a modernização do setor da Construção Civil através da aplicação dos modernos conceitos ligados à qualidade. Estes conceitos vêm sendo utilizados, em quase todos os setores industriais, ao longo do mundo, para o aumento da eficiência e competitividade. Para a sua aplicação na Construção Civil, muitas organizações e autores associam a qualidade com o atendimento dos requisitos de desempenho dos usuários. Sua implantação, entretanto, ainda é incipiente nas empresas do setor.

Na análise dos princípios ligados à qualidade e das diretrizes propostas para a implantação da racionalização construtiva, feita ao longo de todo o trabalho, podem ser encontrados pontos comuns. Entre estes, destaca-se a necessidade da integração e participação de todos os envolvidos no

processo de produção para o aumento de seu nível de eficiência. Assim, na nossa opinião, a racionalização construtiva, apresenta-se também como alternativa, que faz os processos construtivos evoluírem continuamente e, abre caminho para a implantação dos princípios ligados à qualidade.

A escolha da racionalização construtiva, como forma de evolução tecnológica dos processo construtivo em alvenaria estrutural trouxe resultados significativos, quando aplicados às etapas de concepção e execução dos empreendimentos. Acreditamos ser este um caminho para o incremento do nível de industrialização e qualidade destes processos.

## **6.2 O AMBIENTE PARA A IMPLANTAÇÃO DA RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**

A implantação da racionalização construtiva nos escritórios e canteiros de obras é uma fase essencial do desenvolvimento tecnológico. Embora não exija alterações radicais, nem na forma de produzir, nem na organização das empresas, a racionalização construtiva representa uma mudança na maneira de considerar a construção, procurando analisar o processo como um todo. O modo como se organizam as empresas tem uma influência decisiva no sucesso da implantação destas medidas.

Julgamos ser essencial a criação de um ambiente favorável à implantação da racionalização. Devem ser atendidos e consi-

derados, como foi apresentado no terceiro capítulo, os aspectos organizacionais, técnicos e não técnicos, ligados à estruturação das empresas, e como estes interferem na implantação de mudanças, para que se possa ter sucesso nesta atividade.

Concluimos que, a implantação das medidas de racionalização às fases de projeto e execução são favorecidas pela implementação de medidas que aumentem a organização do processo. Entre elas, destacam-se as medidas de coordenação de projeto, controle da qualidade e as ligadas a organização da produção, destacadas nos capítulos 4 e 5 deste trabalho.

A produção de um projeto com um maior nível de racionalização depende da formação de uma estrutura organizacional, que dê suporte à sua elaboração. Esta necessidade pode ser suprida por uma eficiente sistemática de coordenação de projetos.

Outro fator que, na nossa opinião, aumenta a possibilidade de sucesso no desenvolvimento dos projetos é a existência de uma sistemática de controle da qualidade. Esta inclui um controle interno, exercido pelos próprios projetistas sobre a sua atividade e um controle externo entre as fases do projeto, que pode ser exercido pelo coordenador. Esta sistemática obriga a elaboração dos requisitos de projeto, segundo os quais estes deverão ser controlados. Estes requisitos, por sua vez, deverão se basear na clara definição

dos requisitos e condicionantes básicos impostos ao empreendimento.

Como foi constatado, a organização da produção, através de medidas que visam a melhoria dos canteiros de obras; a definição e evolução dos modos de produção; e o gerenciamento e controle, são fatores essenciais para a aplicação das medidas de racionalização à fase de execução.

Acreditamos ainda que, deve-se dar especial atenção aos aspectos "não-técnicos" durante a execução dos empreendimentos, tais como o treinamento e a motivação da mão-de-obra, como forma de se criar um ambiente favorável à implantação de medidas que objetivem o aumento da racionalização e da qualidade.

### **6.3 OBSERVAÇÕES EM RELAÇÃO À APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES DE RACIONALIZAÇÃO**

As medidas de racionalização, apresentadas sob a forma de diretrizes aplicáveis aos projetos e à execução dos empreendimentos, apresentadas nos capítulos 4 e 5, são responsáveis pelo incremento da eficiência, que marca a evolução tecnológica destes processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.

A aplicação dessas diretrizes é exemplificada através da implantação nos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada, desenvolvidos através de convênios de

pesquisa entre a Universidade e empresas do setor privado. Assim, são também apresentados alguns exemplos da aplicação destas diretrizes. Porém, mais importante que os exemplos em si, que se configuram, muitas vezes, em situações específicas, são os princípios que regem a aplicação dos mesmos, cujas principais conclusões apresentamos a seguir.

Nos processos construtivos em alvenaria estrutural deve existir uma intensa integração entre os vários subsistemas, como: estrutura; arquitetura; instalações, distintamente com que ocorre com os processos construtivos que utilizam estruturas reticuladas. Constatamos que, esta integração deve se iniciar já na fase de concepção. Esta prática permite atenuar ou contornar as restrições às aplicações destes métodos construtivos, explorando melhor o seu potencial.

Acreditamos também, que são de grande importância e merecem destaque, as diretrizes ligadas à coordenação dimensional destes processos, ao melhor aproveitamento do sistema estrutural e a racionalização aplicada de forma global, que foram apresentadas no quarto capítulo.

A aplicação dos princípios de coordenação dimensional é diretriz fundamental para a aplicação de várias outras medidas de racionalização construtiva. Esta deve ser feita com base no módulo definido pelas dimensões dos blocos.

Para melhor aproveitamento das potencialidades da alvenaria como estrutura é necessário que se tenha um melhor entendimento do funcionamento deste sistema estrutural. Ilustra este fato a aplicação de fenômenos como o efeito arco e a uniformização de esforços entre painéis de parede que, permitam economias significativas nos projetos estruturais.

A racionalização aplicada aos processos construtivos em Alvenaria Estrutural apresenta, na nossa opinião, resultados mais significativos quando é estendida aos demais subsistemas dos edifícios. Assim, deve-se ter uma visão global do empreendimento, considerando, em projeto, os aspectos ligados à execução de todos os subsistemas, para a sua efetiva racionalização.

Uma grande parcela das melhorias proporcionadas pelas medidas de racionalização aplicadas à fase de concepção repercutem já na fase de execução. Assim, julgamos ser necessária que na fase de execução a adoção de medidas que garantam um nível de racionalização tão elevado quanto o obtido na fase de projeto. Desta forma, destacam-se a seguir algumas diretrizes, apresentadas no capítulo 5, para serem implementadas nesta fase.

Os procedimentos construtivos devem ser padronizados e orientados para o aumento da eficiência na execução das atividades, tornando-as mais simples e fáceis. Acreditamos que, esta atitude faz evoluir os processos construtivos e se apresenta como alternativa para um dos maiores empec-

lhos para a implantação da qualidade na construção civil: a não padronização do produto (edifício).

A utilização de "projetos dos métodos de produção", como foi proposta neste trabalho, permite um elevado grau de racionalização dos procedimentos de execução e caracterizam um elevado nível organizacional do empreendimento. Na sua elaboração deve-se também dar uma grande atenção ao aumento de eficiência das operações.

Salientamos, igualmente, que o controle da qualidade da produção deve ser encarado efetivamente como um processo de correção dos desvios e não de constatação dos problemas. Desta forma, ele se mostra uma ferramenta essencial e valiosa para a implementação da racionalização construtiva e para o incremento do nível de produtividade e qualidade.

#### **6.4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DAS DIRETRIZES DE RACIONALIZAÇÃO**

Ao longo deste trabalho foram apresentadas, juntamente com os exemplos de aplicação das diretrizes de racionalização construtiva, algumas avaliações de seus resultados sobre as técnicas e métodos construtivos que modificam. Acreditamos que as alterações propostas elevam o nível de organização, produtividade e confiabilidade do processo construtivo, bem como o desempenho dos produtos, aumentando o seu nível de industrialização e qualidade.



A aplicação das diretrizes de racionalização à fase de concepção, como foi discutido no capítulo 4, aumenta a construtibilidade e o nível organizacional dos empreendimentos, aumentando o seu "grau de industrialização". Permite ainda, a incorporação e atualização tecnológica dos processos construtivos, aumentando o desempenho tanto do processo como dos produtos.

O emprego das diretrizes de racionalização à fase de execução do empreendimento, apresentadas no capítulo 5, também aumenta o nível de organização da produção, de industrialização e da qualidade, tanto dos produtos como dos serviços, tornando mais efetivo o aproveitamento dos recursos.

Concluimos que, a utilização destas diretrizes nos processos construtivos desenvolvidos no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo permitiu que estes possuíssem um grau superior de produtividade e qualidade em relação aos demais processos comumente encontrados no mercado.

#### **6.5 CONCLUSÕES GERAIS**

Acreditamos que os objetivos propostos no início deste trabalho foram atingidos com a apresentação de uma alternativa para o aumento do nível de industrialização e qualidade dos processos construtivos em alvenaria estrutural pela aplicação da racionalização construtiva. A implantação desta

mostrou ser bastante viável, sem mudanças radicais na forma de produzir. Estas mudanças, de forma gradativa e contínua, permitem a evolução tecnológica destes processos construtivos.

O estudo de muitos dos assuntos tratados ao longo deste trabalho merecem, pela nossa avaliação, uma efetiva continuidade. Entre estes, destacam-se a criação de metodologias para a coordenação de projetos, estudos na área estrutural que aprofundem o nosso conhecimento sobre o comportamento dos edifícios em alvenaria e o estudo sistematizado sobre a organização da produção nos empreendimentos. Estes devem ser temas de futuros trabalhos, para que se contribua ainda mais com a evolução dos processos construtivos em Alvenaria Estrutural.

Finalmente, temos a convicção que, a aplicação das diretrizes de racionalização construtiva apresentadas neste trabalho contribui para o desenvolvimento tecnológico dos Processos Construtivos em Alvenaria Estrutural Não Armada. Através dos resultados alcançados, concluímos que a racionalização construtiva pode ser um dos caminhos procurados pela Construção Civil e, em particular, pelo setor habitacional para o aumento de sua eficiência e a resolução de graves problemas como os impostos pela carência crescente por habitações dignas.

## CAPÍTULO 7

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, J.G.F. O paradigma mecânico e a construção: uma abordagem sobre a organização da produção. São Carlos, EESC/USP, 1990.
- AL-MUFTI, M.A.; COCHRANE, S.R. Quality assurance in developing countries: an unavoidable burden on their construction sectors? In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. s.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.303-12.
- ALBUQUERQUE, M. C. C. D. Habitação popular: avaliação de propostas de reformulação do sistema financeiro da habitação. São Paulo, 1985. (Relatório da EAESP-FGV).
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Quality in the constructed project: a guideline for owners, designers and constructors. New York, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. Manual técnico de alvenaria. São Paulo, Projeto/PW, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (a). Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade: diretrizes para seleção e uso - NB 9000/ISO 9000. Rio de Janeiro, 1990.
- . (b). Sistemas da qualidade: modelo para a garantia da qualidade em projetos/ desenvolvimento, produção instalação e assistência técnica - NB 9001/ISO 9001. Rio de Janeiro, 1990.
- . (c). Sistemas da qualidade: modelo para a garantia da qualidade em produção e instalação - NB 9002/ISO 9002. Rio de Janeiro, 1990.
- . (d). Sistemas da qualidade: modelo para a garantia da qualidade em inspeção e ensaios finais - NB 9003/ISO 9003. Rio de Janeiro, 1990.

----. (e). **Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade: diretrizes - NB 9004/ISO 9004.** Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIATION QUALITEL. **Label qualitel mode d'emploi.** Paris, 1991.

ASSOCIAZIONE NAZIONALE COSTRUTTORI EDILI. **La gestione della qualita nell'impresa di costruzione.** Roma, EdilStampa, 1991.

BANCO NACIONAL DA HABITAÇÃO. **Pré-fabricação predial. s.l., BNH/APQ Assessoria de Pesquisa,** 1978.

BAUD, G. **Manual de pequenas construções.** São Paulo, Hemus, 1976.

BAXENDALE, A.T. **Measuring site productivity by work sampling.** In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London, 1987. **Managing construction worldwide.** London, Spon, 1987-88. v.2, p.812.

BEALL, C. **Masonry design and detailing for architects, engineer, and builders.** s.l., McGraw-Hill, 1987.

BLACHERE, G. **Saber construir: habitabilidad, durabilidad, economia de los edificios.** Barcelona, Editores Tecnicos Asociados, 1974.

BOBROFF, J. **A construção na França: novos modelos de organização e redefinição das competências dos trabalhadores.** In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DO SINDUSCON-SP, 1., São Paulo 1989. **Anais.** São Paulo, SINDUSCON/SP, 1989. t.4, 62p.

----. **A new approach of quality in building industry in France: the strategic space of the major actors.** In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MANAGEMENT, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING AND OTHER BUILDINGS SECTORS, Lisbon, 1991. **Management, quality and economics in building: transactions.** London, Spon, 1991. p. 443-52.

BRITISH STANDARDS INSTITUTE. **British standard code of practice for use of masonry - BS 5628. Part 3: materials and components design and workmanship.** London, 1985.

- BRUNA, P.J.V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento.** São Paulo, Perspectiva/EDUSP, 1976.
- CALAVERA, J. Human and psychological aspects of the implementation of quality control in construction. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MANAGEMENT, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING AND OTHER BUILDINGS SECTORS, Lisbon, 1991. **Management, quality and economics in building: transactions.** London, Spon, 1991. p. 484-94.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Programa brasileiro de qualidade e produtividade, sub-programa setorial da qualidade e produtividade - setor: construção civil/edificações.** s.l., 1991.
- CHEETHAM, D.W.; TURNER, A.K.M. Production analysis to improve site practice and quality. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world.** s.l., CIB, 1989. v.2, t.3, p.233-42.
- CHIAVENATO, I. **A administração de empresas: uma abordagem contingencial.** 2. ed., São Paulo, McGraw-Hill, 1987.
- CLUB CONSTRUCTION E QUALITÉ. **La formation à la gestion de la qualité.** Paris, Ministère de L'Équipement, du Logement, des Transports et de Mer, 1990.
- COMPANHIA DE CONSTRUÇÕES ESCOLARES DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Arquitetura: procedimento para apresentação de projetos de edificações escolares de primeiro grau.** São Paulo, 1986.
- . **Edificação e seus elementos construtivos: especificações da edificação de escolas de primeiro grau.** 2. ed. São Paulo, Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1988.
- CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT. **The performance concept and its terminology.** Paris, Centre Scientifique et Technique du Batiment, 1975. (CIB Report n. 32)
- CONSTRUÇÃO Industrializada: ataque ao déficit. **Habitação Popular: Racionalização e Industrialização,** São Paulo, p.8-12, s.d. Suplemento especial das revistas Projeto e Obra: Planejamento & Construção.

- CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability: a primer.** Austin, 1986. (CII publication 3-1)
- CORNICK, T. Quality management model for building projects: a developed research model in practice. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world.** s.l., CIB, 1989. v.2, t.3, p.249-64.
- CURTIN, W.G. et al. **Structural masonry detailing.** London, Granada, 1984.
- CURTIN, W.G.; SHAW, G.; BECK, J.K. **Structural masonry designers' manual.** London, Granada, 1982.
- DAVIES, S.R.; AHMED, A. E. An approximate method for analysing composite wall/beams. **Proceedings of British Ceramic Society,** Stoke-on-Trent, n.27, p.305-20, Dec. 1978.
- DAVIS, K.; LEDBETTER, W.B.; BURATI JR, J.L. Measuring design and construction quality costs. **Journal of Construction Engineering and Management,** v. 115, n. 3, p. 385-400, Sept. 1989.
- DAVISON, C.H. Industrialized construction: a comentary. In: **INDUSTRIALIZATION in concrete building constuction.** Detroit, ACI, 1975. p. 1-6. (ACI Publication, SP-48)
- DIAS, S.R.B.M. **Formulação de uma proposta para controle do processo e do recebimento de serviços na construção.** São Paulo, 1990. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- DIESTE, E. **La estructura ceramica.** Bogotá, Galor Carbonell/Facultad de Arquitectura/Universidad de Los Andes, 1987. (Coleção Somosur)
- . Reinforced brick structures. In: **INTERNATIONAL BRICK/BLOCK MASONRY CONFERENCE,** 9., Berlin, 1991. **Proceedings.** Berlin, DGfM, 1991. v.3, p.1670-7.
- DIETZ, A.G.H. Building technology potentials and problems. In: DIETZ, A.G.H.; CUTLER, L.S., ed. **Industrialized building systems for housing.** Cambridge, MIT Press, 1971. p.10-32.

- DIETZ, A.G.H.; CUTLER, L.S., ed. **Industrialized building systems for housing**. Cambridge, MIT Press, 1971.
- DUFF, A.R.; PILCHER, R.; LEACH, W.A. Factors affecting productivity improvement through repetition. In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London, 1987. **Managing construction worldwide**. London, Spon, 1987-88. v.2, p.634-45.
- EPSTEIN, R. Office organization and procedures for present day practice. In: **TECHNIQUES of successful practice**. New York, Architectural Record, s.d.
- FARAH, M.F.S. Formas de racionalização do processo de produção na indústria da construção. **Construção**, São Paulo, V.44, n.2294, p.21-4, jan. 1992.
- FRANCO, L. S. **Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada, quando submetido a esforços de compressão**. São Paulo, 1987. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- FRANCO, L.S. et al. (a). **Manual do processo construtivo Poli-Encol: blocos e pré-moldados**. São Paulo, EPUSP, 1991. (Relatório Técnico do Convênio EPUSP/ENCOL, Projeto EP/EN-5. Rt. n. 20.061)
- . (b). **Manual do processo construtivo Poli-Encol: execução**. São Paulo, EPUSP, 1991. (Relatório Técnico do Convênio EPUSP/ENCOL, Projeto EP/EN-5. Rt. n. 20.063)
- . (c). **Manual do processo construtivo Poli/Encol: projeto**. São Paulo, EPUSP, 1991. (Relatório Técnico do Convênio EPUSP/ENCOL, Projeto EP/EN-5, Rt n.20.060).
- FULLER, G.R. Industrialized concrete construction for HUD. In: **INDUSTRIALIZATION in concrete building construction**. Detroit, ACI, 1975. p.7-34. (ACI Publication, SP-48)
- GALLEGOS, H. **Albanileria estructural**. Lima, Pontificia Universidad Catolica del Peru, 1989.
- GARCIA MESSEGUER, A. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo, SINDUSCON/SP, 1991.

----. **Garantia de calidad en construcción.** Madrid, Agrupación Nacional de Constructores de Obras, 1989.

GIBERT, M. The sequential procedure: a new productivity route in the building industry. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MANAGEMENT, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING AND OTHER BUILDINGS SECTORS, Lisbon, 1991. **Management, quality and economics in building: transactions.** London, Spon, 1991. p. 134-9.

GILLY, B.A.; TOURAN, A.; ASAI, T. Quality control circles in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 3, p.427-39, sept. 1987.

GRAZIA, S. O problema da qualidade (TQC) na indústria da construção civil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., São Paulo, 1988. **Anais.** São Paulo, EPUSP, 1988. p.21-32.

GRIFFITH, A. An investigation into factors influencing buildability and levels of productivity for application to selecting alternative design solutions - a preliminary report. In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London, 1987. **Managing construction worldwide.** London, Spon, 1987-88. v.2, p.646-57.

----. (a). Buildability: the effect of design and management on construction. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 10., Washington, 1986. **Advancing building technology: proceedings.** s.l., CIB, 1986. v.8, p.3504-12.

----. (b). The influence of task dependence upon the method and sequence of construction operations. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 10., Washington, 1986. **Advancing building technology: proceedings.** s.l., CIB, 1986. v.8, p.3495-3503.

----. Quality management in United Kingdom building construction. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world.** s.l., CIB, 1989. v.2, t.3, p.379-87.

HALL, B.; FLETCHER K. Quality assurance of building in the United Kingdom. **Building Research and Practice**, n.1., p.61-4, Jan./Feb. 1990.



- . Quality assurance of buildings in the United Kingdom: an examination of the potential contribution of ISO 9000 Quality systems based on a study of early implementations. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world.** s.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.223-32.
- HEINECK, L.F.M. (a) Produtividade na construção civil: bibliografia de apoio (em português). In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., Florianópolis, 1991. **Anais.** Florianópolis, UFSC, 1991. p.83-99.
- . (b). Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade nas alvenarias. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., Florianópolis, 1991. **Anais.** Florianópolis, UFSC, 1991. p.67-75.
- HENDRY, A.W. **Structurtal brickwork.** London, Macmillan Press, 1990.
- HENDRY, A.W.; SINHA, B.P.; DAVIES, S.R. **Load bearing brickwork design.** Chichester, Ellis Horwood, 1987.
- HOLICKY, M.; VORLICEK, M. Statistical design of dimensional accuracy for building structures. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 10., Washington, 1986. **Advancing building technology: proceedings.** s.l., CIB, 1986. v.8, p.3513-21.
- HORNER, R.M.W.; TALHOUNI, B.T.; WHITEHEAD, R.C. Measurement of factors affecting labour productivity on construction sites. In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London, 1987. **Managing construction worldwide.** London, Spon, 1987-88. v.2, p.669-80.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO **Construção habitacional.** São Paulo, 1988.
- INTEGRAÇÃO de experiências: marco de modernidade. **Construção,** São Paulo, v.42, n.2192, p.16-7, fev. 1990.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Quality: vocabulary - ISO 8401-1986.** Berna, 1986.

- JOHNSON, F.B. ed. **Designing, engineering, and constructing with masonry products.** Houston, Gulf, 1969.
- JOHNSON, R. W. Consumer protection and quality through standards for U.K. house building industry. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MANAGEMENT, QUALITY AND ECONOMICS IN HOUSING AND OTHER BUILDINGS SECTORS, Lisbon, 1991. **Management, quality and economics in building: transactions.** London, Spon, 1991. p.702-712.
- JONH, W.; CINCOTTO, M.A.; HELENE, P.R.L. Sistemas construtivos em painéis de gesso-cimento: histórico de um natimorto. **Construção**, São Paulo, v.43, n.2236, p.29-32, dez. 1990.
- JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Juran controle da qualidade handbook: conceitos, políticas e filosofia da qualidade.** São Paulo, Makron, 1991.
- KOSKISTO, O. J. Reliability-based quality assurance in construction process. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world.** s.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.233-43.
- LEMON, K. D.; CHRISTIAN, J.; MCKIM, R. Managing construction productivity and quality. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world.** s.l., CIB, 1989. v.2, t.3, p.305-14.
- LIMA JÚNIOR, J.R. (a). **Sistemas de informação para o planejamento na construção civil: gênese e informatização.** São Paulo, EPUSP/PCC, 1990.
- . (b). **A falsa opção pela eficácia.** São Paulo, EPUSP/PCC, 1990.
- . Gerenciamento na construção civil: uma abordagem sistêmica. In: SIMPÓSIO NA NACIONAL DE GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., São Paulo, 1988. **Anais.** São Paulo, EPUSP, 1988. p.71-98.
- LONGO, O.C. (a). A informação como um sistema de gerenciamento em engenharia civil. In: SIMPÓSIO NA NACIONAL DE GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1989. **Anais.** São Paulo, EPUSP, 1989. p.297-312.

- . (b). Planejamento de implantação de canteiros de obras como fator de produtividade na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9., Porto Alegre. 1989. **Anais**. Porto Alegre, UFRGS, 1989. p.116-27.
- LOURDES, W. Metal popular: construção metálica ganha espaço na área residencial. **Construção**, São Paulo, v.43, n.2231, p.16, nov. 1990.
- LOWE, J.G. Productivity improvement in the construction industry. In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London, 1987. **Managing construction worldwide**. London, Spon, 1987-88. v.2, p.788-98.
- MAFFEI, W. Metodologia para gerenciamento de planos e projetos de arquitetura visando a otimização dos resultados. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.
- MELHADO, S.B.; VIOLANI, M.A. Sistematização da coordenação de projetos de obras de edifícios habitacionais. São Paulo, EPUSP, 1992. (Relatório Técnico do Convênio EPUSP/LIX DA CUNHA, Projeto EP/LIX-4. Rt. n. 20.067)
- MIKLUCHIN, P.T. Morphotectonics of masonry structures. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MASONRY STRUCTURAL SYSTEMS, Austin, 1967. **Masonry products: proceedings**. Houston, Gulf, 1969. p.13-8.
- MOTTEU, H.; CNUUDE, M. La gestion de la qualité durant la construction: action menee en Belgique par le comite "Qualite Dans la Construction". In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world**. s.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.265-76.
- MULLIGAN, J.A. **Handbook of brick masonry construction**. New York, McGraw-Hill, 1942.
- MURTA, K.H. A study of procedures in buildings of high quality. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world**. s.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.121-9.

- O'CONNOR, J.T.; DAVIES, V.S. Constructability improvement during field operations. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 114, n. 4, p.548-64, Dec., 1988.
- O'CONNOR, J.T.; LARIMORE, M.A.; TUCKER, R.L. Collecting constructability improvement ideas. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.112, n.4, p.463-75, Dec. 1986.
- O'CONNOR, J.T.; RUSCH, S.E.; SCHULZ, M.J. Constructability concepts for engineering and procurement. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.113, n.2, p.235-48, June 1987.
- O'CONNOR, J.T.; TUCKER, R.L. Industrial project constructability improvement. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.112, n.1, p.69-82. Mar. 1986.
- OLTEAN-DUMBRAVA, I.; MOGA, A. The influence of choosing the optimum execution technology upon work quality. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world**. s.l., CIB, 1989. v.2, t.3, p.325-9.
- PENA, W.M.; CAUDILL, W.W. Architectural analysis: prelude to good design. In: **Techniques of successful practice**. New York, Architectural Record, s.d.
- PICCHI, F.A. **Sistema da qualidade em uma empresa de construção de edifícios**. Palestra proferida no seminário "Estratégias Democráticas para a Produção do Ambiente Construído", Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 27 set. 1991.
- PRASCEVIC, Z.B.; IVKOVIC, B.N. Statistical analysis of factors affecting productivity in the construction industry. In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London, 1987. **Managing construction worldwide**. London, Spon, 1987-88. v.2, p.681-90.
- ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo, FAU/USP, 1980.
- ROUNDS, J.L.; CHI, N.Y. Total quality management for construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.111, n.2, p.117-28, Jun. 1985.

- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos - formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo, 1989. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SABBATINI, F. H.; AGOPYAN, V. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos.** São Paulo, EPUSP, 1991. 25p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/32)
- SÁNCHEZ, M. **Organización y métodos de la moderna empresa constructora.** Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1973.
- SANDBERG, H.R. **Quality: missing ingredient of engineering engagements.** *Journal of Professional Issues in Engineering*, v.113, n.3, p.216-20, July 1987.
- SCHWEDER, G. R. **A contratação do gerenciamento na construção civil: uma abordagem sistêmica.** São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SERRA, F. **Não há mudança sem apoio do funcionário. O Estado de São Paulo,** São Paulo, 29 maio 1992. Caderno de Empresas, p.2.
- SILVA, M.A.C. **Fatores que afetam a produtividade em obras de edificações: elementos para o planejamento e controle.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GERENCIAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., São Paulo, 1988. *Anais.* São Paulo, EPUSP, 1988. p.irreg.
- SINDUSCON/SP. **Perfil da Construção Civil.** São Paulo, 1991.
- SIQUEIRA, E.M.F.; BEVERINOTTI, O.N.; SOUZA, R. **Implantação de sistemas de garantia de qualidade.** São Paulo, 1991. Seminário (Pós-Graduação) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, M. **Visto de entrada: Método fecha acordo tecnológico com a canadense Magil.** *Construção*, São Paulo, v.43, n.2216, p.4-5, jul. 1990.

- SOUZA, R. Avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, 1988, p. 529-32.
- SOUZA, R. Construir com qualidade para competir. **Construção**, São Paulo, v.43, n.2305, p.6-7, abr. 1992.
- STAFFORD SMITH, B.; RIDDINGTON, J.R. The composite behaviour of elastic wall-beam systems. **Proceedings**. Institution of Civil Engineers, v.63, part 2, p.377-92, June 1977.
- STOCKBRIDGE, J.G.; HENDRY, A.W. Case studies and critical evaluation of high-rise load-bearing brickwork in Britain. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MASONRY STRUCTURAL SYSTEMS, Austin, 1967. **Masonry products: proceedings**. Houston, Gulf. 1969. p.427-33.
- SZABO, I. Correct technology for good quality. CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world**. s.l., CIB, 1989. v.2, t.3, p.153-9.
- TABELAS de composição de preços para orçamentos**, 8<sup>a</sup>. ed. São Paulo, Pini, 1986.
- TATUM, C. B. Improving constructibility during conceptual planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.113, n.2, p.191-207, June 1987.
- TESTA, C. **The industrialization of building**. s.l., Van Nostrand, 1972.
- THOMAS, H.R.; YIAKOUMIS, I. Analysis of the combined effects of learning and weather on construction productivity. In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London, 1987. **Managing construction worldwide**. London, Spon, 1987-88. v.2, p.747-57.
- TRANCART, H. La qualite en chantiers, un enjeu du travail. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world**. s.l., CIB, 1989. v.1, t.3, p.141-7.

- TRIGO, J.A.T. Tecnologias da construção de habitação. **Revista Técnica**, v.39, n.448, p.53, mar. 1978. Separata.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, ESCOLA POLITÉCNICA. **Manual do processo construtivo Poli-Encol: projeto estrutural**. São Paulo, 1992. (Relatório Técnico do Convênio EPUSP/ENCOL, Projeto EP/EN-5) /No prelo/
- . **O processo construtivo EPUSP/TEBAS de alvenaria estrutural não armada**. São Paulo, 1988. (Relatório Técnico do Convênio EPUSP/TEBAS, Projeto EP/TC-2, Rt n. 20.009).
- VALLAGE, T. L'action de la qualité et la creation du club construction et qualité. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. **Quality for building users throughout the world**. s.l., CIB, 1989. v.2, t.3, p.171-80.
- VISSER, P. A model of building tolerances an fit for design, execution and control. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 10., Washington, 1986. **Advancing building technology: proceedings**. s.l., CIB, 1986. v.8, p.3609-16.
- WALKER, A. **Project management in construction**. London, Granada, 1984.
- WILLENBROCK, J.; SHEPARD, S. Construction QA/QC systems: comparative analysis. **Journal of the Construction Division, Proceedings of The American Society of Civil Engineers**, v. 106, n. 103, p.371-88, Sept. 1980.
- WOOD, R . H. **Studies in composite construction. Part 1: The composite action of brick panel walls supported on reinforced concrete beams**. London, National Building Studies/HMSO, 1952. (Research Paper, 13)
- ZANETTINI, S. Tecnologia transforma a construção civil. **O Estado de São Paulo**, 5 jun. 1992. (Caderno de Empresas).