

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO ARQUITETÔNICO  
DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Felipe Claus Rauber**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

# **CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO ARQUITETÔNICO DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

por

**Felipe Claus Rauber**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. Eduardo Rizzatti**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2005**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO ARQUITETÔNICO  
DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

elaborada por  
**Felipe Claus Rauber**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Eduardo Rizzatti, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**José Mário Doleys Soares, Dr. (UFSM)**

---

**Hélio Adão Greven, Dr. (ULBRA)**

Santa Maria, 23 de Setembro de 2005.

**Dedico este trabalho**

*A Deus,  
o autor da vida;  
Aos meus pais, Erlo e Carin, e irmãos,  
pelo apoio e amor incondicional;  
À minha noiva, Janine,  
pelo incentivo, companheirismo, paciência e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Eduardo Rizzatti, que, apesar de tantas outras atividades, aceitou a tarefa de orientar este trabalho, demonstrando dedicação, disponibilidade e amizade.

Ao professor Odilon Pâncaro Cavalheiro, meu orientador honorário, que, mesmo impossibilitado de prosseguir na orientação, sempre esteve acessível, expressando amizade e desprendimento.

Ao Eng. Msc. Marcus Daniel Friederich dos Santos, mestre e amigo, do qual tenho sido aprendiz desde o curso de graduação. Muito mais do que conselhos, compartilhou comigo sua experiência profissional e de vida, colaborando de forma ímpar para minha formação.

À professora Margaret Souza Schmidt Jobim, pela disponibilidade e pelas valiosas contribuições a este trabalho.

A todos os colegas do PPGEC, em especial à Arq. Francéli Ferreira, companheira desde a graduação, pelo incentivo e amizade.

Aos colegas do GPDAE, em especial ao Eng. Msc. Marco Antônio Pozzobon e à acadêmica Fabiana Rezende, pelo apoio e companheirismo.

Aos funcionários Eliomar Balduino Pappis, Émerson Martins Wagner, bem como a toda a equipe do LMCC.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e todos seus professores, por oportunizar a realização de meu aperfeiçoamento profissional.

À Capes, pela bolsa de auxílio financeiro concedida.

“A ciência do arquiteto é ornada por muitos conhecimentos e saberes variados, pelo critério da qual são julgadas todas as obras das demais artes. (...) O arquiteto na verdade não deve nem pode ser gramático como fora Aristarco, mas também não deve ser analfabeto; nem músico como Aristoxeno, mas não ignorante em música; nem pintor como Apeles, mas não inábil em desenho; nem escultor como Míron ou Policleto, mas que não ignore as regras da escultura; nem ainda médico como Hipócrates, mas que não desconheça a medicina; nem particularmente excelente em determinadas ciências, mas não ignorante delas.”

(Vitruvius, arquiteto romano – 25 d.C)

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO ARQUITETÔNICO DE EDIFÍCIOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

AUTOR: FELIPE CLAUS RAUBER

ORIENTADOR: EDUARDO RIZZATTI

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de Setembro de 2005.

O projeto, constituindo uma das etapas iniciais do processo da construção e definindo as características da edificação, influencia decisivamente a exequibilidade da obra e o desempenho do ambiente construído. A adoção de um sistema construtivo racionalizado propicia maior rapidez, facilidade e qualidade à execução e, conseqüentemente, melhor desempenho do edifício se comparado aos regimes tradicionais de construção. Por isso, a alvenaria estrutural, sistema cuja racionalização se deve à coordenação dimensional e integração dos projetos, vem sendo crescentemente empregada na construção civil. No Brasil, contudo, a resistência em sua adoção reside, na maioria das vezes, no desconhecimento das técnicas construtivas próprias do sistema e no receio de abandonar as relacionadas ao concreto armado, já plenamente dominadas e aceitas. Alia-se a isso a carência de literatura especificamente direcionada aos arquitetos, responsáveis pela idealização do projeto. Visando a qualidade da edificação, este trabalho propõe a aplicação dos princípios de construtibilidade e desempenho das edificações na elaboração de projetos, e apresenta os principais pontos concernentes à prática do projeto de alvenaria estrutural, direcionando a explanação aos arquitetos.

Palavras-chaves: Projeto, Alvenaria Estrutural, Construtibilidade, Desempenho.

## **ABSTRACT**

Master Thesis  
Civil Engineering Post-Graduate Program  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CONTRIBUTIONS FOR THE ARCHITECTURAL PROJECT OF STRUCTURAL MASONRY BUILDINGS**

AUTHOR: FELIPE CLAUS RAUBER

ADVISER: EDUARDO RIZZATTI

Date and Local of Examination: Santa Maria, September, 23<sup>rd</sup>, 2005.

The project, constituting one of the initial stages of the construction process and defining the building's characteristics, influences decisively to the execution of the work and the performance of the built environment. The adoption of a rationalized constructive system provides quickness, facility and quality to the construction, and, consequently, a better building performance if compared with traditional ways of construction. Therefore, the structural masonry, system whose rationalization comes from modular coordination and integration from the projects, has been increasingly used in Civil Construction. In Brazil, although, the resistance for its adoption resides, most times, in the lack of knowledge about the structural masonry constructive techniques proper from the system, and the fear of abandoning the connected with reinforced concrete, already dominated and accepted. Allied to this fact, comes the necessity of specific literature directed to the architects, responsible for the project idealization. To search for quality of building, this work propose the application of the principles of building's constructability and performance for projects elaboration, and shows the main points about the practice of the structural masonry projects, addressing the explanation to the architects.

Keywords: Project, Structural Masonry, Constructability, Performance.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Fachada e interior da igreja de Atlântida (ROMAN, 2000) .....	4
FIGURA 2.1 – Exemplo de família de blocos cerâmicos (PALLOTTI, 2003) .....	13
FIGURA 2.2 – Exemplos de família de blocos de concreto.....	14
FIGURA 3.1 – Capacidade de influenciar o custo de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases (Fonte: CII, 1987) .....	20
FIGURA 3.2 – Possibilidade de influenciar o projeto (BAGATELLI, 2002).....	21
FIGURA 3.3 – O arquiteto como coordenador do projeto (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 1997) .....	25
FIGURA 5.1 – Efeitos da forma e altura na robustez do prédio (DRYSDALE <i>et al.</i> , 1994 <i>apud</i> DUARTE, 1999).....	40
FIGURA 5.2 – Eficiência do envelope externo do prédio tomando-se o círculo como referência (DRYSDALE <i>et al.</i> , 1994 <i>apud</i> DUARTE, 1999) .....	41
FIGURA 5.3 – Efeito da forma do prédio na resistência à torção devido a atuação de forças horizontais (DRYSDALE <i>et al.</i> , 1994 <i>apud</i> DUARTE, 1999) .....	42
FIGURA 5.4 – Tipos de sacadas mais apropriadas para edifícios em alvenaria estrutural .....	43
FIGURA 5.5 – Formas de introdução de sacadas em balanço .....	43
FIGURA 5.6 – Arranjos de paredes que conferem maior estabilidade à estrutura (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1999) .....	45
FIGURA 5.7 – Possíveis sistemas de arranjo de paredes em edifícios de alvenaria estrutural (HENDRY, SINHA & DAVIES, 1997) .....	46
FIGURA 5.8 – Arranjos estruturais simétricos e assimétricos (DUARTE, 1999) .....	47
FIGURA 5.9 – Efeito do arranjo de paredes resistentes à torção do prédio (DRYSDALE <i>et al.</i> , 1994 <i>apud</i> DUARTE, 1999) .....	48
FIGURA 5.10 – Formas possíveis de paredes estruturais (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1999) .....	48

FIGURA 5.11 – Efeito da parede na resistência à flexão (DRYSDALE <i>et al.</i> , 1994 <i>apud</i> DUARTE, 1999) .....	49
FIGURA 5.12 – Exemplo de planta de primeira fiada (SOARES, SANTOS E POLLETTO, 2003) .....	52
FIGURA 5.13 – Exemplo de elevação (POZZOBON, 2003) .....	53
FIGURA 5.14 – Exemplo de amarração direta (FURLAN JÚNIOR, 2004) .....	54
FIGURA 5.15 – Exemplo de amarração indireta (FURLAN JÚNIOR, 2004) .....	55
FIGURA 5.16 – Canto com malha modular básica e largura modular do bloco iguais ((a) RAMALHO & CORRÊA, 2003) .....	55
FIGURA 5.17 – Borda com malha modular básica e largura modular do bloco iguais, utilizando bloco especial de três módulos ((a) RAMALHO & CORRÊA, 2003) .....	56
FIGURA 5.18 – Canto com malha modular básica e largura modular do bloco iguais, amarrado sem a utilização de bloco especial de três módulos ((a) RAMALHO & CORRÊA, 2003) .....	56
FIGURA 5.19 – Canto com malha modular e largura modular do bloco diferentes, utilizando bloco especial para amarração ((a) RAMALHO & CORRÊA, 2003) .....	57
FIGURA 5.20 – Borda com malha modular e largura modular do bloco diferentes, utilizando bloco especial ((a) RAMALHO & CORRÊA, 2003) .....	57
FIGURA 5.21 – Borda com malha modular básica e largura modular do bloco diferentes, utilizando bloco especial com três furos para amarração ((a) RAMALHO & CORRÊA, 2003) .....	58
FIGURA 5.22 – (a) Amarração entre paredes estruturais não contrafiadas; (b) Amarração entre paredes estruturais e de vedação (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1997) .....	58
FIGURA 5.23 – Exemplos de armaduras utilizadas na amarração indireta (SANTOS, 1998) .....	59
FIGURA 5.24 – Exemplo de amarração indireta em paredes ligadas em ângulo diferente de 90° .....	59
FIGURA 5.25 – Transmissão da pressão do vento às paredes resistentes (DUARTE, 1999) .....	60
FIGURA 5.26 – Sistemas de lajes de entepiso conforme sua robustez em atuar como diafragma (DRYSDALE <i>et al.</i> , 1994 <i>apud</i> DUARTE, 1999).....	61
FIGURA 5.27 – Disposição recomendada das lajes armadas em uma só direção ...	62

FIGURA 5.28 – Verga e contra-verga executadas com blocos do tipo canaleta (SANTOS, 2004) .....	63
FIGURA 5.29 – Verga de concreto moldada <i>in loco</i> (SANTOS, 2004).....	63
FIGURA 5.30 – Verga e contra-verga pré-fabricadas de concreto (SANTOS, 2004)	64
FIGURA 5.31 – Verga e contra-verga com transpasse adequado (SANTOS, 2004)	64
FIGURA 5.32 – Junta de controle em execução (SANTOS, 2004) .....	65
FIGURA 5.33 – Exemplos de juntas de controle .....	65
FIGURA 5.34 – (a) Juntas de expansão; (b) Juntas de retração (CAVALHEIRO, 2004) .....	67
FIGURA 5.35 – Junta de dilatação em execução (SANTOS, 2004).....	67
FIGURA 5.36 – Rasgos horizontais para a execução de instalações, prática inaceitável em se tratando de alvenaria estrutural (SANTOS, 1998) .....	68
FIGURA 5.37 – Instalação do eletroduto na parede (UFMS, 2001) .....	69
FIGURA 5.38 – Detalhe de instalação das caixas de tomadas e interruptores (UFMS, 2001) .....	70
FIGURA 5.39 – Detalhe de execução da cinta com passagem de eletroduto (UFMS, 2001) .....	70
FIGURA 5.40 – Parede hidráulica .....	71
FIGURA 5.41 – Exemplos de <i>shafts</i> hidráulicos visitáveis (SANTOS, 2004) .....	71
FIGURA 5.42 – Possibilidades construtivas de <i>shafts</i> hidráulicos, visitáveis e não-visitáveis (MACHADO, 1999) .....	72
FIGURA 5.43 – Tubulação horizontal embutida no piso (SANTOS, 2004) .....	73
FIGURA 5.44 – Tubulação horizontal sob a laje, oculta por forro rebaixado (SANTOS, 2004) .....	74
FIGURA 5.45 – Tubulação horizontal na parede embutida em reentrâncias (SANTOS, 2004) .....	74
FIGURA 5.46 – Tubulação horizontal embutida na parede sob blocos adaptados ...	75
FIGURA 5.47 – Tubulação horizontal na parede embutida em blocos canaleta .....	75
FIGURA 5.48 – Representação esquemática da escada de concreto armado moldada <i>in loco</i> .....	76
FIGURA 5.49 – Execução das formas de uma escada de concreto armado moldada <i>in loco</i> (SANTOS, 2004).....	77
FIGURA 5.50 – Representação esquemática da escada do tipo jacaré .....	77
FIGURA 5.51 – Etapas da execução da escada do tipo jacaré (SANTOS, 2004).....	78

FIGURA 5.52 – Representação esquemática da escada pré-moldada de concreto .	78
FIGURA 5.53 – Exemplo de escada pré-moldada de concreto (SANTOS, 2004).....	79
FIGURA 5.54 – Exemplo de ventilação de cobertura (SANTOS, 2004).....	80
FIGURA 5.55 – Esquema de desvinculação da laje de cobertura utilizando bloco do tipo “J” (SANTOS, 2004) e, no corte esquemático, seu detalhamento (CAVALHEIRO, 2004). .....	81
FIGURA 5.56 – Desvinculação da laje de cobertura utilizando bloco do tipo “J” e conjunto composto de manta asfáltica e PVC (SANTOS, 2004).....	82
FIGURA 5.57 – Desvinculação da laje do utilizando bloco do tipo canaleta (TÉCHNE, 1998).. .....	82

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 5.1 – Relações recomendadas entre as dimensões de uma edificação (GALLEGOS, 1988 adaptado por CAVALHEIRO, 1995) .....	40
QUADRO 5.2 – Relações entre altura total e comprimento de paredes resistentes (GALLEGOS, 1988 adaptado por CAVALHEIRO, 1995). .....	44
QUADRO 5.3 – Dimensões modulares e malha básica para modulação a partir das dimensões dos blocos (SILVA, 2003) .....	51
QUADRO 5.4 – Distância entre juntas de controle (THOMAZ, 2000 adaptado por CAVALHEIRO, 2004). .....	66

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE QUADROS .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Justificativa.....	1
1.2 Objetivos .....	5
1.2.1 Objetivo geral .....	5
1.2.2 Objetivos específicos .....	5
1.3 Limitações da pesquisa.....	5
1.4 Organização do trabalho .....	5
2. ALVENARIA ESTRUTURAL .....	7
2.1 Considerações Iniciais.....	7
2.2 Conceito de Alvenaria Estrutural .....	9
2.2.1 Materiais, Componentes e Elementos.....	10
2.2.2 Unidades de Alvenaria .....	12
2.2.2.1 Unidades cerâmicas .....	12
2.2.2.2 Unidades de concreto.....	13
2.2.3 Argamassa de Assentamento .....	15
2.2.4 Paredes .....	15
3. PROJETO .....	17
3.1 Considerações Iniciais.....	17
3.2 O conceito de Projeto.....	18

3.3 A Importância do Projeto .....	20
3.3.1 O Projeto Arquitetônico .....	23
3.3.2 Os Projetos Complementares .....	24
3.4 Compatibilização de Projetos .....	25
4. CONSTRUTIBILIDADE E DESEMPENHO .....	27
4.1 Considerações Iniciais.....	27
4.2 O Conceito de Construtibilidade.....	28
4.2.1 Construtibilidade X Racionalização .....	29
4.2.2 A Construtibilidade como Diretriz de Projeto .....	30
5. O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	37
5.1 Considerações Iniciais.....	37
5.2 O Projeto Arquitetônico .....	38
5.2.1 Definição do Partido Arquitetônico .....	39
5.2.1.1 Forma do prédio .....	39
5.2.1.2 Comprimento e altura total das paredes.....	43
5.2.1.3 Distribuição e arranjo das paredes .....	44
5.2.1.4 Forma da parede .....	48
5.2.2 Definições de Anteprojeto e Detalhamento .....	49
5.2.2.1 Escolha do bloco .....	50
5.2.2.2 Escolha das lajes .....	60
5.2.2.3 Vergas e contra-vergas .....	62
5.2.2.4 Juntas de controle e juntas de dilatação .....	64
5.2.2.5 Previsão de instalações.....	68
5.2.2.6 Escadas.....	76
5.2.2.7 Cobertura .....	79
5.2.2.8 Revestimento .....	83
6. CONCLUSÃO.....	85
6.1 Considerações finais .....	85
6.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

Segundo Garcia Messeguer (1991), a Indústria da Construção Civil apresenta características que lhe atribuem necessidades particulares de organização e gestão. Diferentemente da maioria das outras indústrias, cria produtos únicos, e não seriados (salvo exceções); não possibilita a produção em cadeia (produtos móveis passando por operários fixos), mas sim a produção centralizada (operários móveis em torno de um produto fixo), o que dificulta a organização e controle dos trabalhos, provocando interferências mútuas; utiliza, em geral, mão-de-obra pouco qualificada, oferecendo emprego de caráter eventual e, conseqüentemente, havendo limitada possibilidade de promoção, o que repercute em baixa motivação no trabalho e perda de qualidade; o grau de precisão com que se trabalha na construção é, em geral, muito menor do que em outras indústrias, resultando em um sistema demasiadamente flexível, onde se aceitam compromissos de difícil cumprimento, que provocam diminuição na qualidade.

O mesmo autor aponta que a qualidade na construção requer cinco ações: defini-la, o que requer algumas especificações; produzi-la, o que requer alguns procedimentos; comprová-la, o que pressupõe controle de produção; demonstrá-la, o que exige controle de recepção; e documentá-la, o que significa registrar e arquivar tudo o que foi realizado. Estas cinco ações devem se estender às cinco fases do processo construtivo: planejamento, projeto, materiais, execução e uso-manutenção. Além disso, em cada uma das medidas adotadas, devem ser atendidos dois tipos de fatores: os técnicos (medidas de caráter técnico) e os humanos (medidas de caráter pessoal, de organização e de gestão).



O processo da construção, segundo o mesmo autor, começa no usuário, pois trata responder às suas necessidades e demandas, identificadas pelo promotor (empreendedor). Este, por sua vez, utiliza os serviços de projetistas, fabricantes e construtores a fim de viabilizar o empreendimento que, quando concluído, é repassado ao usuário, que finaliza o ciclo da construção. Assim, uma vez identificadas as necessidades dos usuários, sua tradução em objetos concretos passa, fundamentalmente, pela atuação do projetista. O resultado de seu trabalho será a base para o andamento das demais atividades necessárias à produção da edificação.

Segundo Castells & Heineck (2001), focar o tema da qualidade de projeto no setor edificações fica justificado pela constatação, já registrada em numerosas pesquisas, de que grande parte dos tradicionais problemas da Indústria da Construção Civil tem sua origem na etapa de elaboração de projetos. Os mesmos autores referem que, ao analisar o processo de projeto, esses estudos visam introduzir programas de melhoria também nessa área do ciclo de produção de edificações, embora não se detenham, de forma mais aprofundada, nos procedimentos e métodos de projeto efetivamente aplicados pelos arquitetos durante o processo de elaboração de projetos.

Estudos na área do *design* e arquitetura identificam, na fase de concepção do projeto, o ponto crucial do problema, onde as necessidades identificadas são transformadas em representações gráficas de espaços tridimensionais. Contribuem, condicionando o programa de necessidades, as exigências do mercado e a competitividade entre empresas construtoras e incorporadoras. Estes fatores constituem referenciais de determinação espacial do empreendimento (área construída, por exemplo), além de, muitas vezes, induzirem as demais características físicas da edificação (aparência, acabamentos, sistema construtivo, etc.), refletindo a cultura construtiva da empresa.

De posse de todos os fatores intervenientes, o projetista (arquiteto) procura, através do ato criativo, a solução definitiva do projeto. Nesse ponto é necessário levar em consideração vários itens: compartimentação interna do edifício, exigências estruturais, sistemas de circulação vertical e horizontal, sistemas de instalações prediais, aspectos de conforto ambiental, adequação à legislação, relação com o entorno, a questão das visuais, tratamentos superficiais externos e internos, dentre outros.

Ora, o projeto, por ser uma das etapas iniciais do processo da construção, possui influência decisiva na exeqüibilidade da obra e determinação do desempenho do “ambiente construído”, pois é nessa fase que são definidas as características da edificação e são considerados os aspectos relacionados a sua qualidade e custos. Em termos ideais, o projeto pode assumir o encargo fundamental de agregar eficiência e qualidade ao produto. Contudo, o projeto torna-se uma ferramenta eficaz para a interface projeto-obra somente na medida em que apresenta um bom nível de detalhamento, clareza e objetividade, ou seja, quando há a preocupação de projetar para produzir (BAGATTELI, 2002).

Em pesquisa realizada junto a empresários, diretores, gerentes técnicos e administrativos e engenheiros de empresas associadas ao Sindicato da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP), Souza & Mekbekian (1992) promoveram uma auto-avaliação em relação a requisitos da qualidade naquelas empresas, as quais admitiram que seus produtos, serviços e organização apresentavam problemas em relação à qualidade. O item pior avaliado foi "projeto", em que a apresentação formal foi considerada geralmente superior ao conteúdo. Dentro desse item, os pontos mais criticados foram "detalhamento das especificações técnicas" e "controle da qualidade do projeto". Na opinião dos consultados, os problemas maiores não se concentravam nas atividades de produção propriamente ditas, mas na direção e gerenciamento das empresas e na concepção dos empreendimentos.

Ao analisar a participação do projeto no contexto do empreendimento, verifica-se o esvaziamento de seu significado como parte da atividade de construir. A importância do projeto tem sido desprezada, sendo que, muitas vezes, é visto como uma mera formalidade burocrática cumprida por exigência legal.

A própria construção do edifício fica comprometida quando a precariedade das informações contidas no projeto obriga a que quase a totalidade das decisões sobre como construí-lo tenha de ser tomada pelos construtores, por aqueles que irão atuar diretamente na execução da obra. Além disso, segundo Garcia Messeguer (1991), a maioria dos problemas patológicos detectados ao longo da vida útil do empreendimento é originada por falhas de projeto.

Sabe-se que a adoção de um sistema construtivo racionalizado propicia, quando bem aplicado, maior rapidez, facilidade e qualidade ao processo de execução e, conseqüentemente, melhor desempenho do ambiente construído em

relação ao de regimes tradicionais de construção. Por estes e outros fatores, o sistema construtivo de alvenaria estrutural, no qual é inerente a racionalização, em decorrência da coordenação dimensional e da integração dos projetos arquitetônico e complementares, vem sendo crescentemente empregado na construção civil.

Contudo, os arquitetos, profissionais responsáveis pela idealização do projeto, não dispõem, muitas vezes, de informações suficientes ou adequadamente apresentadas que os levem a utilizá-la. Silva (2003) defende que a resistência na adoção da alvenaria estrutural por profissionais e construtores reside, na maioria das vezes, no desconhecimento das técnicas construtivas próprias do sistema e no receio de abandonar as relacionadas ao Concreto Armado, já plenamente dominadas e universalmente aceitas.

O mito do sistema de alvenaria estrutural impossibilitar edificações de volumetria arrojada e beleza arquitetônica há muito foi desmentido. A obra de Eladio Dieste, engenheiro civil uruguaio, é um testemunho das potencialidades do sistema desde que empregado com conhecimento e criatividade (figura 1.1).

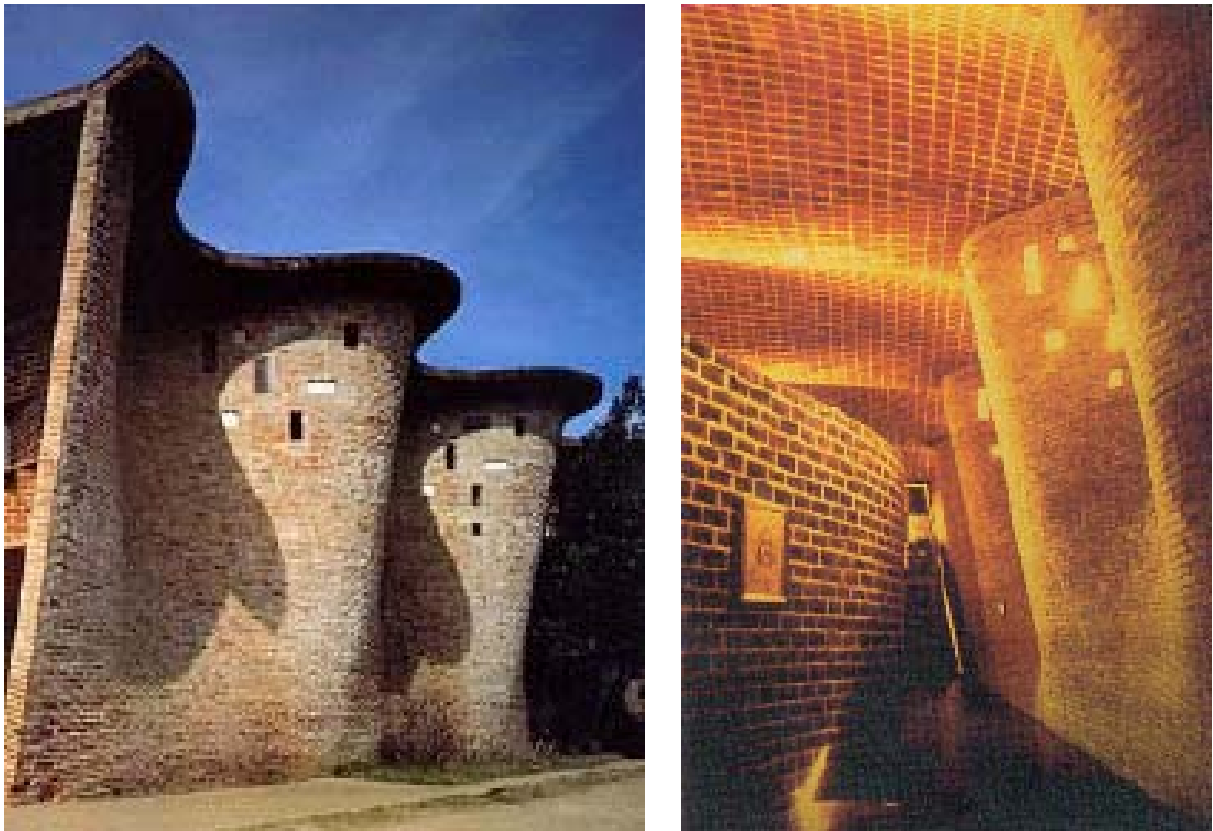


FIGURA 1.1 – Fachada e interior da igreja de Atlântida (ROMAN, 2000)

Cabe ao arquiteto, utilizando todos recursos técnicos possíveis, ao mesmo tempo em que maximiza o desempenho da estrutura, explorar as possibilidades formais e estéticas da alvenaria.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

- Propor a aplicação dos princípios de construtibilidade e desempenho na elaboração de projetos arquitetônicos de edifícios de alvenaria estrutural, visando a qualidade da edificação.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Reunir, em um único volume, os principais pontos concernentes ao projeto de alvenaria estrutural;
- Disseminar o conhecimento a respeito da alvenaria estrutural, fornecendo uma literatura voltada, preferencialmente, aos arquitetos;
- Contribuir para o aprimoramento dos projetos de edifícios em alvenaria estrutural.

## **1.3 Limitações da pesquisa**

- Este trabalho se atém ao projeto arquitetônico, abordando as questões que lhe são próprias e suas relações com os demais projetos complementares;
- Abordagem limitada à alvenaria estrutural não-armada.

## **1.4 Organização do trabalho**

O **capítulo 1** aborda a justificativa e os objetivos deste trabalho.

O **capítulo 2** apresenta uma contextualização histórica do desenvolvimento do Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural, bem como a conceituação deste. Aborda também a terminologia relativa ao assunto, utilizada no restante do trabalho.

O **capítulo 3** trata do desenvolvimento histórico do projeto. Conceitua o termo e disserta sobre importância do projeto na construção civil.

O **capítulo 4** versa sobre os conceitos de construtibilidade e desempenho no projeto de edifícios. Ambos são apresentados, após contextualização e conceituação, como diretrizes de projeto, sendo apontadas as implicações de sua utilização.

O **capítulo 5** discorre a respeito do projeto de alvenaria estrutural, abordando desde a concepção da edificação até o detalhamento necessário no projeto arquitetônico (apresentação das soluções construtivas, recomendações, etc.). Nesta explanação, aplica as premissas da construtibilidade e do desempenho no projeto.

O **capítulo 6** trata das conclusões, bem como das sugestões para trabalhos futuros.

## **2. ALVENARIA ESTRUTURAL**

### **2.1 Considerações iniciais**

As edificações em alvenaria estão entre as construções de maior aceitação pelo homem desde as civilizações antigas. Edificações monumentais em alvenaria de pedras e tijolos, como as pirâmides do Egito e o Coliseu romano, ainda permanecem em pé, passados mais de 2000 anos de sua construção, o que serve de testemunho da durabilidade deste sistema construtivo ao longo do tempo (DUARTE, 1999).

No séc. XX, contudo, a rápida difusão do concreto, ocorrida graças a um intenso programa de pesquisas financiadas, em grande parte, pela Indústria do Cimento, tornou este material o mais utilizado em todo o mundo, principalmente em estruturas de edificações. Paralelamente, as estruturas de aço também apresentaram um grande avanço tecnológico. Conforme Camacho (1986), “os métodos utilizados em obras de alvenaria tornaram-se obsoletos e esse material foi abandonado, passando a ser usado quase exclusivamente como fechamento”.

Em resposta a esta situação, no final dos anos 40, se iniciaram estudos mais aprofundados sobre estruturas de alvenaria na Europa. Nos Estados Unidos, nos anos 50, iniciou-se o desenvolvimento de regras práticas para a alvenaria, resultando na publicação de códigos de construção. Atualmente, em países como Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha, a alvenaria estrutural atinge níveis de cálculo, execução e controle similares aos aplicados nas estruturas de aço e concreto, constituindo-se em um econômico e competitivo sistema.

No Brasil, a alvenaria estrutural foi incorporada somente a partir dos anos 60. Inicialmente, o uso se manteve restrito à alvenaria estrutural armada, para construção de edifícios de quatro pavimentos, destinados à habitação popular.

Posteriormente, como fruto de incentivos da promoção pública, a alvenaria estrutural foi utilizada na construção de grandes conjuntos habitacionais. Assim, os primeiros prédios foram construídos, em São Paulo, no conjunto habitacional “Central Parque da Lapa”, em 1966. Em 1972, foram erguidos outros quatro edifícios, de doze pavimentos, no mesmo conjunto habitacional. Em ambos os casos foram utilizados blocos vazados de concreto.

A alvenaria estrutural não-armada foi introduzida no Brasil somente em 1977, na construção de um edifício de nove pavimentos em blocos sílico-calcários, na cidade de São Paulo. O início da década de 80 marcou a introdução dos blocos cerâmicos na alvenaria estrutural.

Devido à forma de implantação da alvenaria estrutural no país, Rosso (1994) relata o surgimento de um preconceito ou mito em torno da alvenaria estrutural, associando-a a habitações populares e edifícios de poucos pavimentos. Franco (1992) afirma que outros fatores contribuíram para denegrir a imagem do sistema construtivo inovador. Entre eles, destaca a ocorrência de inúmeras patologias nas edificações, consequência do não-desenvolvimento de uma metodologia científica que embasasse os aspectos técnicos.

Naturalmente, houve uma retração no mercado para a utilização da alvenaria estrutural. Mas a partir de pesquisas desenvolvidas em diversas universidades do país, no fim da década de 80 e início da década 90, e com a utilização em larga escala do sistema por construtoras como a ENCOL – que, segundo Lucini (1984), investiu amplamente na alvenaria estrutural em suas obras por todo país, buscando obter resultados de aumento de produtividade – o sistema passou a ter maior aceitação.

No Brasil, a alvenaria estrutural ainda não é tão aceita e reconhecida como em outros países. O desconhecimento das potencialidades do sistema construtivo ainda persiste, fazendo com que o "mito da inflexibilidade arquitetônica" conduza a opiniões do tipo: "o processo se adapta melhor a obras moduladas, de geometria simples e alturas não muito grandes" (ROSSO, 1994). O receio de abandonar as técnicas relativas ao Concreto Armado e o desconhecimento das técnicas próprias da Alvenaria Estrutural ainda são as maiores barreiras para a adoção deste sistema por profissionais e construtores (SILVA, 2003).

A despeito disso, a alvenaria estrutural apresenta-se em franco crescimento, havendo, atualmente, inúmeras pesquisas realizadas, grandes investimentos por

parte das indústrias para a produção de componentes (blocos, argamassas, ferramentas, etc.) e construtoras apostando no sistema. Porém, para evitar experiências negativas e ampliar definitivamente setores do mercado ainda resistentes a sua utilização, é de vital importância o preparo dos profissionais que de alguma forma estão envolvidos no processo de implantação e operacionalização do sistema (MACHADO, 1999).

## **2.2 Conceito de Alvenaria Estrutural**

Alvenaria pode ser entendida como “um componente complexo utilizado na construção e conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso” (SABBATINI, 1984). De forma análoga, Cavalheiro (1995) considera alvenaria como “um produto da composição básica, em obra, de blocos ou tijolos unidos entre si por argamassa, constituindo um conjunto resistente e estável”.

A alvenaria estrutural, por sua vez, é toda estrutura de alvenaria, predominantemente laminar, dimensionada por procedimentos racionais de cálculo para suportar cargas além do peso próprio. Franco (1992) entende que a alvenaria estrutural pode ser conceituada como um processo construtivo que se caracteriza pelo emprego de paredes de alvenaria e lajes enrijecedoras como principal estrutura de suporte dos edifícios. O dimensionamento das paredes segue métodos de cálculo racionais e de confiabilidade determinável, ao contrário da alvenaria tradicional, cujo dimensionamento ocorre empiricamente (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1999)

Portanto, ao invés de pilares e vigas, utilizados nos sistemas de concreto armado, aço e madeira para resistir às cargas, há um único elemento de suporte: as paredes do edifício. Segundo Cavalheiro (1995), “pela dupla função que seus elementos básicos (paredes) desempenham nas edificações, ou seja, vedação e resistência, o subsistema estrutural confunde-se com o próprio processo construtivo”. O fato de a alvenaria cumprir dupla função requer a colaboração do arquiteto, dos engenheiros e do construtor nas fases de planejamento, projeto e construção do edifício (DRYSDALE, 1994).

Segundo Machado (1999), a existência de apenas um elemento (a parede de alvenaria) para assumir múltiplas funções de ambos os subsistemas é bastante



vantajoso. Isto ocorre não apenas pelas facilidades construtivas proporcionadas, mas também por eliminar problemas que surgem nas interfaces entre os subsistemas. Segundo a autora, as facilidades construtivas são fruto de técnicas de execução simplificadas, da menor diversidade de materiais empregados, da redução no número de especialização de mão de obra ocupada e da eliminação de interferências no cronograma executivo entre os subsistemas.

A alvenaria estrutural pode ser classificada, dependendo da forma como é utilizada, em:

- Alvenaria armada: reforçada, devido às exigências estruturais, com armaduras passivas de fios, barras ou telas de aço inseridas nos vazados dos blocos, preenchidos com graute, e nas juntas horizontais;
- Alvenaria não-armada: os reforços de aço ocorrem apenas por necessidades construtivas, sendo utilizados nas amarrações de parede e laterais de aberturas, em geral. São também utilizadas barras de aço nas vergas, contravergas e canaletas de cintamento;
- Alvenaria parcialmente armada: parte da estrutura tem paredes com armaduras para resistir aos esforços calculados, além das armaduras com finalidades construtivas ou de amarração, sendo as demais paredes consideradas não armadas;
- Alvenaria protendida: reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria a esforços de compressão.

O desenvolvimento de projetos em alvenaria estrutural exige procedimentos diferentes dos tomados para outros tipos de estrutura. Logo, não devem ser concebidas soluções com base em conhecimentos e métodos aplicáveis a outros sistemas estruturais. Assim, para se projetar em alvenaria estrutural deve-se pensar em alvenaria estrutural.

### 2.2.1 Materiais, Componentes e Elementos

Define-se neste trabalho que materiais, na Alvenaria Estrutural, são os constituintes dos componentes básicos utilizados, como cimento, cal, areia,

pedrisco, argila e seus compostos no estado fresco, como a argamassa, o graute (micro-concreto), além de constituintes inseridos entre ou nos componentes, como o aço.

A Alvenaria Estrutural possui, basicamente, dois componentes, que constituem os elementos do sistema:

- Unidades de alvenaria: blocos ou tijolos industrializados e modulados, de formato externo de paralelepípedo, facilmente manuseáveis, podendo ser vazados, perfurados ou maciços, fabricados com diversos materiais e processos;
- Junta de argamassa: lâmina ou cordão de argamassa endurecida, intercalado e aderente às unidades de alvenaria, que garante a monoliticidade do conjunto.

Consideram-se elementos as partes elaboradas com os componentes da alvenaria. Assim, os principais elementos da alvenaria estrutural são:

- Parede: elemento vertical apoiado continuamente sobre a base, com comprimento maior que cinco vezes sua espessura;
- Pilar: elemento estrutural em que a seção transversal retangular, utilizada no cálculo do esforço resistente, possui relação de lados inferior ou igual a cinco, prevalecendo, no caso de seções compostas, as dimensões de cada ramo distinto;
- Cinta: elemento construtivo estrutural apoiado continuamente sobre as paredes, com função de amarração da mesma e distribuição de tensões;
- Verga e Contra-verga: elementos estruturais utilizados, respectivamente, acima e abaixo dos vãos de aberturas não maiores que 1,20 m, com a finalidade de transmitir cargas verticais para os trechos adjacentes ao vão;
- Viga: elemento estrutural utilizado sobre vãos maiores que 1,20 m, dimensionado para suportar cargas verticais, transmitindo-as para pilares ou paredes;
- Enrijecedor: elemento estrutural vinculado a uma parede resistente, objetivando o enrijecimento horizontal na direção perpendicular à mesma;

- Diafragma: elemento horizontal laminar trabalhando como chapa em seu plano e que, quando horizontal e convenientemente ligado às paredes resistentes, tem a finalidade de transmitir esforços de seu plano médio às paredes.

### 2.2.2 Unidades de Alvenaria

As unidades de alvenaria, como já referido anteriormente, podem ser classificadas em blocos e tijolos. Segundo Cavalheiro (1995), os blocos diferenciam-se dos tijolos, basicamente, por terem maiores dimensões que as máximas destes (250 x 120 x 55 mm, de comprimento, largura e altura, respectivamente). Santos (1998) estabelece a diferenciação pela prática na obra: “o tijolo pode ser manuseado facilmente, com apenas uma das mãos, quando do seu assentamento; o bloco, não. Os blocos, devido a suas dimensões e peso, normalmente, são assentados com ambas as mãos”.

As unidades de alvenaria são fabricadas com diversos materiais e processos, sendo que as mais empregadas são as cerâmicas e de concreto.

#### 2.2.2.1 Unidades cerâmicas

A NBR 7171 (ABNT, 1992) denomina bloco cerâmico o componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares à face que os contém. Define, ainda, que os blocos portantes (estruturais) são unidades vazadas com furos na vertical, isto é, perpendiculares à face de assentamento, sendo classificados de acordo com sua resistência à compressão.

A qualidade das unidades cerâmicas está intimamente relacionada à qualidade das argilas empregadas na fabricação e também ao processo de produção (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1999). Além disso, a conformação do bloco desempenha importante papel para a obtenção de variadas resistências à compressão: pode-se obter resistências muito baixas até muito elevadas.

Os blocos cerâmicos não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar seu assentamento ou afetar a resistência e

durabilidade da construção. Blocos destinados a receber revestimento devem ter superfície suficientemente áspera para garantir uma boa aderência.

São fabricados diversos tipos de blocos, com diferentes funções, formando o que se chama de “família de blocos” (figura 2.1). Também se obtêm variados acabamentos, de acordo com a utilização desejada (bloco à vista ou revestido, etc.).



FIGURA 2.1 – Exemplo de família de blocos cerâmicos (PALLOTTI, 2003).

#### 2.2.2.2 Unidades de concreto

Blocos vazados de concreto, ou simplesmente blocos de concreto, de acordo com a norma NBR 6136 (ABNT, 1994), são elementos prismáticos, com dois ou três furos verticais dispostos ao longo da altura, em sua seção de assentamento, com

área útil (área líquida) igual ou inferior a 75 % da área total da seção normal aos furos das peças (área bruta). Se essa condição não for satisfeita, o bloco é considerado maciço.

Os blocos de concreto podem ser produzidos em diferentes geometrias e com resistências à compressão variáveis, de acordo com a proporção das matérias-primas que os constituem. Atualmente, são oferecidos, no mercado, levando em conta desde exigências estruturais (blocos mais resistentes) até estéticas (diferentes texturas e cores, para utilização à vista, por exemplo).

Os blocos de concreto devem ter aspecto homogêneo e arestas vivas. Semelhantemente aos blocos cerâmicos, trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar seu assentamento ou afetar a resistência e durabilidade da construção, são indesejáveis. Sua superfície deve ser suficientemente áspera para garantir uma boa aderência quando destinados a receber revestimento.

Os blocos de concreto também se apresentam sob diversas formas, específicas para cada função (figura 2.2).



FIGURA 2.2 – Exemplo de família de blocos de concreto.

### 2.2.3 Argamassa de Assentamento

A argamassa é o elemento de ligação das unidades de alvenaria em uma única estrutura. Os tipos de argamassa utilizados no assentamento das unidades podem ser à base de cal, cimento, cimento com aditivos, cimentos de alvenaria, de cal e cimento (mistas).

As argamassas mistas (constituídas de cimento, cal e areia) são as mais adequadas para o uso em alvenaria estrutural. O tipo de argamassa a ser utilizado depende, principalmente, da função que a parede exercerá, das condições de exposição da parede e do tipo de bloco empregado.

Pozzobon (2003) alerta que, em detrimento do concreto e argamassas conterem os mesmos componentes principais, ensina-se, equivocadamente, que a boa prática do concreto é também a boa prática das argamassas. O mesmo autor afirma que nem sempre uma argamassa mais resistente é a mais indicada. E mais: não há uma relação direta da resistência da argamassa com a resistência da parede. “Para cada resistência de bloco existe uma resistência ótima de argamassa. Um aumento desta resistência não aumentará a resistência da parede” (POZZOBON, 2003). Duarte (1999) explica que, como a argamassa representa um volume aproximado de 20% na parede (sendo os demais 80% referentes às unidades de alvenaria), aumentos de resistência à compressão da argamassa incidem apenas sobre este percentual de 20% do total da parede.

### 2.2.4 Paredes

Quanto à função estrutural que exercem, as paredes podem ser definidas como:

- Paredes de vedação: as que resistem apenas ao próprio peso, servindo somente para dividir ambientes internos ou para conter tubulações hidráulicas, não possuindo responsabilidade estrutural;
- Paredes estruturais: dimensionadas mediante processos racionais de cálculo, resistem às cargas verticais provenientes do próprio peso, da estrutura sobre elas e da ocupação do edifício;

- Paredes de contraventamento: destinam-se ao suporte das cargas horizontais paralelas ao seu plano, absorvem esforços provenientes de ações externas, principalmente a ação do vento e promovem o “travamento” da estrutura;
- Paredes enrijecedoras: têm a função de enrijecer as paredes estruturais contra a flambagem.

## **3. PROJETO**

### **3.1 Considerações Iniciais**

As mudanças ocorridas no decorrer do processo histórico de civilização levaram o Homem a viver e trabalhar em abrigos artificiais por ele construídos, gerando assim um ramo básico da atividade humana: a construção de edifícios. Esta é sem dúvida uma das atividades mais antigas e importantes para o progresso das civilizações. As edificações ao longo do desenvolvimento humano foram utilizadas para transformar a natureza de forma a atender aos propósitos referentes a abrigo, locomoção, produção, diversão e outros. (FABRÍCIO & MELHADO, 2002).

Durante a Antigüidade clássica, Marcus Vitruvius Pollio (séc. I a.C.) – arquiteto romano popularmente conhecido como Vitruvius – elaborou o seu tratado "De Architectura" em dez capítulos, abordando a formação do arquiteto, os requisitos mecânicos e estruturais, de habitabilidade e estética das edificações, as características "projetuais" e construtivas, geometria, propriedade dos materiais, etc. Considerado o primeiro documento sobre arquitetura, o trabalho de Vitruvius lançou as bases para um tratamento teórico e formal da atividade de construção, até então realizada de forma prática, com os conhecimentos construtivos sendo transmitidos oralmente e por exemplos – edificações existentes. O texto vitruviano, que exerceu influência nas construções do Império Romano, caiu no esquecimento durante um longo período, tendo sido redescoberto apenas no Renascimento, quando teve várias edições e representou um modelo para os demais tratados sobre arquitetura que o sucederam.

O projeto pode ser considerado tão antigo quanto a história das construções. Conforme observa Cross (1999), a habilidade para o projeto é uma parte da inteligência humana, uma habilidade natural disseminada na maioria da população,



podendo ser observada nas construções vernaculares e nos desenhos rupestres produzidos nos primórdios da humanidade. O autor desta ainda que desenhos e esboços têm sido usados para projetar objetos muito antes do Renascimento, mas nesse período experimentou-se um importante crescimento dos desenhos como artifício de concepção de objetos mais complexos. Também a partir do Renascimento ocorreram os avanços do conhecimento técnico e científico, tendo sido lançadas as bases da engenharia. Assim, surgiram as primeiras experiências do que hoje chamamos de projeto, iniciando-se o uso sistemático do desenho como principal ferramenta de pensar e representar o projeto.

Com a Revolução Industrial, a sociedade humana tornou-se mais complexa e passou por um intenso processo de divisão social do trabalho, o que se refletiu também nos projetos, primeiramente, pela cisão entre projetar e construir (projetista – operário) e, numa segunda etapa, pela separação entre arquitetura e engenharia. De acordo com Niemeyer (1986), no passado, projetar e construir um edifício representava uma única tarefa. Com o passar do tempo, a evolução da técnica e os novos programas instituídos pela sociedade moderna tornaram as construções mais complexas, surgindo, então, o arquiteto e o engenheiro: o primeiro, incumbindo-se do projeto dos edifícios, e o segundo, atendo-se à maneira de construí-los. Andrade (1994), discutindo em termos históricos a origem e o significado das profissões vinculadas à atividade de construir, analisa o sentido das palavras engenheiro e arquiteto em latim e grego, concluindo: "ambos os termos designavam o mesmo profissional, o inventor, o autor, o construtor".

Atualmente, para dar conta de uma crescente complexidade das demandas e das possibilidades tecnológicas e construtivas dos edifícios, o projeto incorpora inúmeros consultores especializados em diferentes subsistemas e processos que compõem o empreendimento.

### **3.2 O Conceito de Projeto**

A maioria dos conceitos e definições de "projeto", obtidos a partir da bibliografia relacionada com o tema, está ligada ao procedimento ou prática de projetar. Nesse sentido, pode-se entender o projeto como sendo: "... uma atividade criativa, intelectual, baseada em conhecimentos (...) mas também em experiência

(...) um processo de otimização" (STEMMER, 1988); "... um processo para a realização de idéias que deverá passar pelas etapas de: idealização, simulação (análise) e implantação (protótipo e escala de produção)" (RODRIGUEZ, 1992).

Tem-se nessas definições o enfoque de projeto como criação. Por outro lado, é possível encontrar também, na bibliografia, uma série de definições de projeto de um ponto de vista mais voltado aos seus resultados, delineando o seu propósito individual, social, político ou cultural: "... o projeto é parte e reflexo de uma atitude global de seu autor e, através dele, do tempo em que vive" (FERRO, 1979); "... a ação de intervir ordenadamente, mediante atos antecipatórios, no meio ambiente. A ação pode manifestar-se em produtos, edifícios, sinais, avisos publicitários, sistemas, organizações" (BONSIEPE, 1983); "... a atividade de criar propostas que transformem alguma coisa existente em algo melhor" (McGINTY, 1984).

Para Melhado (1994), o projeto é o responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e pela transmissão das características físicas e tecnológicas específicas a serem consideradas na execução de um empreendimento e deve ser entendido como parte de um processo maior – o processo de construção, que leva à geração de produtos. Gus (1996) acrescenta que o processo de projeto é também uma forma de expressão pessoal e de arte, que requer criatividade e originalidade para traduzir e documentar as expectativas e necessidades de seus clientes e usuários.

No que se refere aos edifícios, o projeto deve ser encarado, também, sob a ótica do processo, no caso, a atividade de construir. Roman *et al.* (2000) afirma que os projetos da indústria da construção civil são únicos e de aplicação particular, o que nos permite vislumbrar a complexidade do processo de projeto e a necessidade da contemplação, no projeto, da etapa construtiva.

Nesse contexto, o projeto deve ser entendido como informação, a qual pode ser de natureza tecnológica (como no caso de indicações de detalhes construtivos ou locação de equipamentos) ou de cunho puramente gerencial, sendo útil ao planejamento e programação das atividades de execução, ou que a ela dão suporte (como no caso de suprimentos e contratações de serviços).

### 3.3 A Importância do Projeto

A etapa de projeto é instrumento fundamental na construção civil. Representa as idéias, a concepção, a representação real do elemento construtivo (OHASHI, 2001).

Melhado & Violani (1992) observam que se tem verificado, em geral, uma dissociação entre a atividade de projeto e a de construção. O projeto, encarado como instrumento meramente legal, recebe, muitas vezes, a mínima atenção: sem adequado aprofundamento, comprime-se seu prazo e custo. Assim, sem adequadas condições, postergam-se grande parte das decisões para a etapa da obra.

É fundamental, para a obtenção da qualidade da edificação, a valorização da fase de projeto. Na defesa desse ponto de vista, pode-se citar as considerações feitas pelo grupo do *Construction Industry Institute - CII* - acerca da importância das fases iniciais do empreendimento, que podem ser visualizadas graficamente na figura 3.1: as decisões tomadas nestas são as que têm maior capacidade de influenciar o custo final.

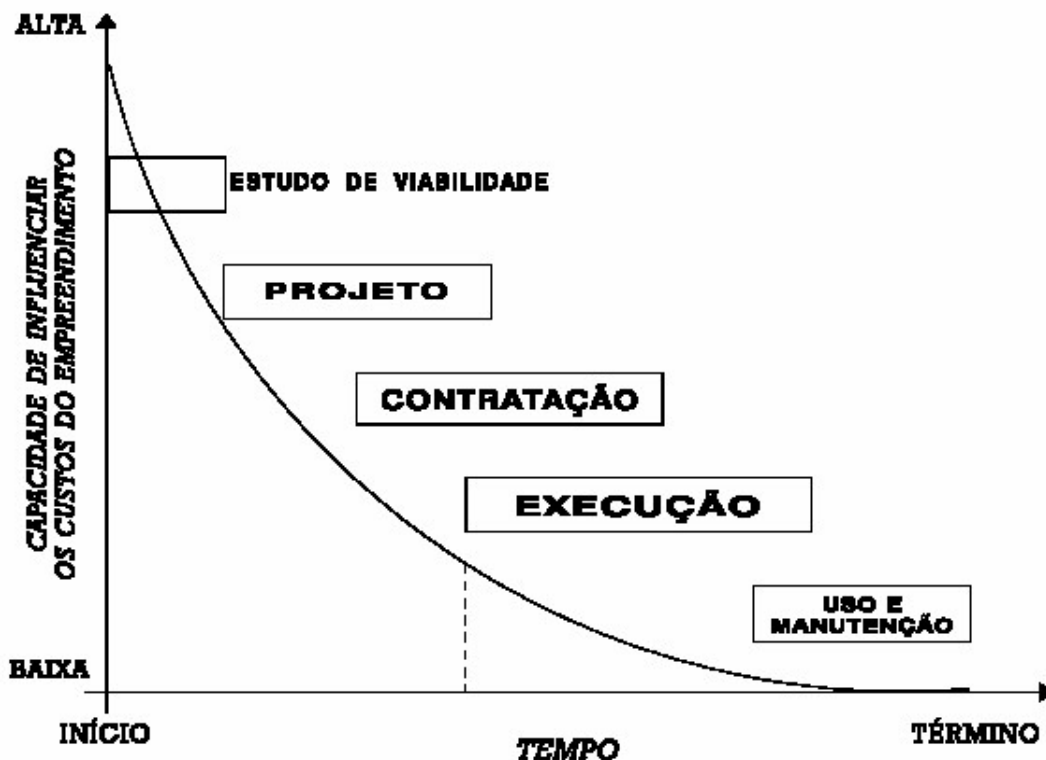


FIGURA 3.1 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases (Fonte: CII, 1987).

As etapas iniciais são fundamentais para a realização do empreendimento, pois constituem o momento em que é avaliada sua viabilidade técnica e econômica, bem como identificadas as necessidades de seus usuários (SALDANHA & SOUTO, 1998). Durante as etapas iniciais, as decisões de projeto podem ser exaustivamente avaliadas e alteradas sem que isto implique em custos significativos para o empreendimento. As possibilidades de influenciar os resultados de um empreendimento são maiores nas primeiras etapas do projeto. À medida que avançam as etapas subseqüentes, as possibilidades de influência vão diminuindo e, ao mesmo tempo, aumentam as despesas para os casos de intervenções (figura 3.2).

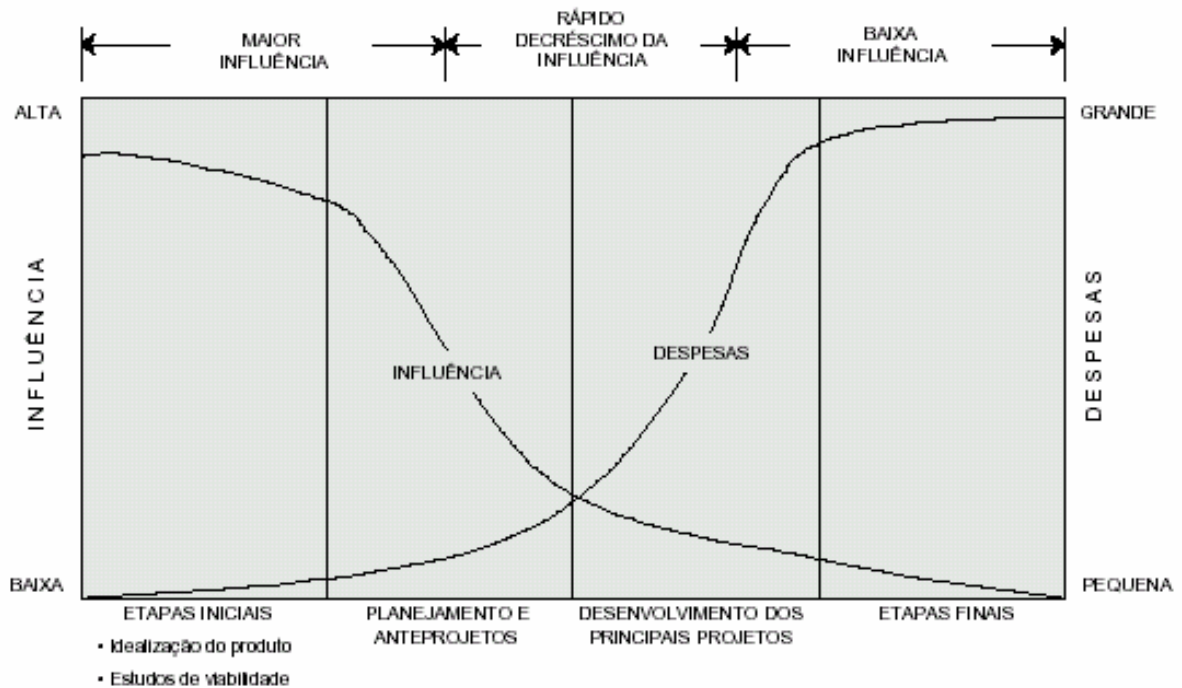


FIGURA 3.2 – Possibilidade de influenciar o projeto (BAGATELLI, 2002).

Também Hammarlund & Josephson (1992) defendem a idéia de que as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são importantes, atribuindo-lhes a principal participação na redução dos custos de falhas do edifício. É muito expressiva a importância atribuída pelos autores às fases iniciais do empreendimento, do estudo de viabilidade à conclusão do projeto, nas quais, apesar

do baixo dispêndio de recursos, estão concentradas boa parte das chances de redução da incidência de falhas e dos respectivos custos.

Na prática corrente, porém, muitas vezes o projeto de um edifício é entendido como um ônus que o empreendedor deve ter antes do início da obra, sendo encarado, portanto, como uma despesa a ser minimizada o quanto for possível, já que não se têm inicialmente os recursos financeiros necessários e suficientes para executar o empreendimento, antes de aprovar o projeto junto aos órgãos competentes (BARROS & MELHADO, 1993 *apud* MELHADO, 1994). Conforme Laranjo & Cimmati (2003) “grande parte dos construtores e incorporadores não consideram os custos de projetos completos e de qualidade como investimentos, pois não existe um retorno imediato”. Em termos ideais, o projeto pode assumir o encargo fundamental de agregar eficiência e qualidade ao produto.

De acordo com Melhado (1994), em países desenvolvidos, o tempo de projeto muitas vezes chega a ser da mesma ordem de grandeza do tempo dedicado, posteriormente, à obra, procurando-se, com isto, evitar as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução e obter um melhor desempenho do produto final. Em contrapartida, o autor afirma ainda que, no Brasil, não existe tal cultura, sendo o projeto quase sempre visto como um "mal necessário" em função das exigências legais. Este é, segundo o autor, um dos motivos que levam os projetos a serem simplesmente indicativos, fazendo com que parte das decisões que caberiam ao projeto seja tomada durante a realização da obra.

Segundo Cambiaghi (1992), o conteúdo de um projeto completo deve ser o mais abrangente possível, permitindo a verificação, coordenação, identificação dos processos e métodos construtivos, além da especificação, qualificação e quantificação de todos os elementos que constituem a obra. Semelhantemente pensam Melhado & Agopyan (1995), afirmando que o projeto deve incluir informações dirigidas às especificações do produto a ser construído e também dos meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários à sua execução.

Normalmente, um projeto de edificação é composto pelos projetos arquitetônico e complementares – sendo esta a denominação genérica para a reunião dos projetos estrutural e de instalações (elétricas, hidráulicas, sanitárias, de prevenção de incêndio, etc.) – bem como memoriais descritivos. O projeto, quando voltado às necessidades do canteiro de obras, visando a construção do edifício, chama-se projeto executivo.

### 3.3.1 O Projeto Arquitetônico

O projeto arquitetônico constitui-se na “espinha dorsal” do projeto da edificação. Todos os projetos complementares são concebidos a partir do projeto de arquitetura, o que lhe atribui uma grande importância. Assim, um projeto arquitetônico mal concebido implicará em efeitos danosos sobre a totalidade da edificação, vista sua influência na concepção dos demais projetos, na execução, nos custos, na manutenção do edifício e, conseqüentemente, na sua vida útil.

A concepção do projeto arquitetônico é uma tarefa árdua, pois ao arquiteto cabe contemplar todos os aspectos técnicos envolvidos na construção, atendendo-os da melhor maneira possível. Este profissional determina também as características da edificação: sistema construtivo a ser adotado, dimensões e disposição dos ambientes, tamanho e posição das aberturas, tipo de cobertura, solução estrutural, previsão de instalações (elétricas, hidrossanitárias, prevenção contra incêndio, etc.) e equipamentos (elevadores, bombas, motores, etc.), além dos acabamentos internos e externos (pisos, revestimentos, cores, etc.). Estas decisões de projeto são condicionadas por diversos fatores, entre eles a legislação vigente, normalização, recomendações técnicas, limitações orçamentárias, durabilidade dos materiais, dificuldades de manutenção e reposição.

Apesar da grande responsabilidade envolvida, muitos arquitetos não consideram com a devida atenção importantes aspectos no projeto da edificação, sobretudo os de ordem técnica, relacionados à construção. O maior subterfúgio utilizado para eximi-los da preocupação construtiva do edifício é a costumeira comparação do arquiteto com o artista, exaltando-se a criatividade como principal ferramenta de trabalho de ambos, e atribuindo-se o êxito da obra de arte, no caso do arquiteto, o projeto arquitetônico, à liberdade de criação formal e estética. Sabe-se, contudo, que obras de arte são objetos produzidos em pequena escala, de forma artesanal, geralmente, sem grande investimento financeiro, e destinados à contemplação. Esta definição difere diretamente da edificação que, não obstante a preocupação com a beleza estética, possui uma complexidade muito maior: deve ser exeqüível com os recursos disponíveis pela empresa construtora, garantir o retorno financeiro do empreendedor (que investe, desde o início, consideráveis recursos) e, sobretudo, suprir adequadamente as necessidades cotidianas de seus usuários. Segundo Melhado (2001), trata-se do secular conflito ligado à necessidade de

conciliar arte e ciência, de propor soluções capazes de atender não apenas à dimensão formal, mas também às dimensões físicas, legais, sociais e econômicas do projeto. A polêmica sobre o tema existe, pelo menos, desde a época de Vitruvius.

Maciel (2003) diz que somente é possível viabilizar concretamente a idéia do objeto arquitetônico a partir do conhecimento da construção. Acrescenta, de forma enfática, que desconsiderar a construção é garantir a “falência da arquitetura” e do arquiteto, pois este, ao se eximir, deixa para outro a responsabilidade fundamental das definições que implicam na geração da forma visível do edifício e na definição da ambiência e da conformação do espaço interior destinado à vida humana.

Segundo Laranjo & Cimatti (2003), freqüentemente, entre engenheiros e operários da construção civil, diz-se que “o arquiteto cria e o engenheiro se vira para construir”, criticando a postura do arquiteto diante da execução de seu projeto. As autoras afirmam ainda que esta visão é, muitas vezes, correta, pois “é claro o desinteresse do arquiteto pela execução e implantação de seu projeto, quando não se preocupa e nem valoriza o detalhamento e a integração com as áreas técnicas”.

A respeito desta questão, no ambiente acadêmico, discutem-se algumas conjecturas, entre elas a consideração de que, uma das causas da omissão do arquiteto, é sua insuficiente formação acadêmica. O arquiteto Joaquim Guedes (PROJETO DESIGN, 2000) diz que “não se ensina tecnologia e construção de verdade nas escolas de arquitetura. Trata-se apenas de um verniz de tecnologia; a verdadeira tecnologia fica para as escolas de engenharia e os institutos”. A respeito disso, é fato que a formação acadêmica dos arquitetos em outros países é diferente da brasileira, havendo, comparativamente, mais ênfase nas áreas relacionadas à Construção Civil e Sistemas Estruturais.

### 3.3.2 Os Projetos Complementares

Denominam-se complementares todos os demais projetos da edificação. Subdividem-se em dois grupos principais, a saber: estrutural e de instalações.

O projeto estrutural se refere ao detalhamento da estrutura da edificação. Compreende as fundações e a superestrutura. Os projetos de instalações detalham os sistemas prediais existentes na edificação, bem como os equipamentos especiais. Destacam-se: instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias, telefônicas, de

GLP (gás liquefeito de petróleo), de prevenção de incêndio, calefação, refrigeração, elevadores, monta-cargas, etc.

Tanto o projeto estrutural quanto os projetos de instalações estão condicionados ao projeto arquitetônico (figura 3.3), uma vez que este, para a organização do espaço, supõe a interferência da estrutura (locação de pilares, altura de vigas, vãos máximos de lajes, por exemplo), além de localizar e pré-dimensionar os compartimentos utilizados pelas instalações (*shafts*, rebaixos de forro, quadros de medidores, posição e altura de reservatórios de água, posição de interruptores e tomadas, elevadores, etc.). Assim, para que não haja prejuízo aos projetos complementares, a arquitetura deve ser concebida visando a perfeita compatibilização, o que requer do arquiteto conhecimentos básicos acerca das condições necessárias para a realização dos projetos complementares.

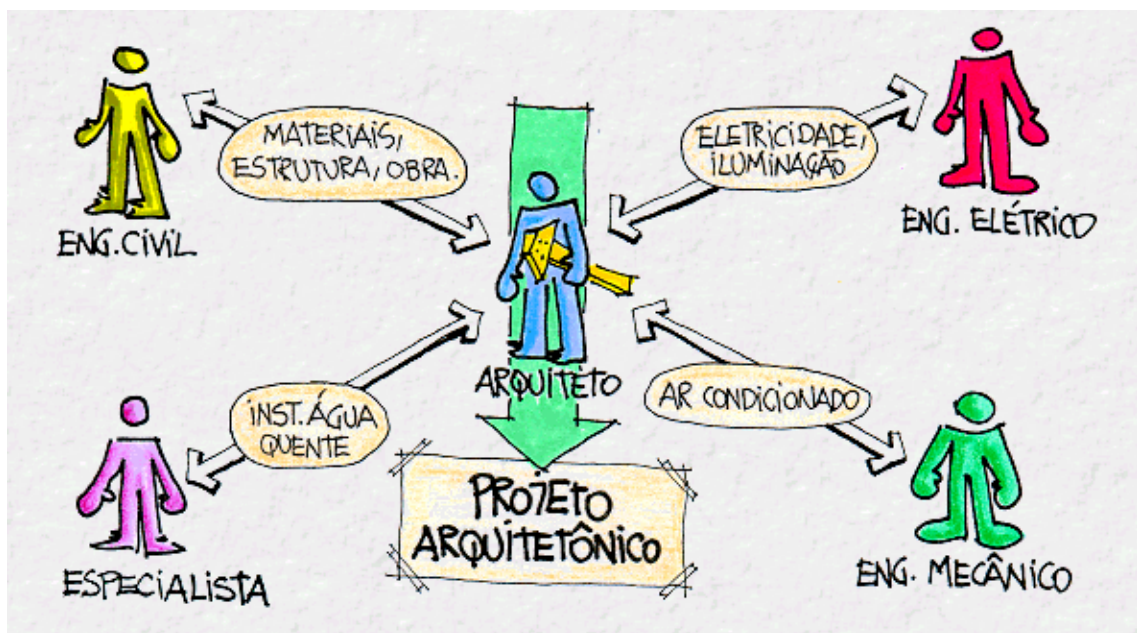


FIGURA 3.3 – O arquiteto como coordenador do projeto. (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 1997).

### 3.4 Compatibilização de Projetos

Da interferência entre os projetos arquitetônico e complementares surge a necessidade de compatibilizar, ou seja, estudar a maneira de todos os projetos coexistirem harmonicamente na edificação. Em outras palavras, compatibilizar é



fazer com que todas as soluções de projeto se “encaixem” perfeitamente na construção.

Há quem acredite que projetar necessariamente é compatibilizar. Mas o ato de projetar pode ser dividido em uma etapa conceitual e outra dimensional. Sob este ponto de vista, pode-se ter uma etapa de identificação de um espaço e, em um momento seguinte, o dimensionamento preciso deste mesmo espaço. Pode-se também considerar a situação inversa: havendo um padrão dimensional de espaço, o projetista, com base neste padrão, redimensiona-o em uma nova situação conceitual (FERREIRA, 2001).

Quando se trata de um projeto simples, estas diferentes etapas ocorrem quase simultaneamente, isto é, os dois modos de estruturar o pensamento praticamente se misturam. Em projetos mais complexos, porém, é difícil atingir tamanha flexibilidade mental a ponto de conciliar a visão geral com a preocupação pelo detalhe.

Conforme aumenta a complexidade do empreendimento, cresce a necessidade da integração entre as atividades técnicas de projeto (arquitetura, estrutura, instalações prediais, iluminação, comunicação visual, paisagismo, impermeabilização, entre outras) para a construção de um edifício. Esta integração permite a troca de informações entre os projetistas a fim de otimizar soluções técnicas e econômicas (CORRÊA & NAVIERO, 2001).

Rocha (1990), referindo-se à compatibilização da arquitetura com a estrutura da edificação, diz que "tudo isto, muitas vezes, se transforma em um verdadeiro 'quebra-cabeças' que o projetista tem que resolver da melhor maneira possível, para o que há necessidade de muita arte e grande experiência". Sem dúvida pode-se estender a validade desta afirmação também para as demais especialidades.

## **4. CONSTRUTIBILIDADE E DESEMPENHO**

### **4.1 Considerações Iniciais**

A solução adotada num projeto tem grande influência no processo de execução da obra, por definir detalhes construtivos e especificações que levam a uma maior ou menor facilidade de execução.

Analisando a participação do projeto no processo construtivo, Scardoelli (1995) cita que o projeto permite planejar não só a forma do produto final, mas também define uma série de aspectos da edificação que têm grande influência na produtividade, no tempo de execução e qualidade do processo. O conteúdo do projeto interfere ainda na possibilidade de ocorrência de perdas de materiais e erros de execução, bem como a qualidade final do serviço executado. Na prática, tem se observado que, geralmente, o projeto se limita à definição do produto sem incorporar-lhe os métodos e processos construtivos, os materiais e equipamentos (BARROS, 1996), o que contraria a busca pela qualidade.

Assim, o arquiteto deve possuir uma boa formação sobre processos construtivos e os materiais empregados, para que as informações contidas no seu projeto guardem um grau de precisão e detalhe coerentes com o processo de produção, tornando-o transparente, sem a introdução de variáveis incontroláveis e geração de dúvidas durante a obra.

As decisões de projeto influenciam também o comportamento da edificação ao longo de sua vida útil. O desempenho de um edifício depende das características de uma série de elementos que o constituem e suas respostas aos diversos tipos de solicitações. Assim, o comportamento isolado destes elementos representa apenas uma parcela do desempenho da edificação como um todo. É inegável, porém, que a

utilização de partes com bom desempenho isolado é fundamental para uma boa performance do conjunto.

A partir da industrialização da construção, foram introduzidos muitos novos produtos nos edifícios. Assim, a aplicação do conceito de desempenho parte do pressuposto de que os produtos devem apresentar certas propriedades a fim de cumprirem a função à qual se destinam quando submetidos a certas condições durante a sua vida útil.

O atendimento a estas condições deve ser preocupação constante do projetista da edificação, uma vez que esta deve apresentar um mínimo de qualidade, atendendo às prescrições normativas quanto à exigência de desempenho. O edifício e suas partes constituintes possuem determinadas propriedades e características que influenciam, de uma forma ou de outra, o modo como reagem às solicitações durante a vida útil (MITIDIERI FILHO, 1998).

## 4.2 O Conceito de Construtibilidade

Durante a década de 80, quase ao mesmo tempo, dois diferentes grupos de pesquisadores publicaram, com grande intensidade, trabalhos divulgando conceitos relacionados com a orientação e integração das atividades realizadas ao longo de um empreendimento de construção com foco na etapa de execução. Nos EUA, tal tipo de filosofia gerencial surgiu com a denominação "*constructability*" e, no Reino Unido, como "*buildability*" (MELHADO, 1994).

Da primeira origem citada, tem-se que construtibilidade pode ser definida como "o uso ótimo do conhecimento e da experiência em construção, no planejamento, projeto, contratação e trabalho em canteiro, para atingir os objetivos globais do empreendimento" (CII, 1987). Por outro lado, para a *Construction Industry Research and Information Association (CIRIA)* - Inglaterra - 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 acabado.

Sabbatini (1989) discute o significado morfológico dos termos respectivamente adotados em cada país, concluindo, em sua análise que ambos, apesar das diferenças de enfoque, deixam explícito que o conceito de construtibilidade fundamenta-se na consideração dos fatores relacionados às

operações construtivas, na etapa de projeto, para a otimização de todo o processo da construção. Esse autor afirma, com base no significado semântico da palavra, que a construtibilidade é uma propriedade inerente ao projeto.

Outros autores também definem o termo. Griffith & Sidwell (1995) entendem a construtibilidade no projeto como a consideração detalhada dos elementos de projeto, visando atender os requisitos técnicos e financeiros do empreendimento, considerando a relação projeto/construção para melhorar a efetividade do projeto, subsidiando o processo de construção. Para O'Connor & Tucker (1986), a construtibilidade é a habilidade das condições de projeto de permitir a ótima utilização dos recursos da construção; e ainda "orientação do projeto à execução". Sabbatini (1989) traduz o conceito afirmando que "o edifício tem um grau superior de construtibilidade se, o seu projeto descer a um nível tal de detalhamento que, demonstre perfeitamente como ele deverá ser construído".

Assim, pode-se dizer que construtibilidade refere-se ao emprego adequado do conhecimento e da experiência técnica, em vários níveis, visando racionalizar a execução dos empreendimentos, tendo como ênfase a inter-relação entre as etapas de projeto e execução. Entende-se por construtibilidade no projeto a aplicação desse conhecimento e experiência no desenvolvimento dos projetos, junto a diretrizes gerais que permitam racionalizar a execução dos empreendimentos.

#### 4.2.1 Construtibilidade X Racionalização

Araújo (1995) faz uma comparação entre os conceitos de construtibilidade e racionalização e conclui que pouco se distanciam. Na verdade, são conceitos que se complementam. Ambos são empregados quando se faz uso de um sistema que busca a organização e adequação dos meios para se obter o produto final desejado.

Segundo Barros (1996), a racionalização na construção consiste no esforço para tornar mais eficiente a atividade de construir, na busca da solução ótima para os problemas da construção. Na definição de Rosso (1980) percebe-se a maior abrangência do termo racionalização: "é um processo mental que governa a ação contra os desperdícios temporais e materiais dos processos produtivos, aplicando o raciocínio sistemático, lógico e resolutivo". Para este autor, a racionalização é um conjunto de ações reformadoras que se propõe substituir as práticas rotineiras

convencionais por recursos e métodos baseados em raciocínio sistemático, visando eliminar a casualidade das decisões. Sabbatini (1989) resume o conceito, de forma simples: “racionalizar é eliminar desperdícios”. Complementa afirmando que a razão de ser da racionalização é fazer o melhor uso dos recursos disponíveis.

Sabbatini (1989) apresenta a construtibilidade como alavanca da racionalização construtiva, enfatizando dois aspectos como justificativa: a consideração de todos os parâmetros que realmente importam para a solução de projeto e a adoção inevitável, por parte de todos os intervenientes, de uma visão global do processo da construção. O mesmo autor afirma que utilizar o conceito de construtibilidade implica em estar constantemente buscando atingir a máxima racionalização construtiva, isto é, preocupar-se em obter a maneira mais fácil, simples e racional (por consequência, mais econômica) de construir.

Os conceitos de racionalização e construtibilidade aproximam-se bastante em alguns pontos, mas sua adoção implica em pontos de vista distintos. A racionalização enfoca a disseminação de ações que visam otimizar cada uma das partes do sistema em si próprias e como parte de um todo; enquanto que a construtibilidade coloca como questão básica a orientação de todo o sistema para a etapa de obra, privilegiando o processo de produção (MELHADO, 1994).

### **4.3 O Conceito de Desempenho**

As primeiras prescrições acerca do desempenho das construções podem ser encontradas no Código de Hammurabi, legislação mesopotâmica criada, aproximadamente, em 2000 a.C. Novos registros aparecem na obra “De Architectura”, do arquiteto romano Marcus Vitruvius Pollio (séc. I a.C.). Já em 1925, o Código de Construção, baseado no conceito de desempenho proposto pelo NBS, implementou o desenvolvimento de normas de desempenho nos anos 30 e 40 (MITIDIÉRI FILHO, 1998).

Internacionalmente, o conceito de desempenho vem sendo utilizado há bastante tempo, mas o seu uso sistematizado iniciou nos anos 60 e 70 (MITIDIÉRI FILHO, 1998). Instituições como a *Réunion Internationale de Laboratoires d’Essais et de Recherches sur les Matériaux et Constructions* (RILEM), a *American Society for Testing and Materials* (ASTM), o *International Council for Research and Innovation in*

*Building and Construction* (CIB) e a *International Organization for Standardization* (ISO) foram pioneiras na promoção de eventos técnicos para apresentação e discussão de trabalhos sobre a aplicação do conceito de desempenho em edifícios. Merece destaque a atuação da ISO na publicação de normas que consolidam o conceito de desempenho, as quais se constituem em referências importantes no assunto. As quatro instituições mencionadas mantêm grupos permanentemente ocupados com a questão do desempenho de edifícios (GONÇALVES *et al.*, 2003).

O *Conseil International du Bâtiment pour la Recherche l'Etude et la Documentation* (1975), *apud* HINO & MELHADO (1998), conceitua desempenho como “comportamento relacionado ao uso”. Caracteriza a necessidade de um produto apresentar certas propriedades que permitam o cumprimento de sua função quando sujeito a determinadas influências ou ações, durante sua vida útil (SOUZA, 1988; MITIDIERI FILHO & HELENE, 1998).

A NBR 5674 (ABNT, 1999) denomina desempenho a capacidade de uma edificação atender às necessidades de seus usuários, a saber, exigências quanto à segurança, saúde, conforto, adequação ao uso e economia, cujo atendimento é condição para realização das atividades previstas no projeto durante a vida útil do empreendimento, isto é, durante o intervalo de tempo ao longo do qual a edificação e suas partes constituintes atendem aos requisitos funcionais para os quais foram projetadas, obedecidos os planos de uso, operação e manutenção previstos.

Segundo Souza *et al.* (1995), as edificações estão sujeitas a solicitações de naturezas diversas, tais como a ação dos ventos, da radiação solar, da chuva, e outros fatores relacionados ao frio, ao calor e à umidade, característicos do ambiente onde estão inseridas. Há ainda que se considerar as solicitações advindas da própria concepção do edifício, como ações de cargas permanentes e variáveis, esforços de manuseio, ruídos internos e externos, entre outros, além de uma infinidade de outras solicitações imprevisíveis inerentes ao uso das edificações, como a ação de agentes químicos provenientes de produtos de limpeza, impactos e choques acidentais, incêndios, entre outras. Pode-se identificar e mensurar as diversas solicitações do edifício, ao longo de sua vida útil, a partir de ensaios e observações do ambiente onde o empreendimento estará inserido. A todas estas solicitações dá-se o nome de condições de exposição.

São denominados requisitos de desempenho as condições qualitativas às quais uma edificação deve atender quando submetida a determinadas condições de

exposição a fim de que sejam satisfeitas as necessidades dos usuários (SOUZA *et al.*, 1995). Estas condições, segundo a NBR 5674 (ABNT, 1999) quando mensuradas em termos quantitativos, passam a ser denominadas critérios de desempenho.

Conforme Bagatelli (2002), a definição dos requisitos de desempenho de um empreendimento, bem como sua inserção no projeto, representa uma tarefa complexa, uma vez que existem exigências de caráter imperativo, impostas por normas e legislações diversas, como as ligadas à segurança estrutural ou incêndio, por exemplo. Por outro lado, há outras necessidades, de natureza subjetiva, difíceis de serem identificadas e/ou mensuradas, como é o caso dos aspectos relacionados ao conforto e à qualidade.

As necessidades dos usuários consistem em grandezas complexas e dinâmicas, decorrentes de fatores como a função do empreendimento, condições climáticas, valores culturais e características físicas do usuário, que são influenciadas pelo desenvolvimento tecnológico, pela disponibilidade de recursos econômicos e até pela forma de organização da sociedade. Deste modo, as necessidades dos usuários são socialmente definidas e redefinidas continuamente, apresentando um caráter histórico (JOHN, 1989). Com o avanço tecnológico e as constantes transformações das sociedades, de um modo geral, observa-se a necessidade de que as edificações contemplem outras necessidades.

Sabbatini (1989), ao abordar o conceito de desempenho, refere que este possui um enfoque sistêmico, isto é, aplica-se ao tanto ao edifício quanto a suas partes (componentes e elementos). Afirma, porém, que as especificações de desempenho são mais facilmente formuladas para a referência a níveis menos complexos que o edifício enquanto conjunto. Por isso, a ênfase se dá, geralmente, na análise individualizada das especificações. A consideração da interdependência e das interferências mútuas entre os requisitos é extremamente complexa.

Através de ensaios de componentes, simulações computacionais, estimativas matemáticas, entre outros recursos, pode-se inferir o desempenho potencial de um edifício. Esta informação é importante para nortear o projeto da edificação, pois indica o possível comportamento da edificação após sua concretização. Por outro lado, o desempenho real do edifício pode ser obtido através de medições e ensaios de campo somente após a construção. Neste caso, se o produto “ambiente

construído” apresentar desempenho insatisfatório, este diagnóstico será útil apenas para os empreendimentos futuros, a fim de que não se repitam os mesmos erros.

#### **4.4 A Construtibilidade como Diretriz de Projeto**

O grupo do *Construction Industry Institute - CII*, sediado na Universidade do Texas (EUA), acerca das vantagens de adotar a construtibilidade como diretriz, considera que "os resultados mais positivos são obtidos quando profissionais com experiência e conhecimento de construção são envolvidos desde realmente o início do empreendimento" (CII, 1987). A participação de profissionais ligados diretamente à execução de construções nas várias etapas do empreendimento é, portanto, considerada indispensável dentro da filosofia da construtibilidade - com grande reflexo sobre a etapa de projeto.

Sabbatini (1989) afirma que, ao considerar a construtibilidade como diretriz de projeto, o projetista se vê obrigado a interagir mais com a construção, comunicando as intenções de projeto, olhando seriamente as informações e recursos da construção, os cronogramas e as especificidades da obra, produzindo um projeto construível e de custo otimizado e providenciando suporte técnico para o construtor e o gerente do empreendimento.

A construtibilidade auxilia o projetista a expressar, no projeto, sua experiência e compreensão básica sobre materiais e processos, conferindo transparência ao processo construtivo. Também possibilita que os agentes responsáveis pelo planejamento da obra possam, a partir de um projeto com boa construtibilidade, medir até que ponto o produto pode ser prontamente executado com os recursos disponíveis (MACHADO, 1999).

Como resultado de um projeto que considere a construtibilidade, espera-se obter um edifício de construção mais rápida, facilitada e econômica. Griffith (1987) afirma que "muitos projetos são possíveis de executar, mas alguns são claramente mais fáceis de construir do que outros", destacando que a aplicação da construtibilidade pode fazer com que os projetos tornem mais fácil, rápida e barata a execução das obras.



A construtibilidade pode ser obtida com emprego de soluções simples e eficazes, buscando maior definição e controle sobre as operações de execução. Segundo Roman *et al.* (2000), a construtibilidade é permitida quando há:

- uma maior comunicação entre o projeto e a obra;
- desenvolvimento de seqüências construtivas;
- padronização dos materiais;
- acessibilidade aos locais de trabalho;
- liberação das montagens em qualquer seqüência executiva;
- eliminação de embutimentos e sobreposições de elementos construtivos;
- respeito a nível, prumo e esquadro;
- uso de materiais convencionais;
- o uso de materiais locais, requerendo mão-de-obra facilmente encontrada.

Oliveira *et al.* (1994) destaca e explica alguns fatores fundamentais para o aumento da construtibilidade de uma edificação:

- Simplificação do projeto: utilização do menor número de componentes, elementos ou peças; utilização de materiais facilmente disponíveis no mercado, com tamanhos e especificações usuais; uso de componentes que cubram grandes áreas, volumes ou metragens lineares; respeito a prumo, nível e esquadro (evitando ângulos, inclinações e superfícies curvas); uso de materiais fáceis de serem instalados, não dependentes de mão-de-obra especializada e com poucos cuidados em relação à armazenagem e transporte; atenção e detalhamento de juntas e interfaces entre componentes;
- Padronização e repetição de projetos: de componentes, de detalhes de execução, de dimensões; flexibilidade ligada à tipificação, padronização, coordenação dimensional e modular;
- Comunicação projeto/obra: organização dos projetos e detalhes construtivos em locais acessíveis e com referências claras para uso; comunicação rápida aos projetistas de alterações realizadas durante a execução da obra e de projetistas à obra sobre mudanças realizadas nos projetos; revisão detalhada

das especificações e detalhes, antes do início de cada serviço, realizada por todos os envolvidos no processo (cliente, projetista, construtor).

De maneira análoga, Griffith & Sidwell (1995) indicam as seguintes diretrizes gerais a serem adotadas para todos os projetistas:

- Simplificar os detalhes de projeto para simplificar a execução;
- Projetar para a habilidade e a experiência de mão-de-obra disponível;
- Projetar para seqüências práticas e simples das operações de construção;
- Projetar para substituições e tolerâncias práticas dos materiais/componentes no local do trabalho;
- Projetar para padronizar e usar o número máximo de repetições quando apropriado;
- Projetar para simplificar as substituições;
- Projetar para uma fácil comunicação com o construtor.

Segundo Sabbatini (1989) a adoção de uma metodologia de projeto que incorpore o conceito de construtibilidade constitui-se em uma ação voltada ao aperfeiçoamento da capacidade do projeto em ser construído. Sendo assim, é entendida como uma ação direcionada à racionalização da construção. O mesmo autor afirma que o conceito de construtibilidade atua como um agente de integração dos trabalhos desenvolvidos em todas as fases, permitindo a obtenção de um produto de alto nível de coerência.

#### **4.5 O Desempenho como Diretriz de Projeto**

Os objetivos da aplicação do conceito de desempenho abrangem qualidade (fazer certo), rapidez (fazer em menor tempo), confiabilidade (cumprir prazos), flexibilidade (capacidade de oferecer uma maior gama de produtos) e custo (fazer mais barato) (ULRICH & SACOMANO, 1999).

Em geral, as edificações são projetadas para atender, apenas, às exigências normativas relacionadas à utilização do empreendimento pelos seus usuários.

Mesmo os aspectos relacionados ao conforto, por exemplo, que sugerem preocupações no sentido de tornar o ambiente construído o mais agradável possível para quem o utiliza, limitam-se, basicamente, à observância de níveis de ruídos, temperatura e estabilidade estrutural (BAGATELLI, 2002).

Mas, a aplicação do conceito de desempenho na indústria da construção consiste em traduzir as necessidades e expectativas dos usuários em requisitos técnicos e critérios quantitativos de desempenho. Assim, ressalta-se a necessidade de identificar e mensurar todas essas necessidades e expectativas como forma de garantir o sucesso do empreendimento (BECKER, 1999).

O atendimento às necessidades dos usuários é o alvo de todo projeto de edificação, sendo que esta parte do projeto arquitetônico. O projeto, por ser uma das etapas iniciais do processo da construção, possui influência decisiva na determinação do desempenho do produto “ambiente construído”, pois é nessa fase que são definidas as características do produto e são considerados os aspectos relacionados a sua qualidade, custos, entre outros. Conclui-se, assim, que é papel do arquiteto conhecer, avaliar, julgar e propor as melhores soluções de projeto para cada situação específica, garantindo o pleno atendimento das necessidades dos usuários da edificação.

## **5. O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

### **5.1 Considerações iniciais**

As diretrizes de projeto apresentadas visam a obtenção da qualidade na edificação e a otimização dos recursos (físicos, financeiros, materiais, etc.) empregados na sua produção. A solução ótima para cada situação é resultado do equilíbrio das decisões e ações, empreendidas na fase de projeto, na busca do nível de qualidade desejado. Isto nos remete ao fato de existirem diversos níveis de qualidade possíveis de serem alcançados, sendo sua determinação geralmente relacionada à exigência do público alvo do empreendimento. Assim, as decisões de projeto devem ser coerentes com o nível de qualidade previsto, provocando resultados compatíveis com a expectativa. Caso contrário, obter-se-á um produto deficiente ou anti-econômico para a classe à qual se destina.

A aplicação conjugada dos princípios de construtibilidade e desempenho no projeto visa atingir de forma global a qualidade da edificação, pois, enquanto o primeiro se ocupa dos aspectos relacionados às operações construtivas, o segundo trata do comportamento da edificação após a construção.

Em termos de hierarquia, porém, considerando-se que a vida útil do edifício é muito superior ao período dedicado a sua construção, as primeiras definições do projeto devem recair sobre as especificações de desempenho. Por recomendação de Sabbatini (1989), somente após a seleção dentre as opções disponíveis (principalmente componentes e elementos), as alternativas selecionadas devem ser analisadas à luz do conceito de construtibilidade.

Qualquer que seja o sistema construtivo adotado, para que seja possível experimentar plenamente suas vantagens é necessário que o projeto seja concebido para este sistema. Na etapa de projeto, deve-se buscar a maximização de suas

potencialidades, agregando eficiência através do emprego de todos os recursos técnicos possíveis. Assim, recomenda-se que, em havendo interesse na adoção da alvenaria estrutural, esta opção já esteja definida desde o início do empreendimento, para que se obtenham as vantagens técnicas e econômicas que levem a racionalização, gerando aumento de produtividade e redução de custos.

Caso sejam tomadas todas as medidas recomendadas pela boa técnica, há um considerável incremento na construtibilidade e no desempenho da edificação de alvenaria estrutural. Os ganhos, contudo, são substancialmente maiores quando da utilização da alvenaria estrutural não-armada. Neste caso, desde o projeto, todas as etapas, mas principalmente o processo construtivo, são facilitadas, pois ao contrário das alvenarias estruturais armada e protendida, não há a necessidade da utilização de armaduras, exceto as recomendadas por necessidades construtivas, que afetam a produtividade. Com base nesta constatação, este trabalho ater-se-á à abordagem da alvenaria estrutural não-armada.

Conforme Roman, Mutti & Araújo (1999), todo o projeto de alvenaria estrutural deve considerar o princípio de que a alvenaria pode suportar grandes tensões de compressão, mas pequenas tensões de tração. Assim, a fim de viabilizar a alvenaria estrutural não-armada, deve-se trabalhar visando eliminar os esforços de tração, geralmente causados por momento fletor.

É importante o conhecimento, por todos os projetistas envolvidos no projeto da edificação, das formas de potencializar as vantagens da alvenaria estrutural.

## **5.2 O Projeto Arquitetônico**

A opção pela utilização do sistema de alvenaria estrutural implica em certas restrições que devem ser consideradas já pelo arquiteto, uma vez que a arquitetura e estrutura estão inter-relacionadas. Aspectos como volumetria, simetria, dimensões máximas dos vãos e a flexibilidade da planta devem ser estudados. Parte-se sempre do princípio de que, na construção em múltiplos pavimentos, as paredes do andar sobrejacente devem estar apoiadas sobre as do andar subjacente, isto é, deve-se buscar configurações do tipo “parede sobre parede”. Paredes em andar sobrejacente suportadas por vigas no andar subjacente podem ocorrer, embora esta não seja a solução mais coerente com a filosofia do sistema. Isso não significa a

inflexibilidade arquitetônica da edificação de alvenaria estrutural: a remoção de paredes é possível desde que estas não desempenhem função estrutural, o que deve ser definido já no projeto arquitetônico. Assim, todas as diferentes possibilidades de planta devem ser estudadas pelo arquiteto, o que requer conhecimento dos princípios básicos do sistema.

A atuação do arquiteto deve se dar em todas as etapas do projeto, isto é, da definição do partido arquitetônico ao detalhamento da estrutura. O desempenho do edifício, bem como seu grau de construtibilidade, estão diretamente relacionados a sua atuação.

### 5.2.1 Definição do Partido Arquitetônico

O lançamento da estrutura é a etapa mais importante do projeto. Caso o partido arquitetônico não seja adequado, será muito difícil compensá-lo através de medidas tomadas nos projetos complementares ou em intervenções na obra. Para um bom lançamento estrutural devem ser observadas algumas importantes premissas do sistema de alvenaria estrutural.

#### 5.2.1.1 Forma do prédio

No projeto arquitetônico, a forma de uma edificação é condicionada, muitas vezes, pela sua função. Isto ocorre pela necessidade de distribuição interna dos espaços. Assim, a forma da edificação pode determinar a distribuição das paredes, sobretudo estruturais.

Do ponto de vista estrutural, podemos dizer que quanto mais robusta uma edificação, maior sua capacidade de resistir esforços horizontais, principalmente a ação do vento. Estes introduzem indesejáveis esforços de tração na alvenaria. Sendo assim, devem, se possível, ser neutralizados. A robustez do prédio é função de sua volumetria. Na figura 5.1, podem ser observados os efeitos da forma e altura na robustez do prédio.

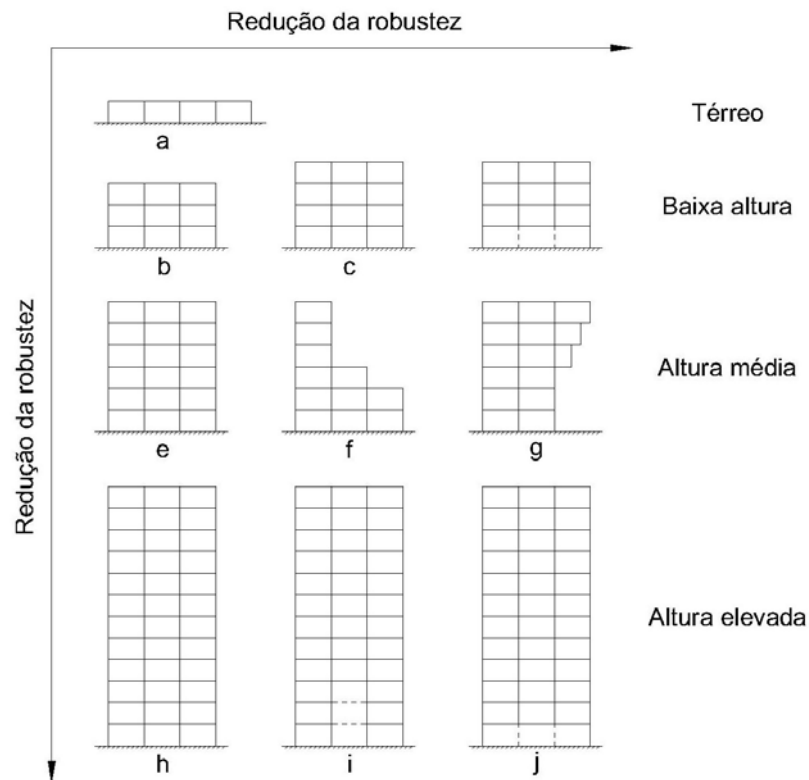


FIGURA 5.1 - Efeitos da forma e altura na robustez do prédio (DRYSDALE *et al.*, 1994 *apud* DUARTE, 1999).

Gallegos (1988) recomenda algumas relações dimensionais, referenciadas no quadro 5.1, indicando parâmetros ideais e toleráveis visando o aumento da robustez do conjunto.

QUADRO 5.1 – Relações recomendadas entre as dimensões de uma edificação (GALLEGOS, 1988 adaptado por CAVALHEIRO, 1995).

Situação	C / L	H / L
Ideal	1	$\leq 1$
Aceitável	$\leq 4$	$\leq 3$
Ruim	$> 4$	$> 3$

Analisando a figura 5.1 e quadro 5.1, verifica-se que em edificações baixas (conseqüentemente, mais robustas) há pouca influência da ação do vento. Observa-se ainda que, sob o aspecto da robustez, a forma cúbica é a ideal. Considerando estes fatores, a norma NBR 10837 (ABNT, 1989) prescreve que não há necessidade de considerar a ação do vento em edificações de até 4 pavimentos em alvenaria estrutural. Assim, é possível explorar, com maior arrojo, as formas das edificações que se enquadrem nesta situação.

A forma geral e a planta do prédio são fortemente influenciadas pela geometria, orientação e dimensões do terreno, relação da edificação com o entorno imediato, necessidade de circulações internas, exigências legais de recuos, áreas mínimas de iluminação e ventilação, etc. O custo também é, muitas vezes, considerado. Estudos (MASCARÓ, 1998; DRYSDALE *et al.*, 1994) relacionam o comprimento das paredes externas da edificação com a área de planta baixa, o que fornece um parâmetro de custo da envolvente por área útil a ser construída. A figura 5.2 apresenta formas em planta baixa comparando-as ao círculo – mais eficiente de todas as formas, por apresentar a maior área para um mesmo perímetro.

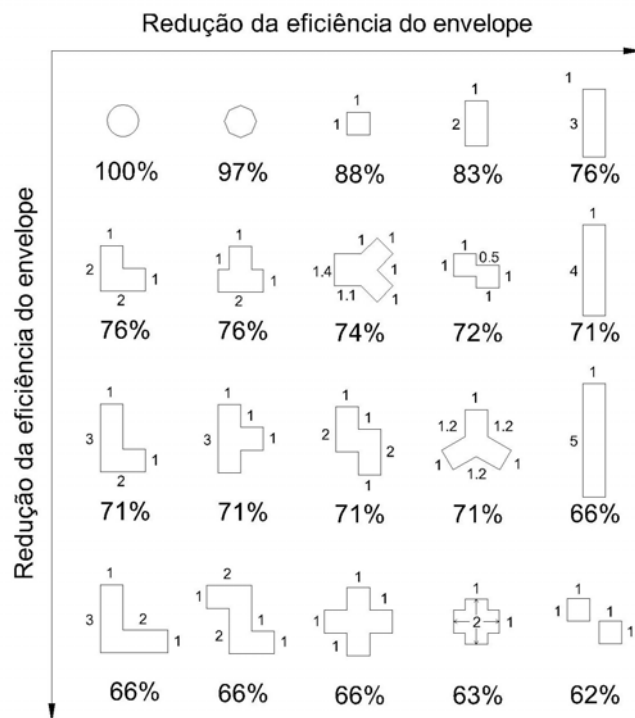


FIGURA 5.2 – Eficiência do envelope externo do prédio tomando-se o círculo como referência (DRYSDALE *et al.*, 1994 *apud* DUARTE, 1999).



Mas, além disso, na alvenaria estrutural, a resistência da edificação aos esforços horizontais provocados pela pressão do vento é, talvez, o fator de maior relevância a ser considerado. A utilização de formas simétricas com áreas equivalentes pode reduzir os esforços torcionais, indesejáveis na alvenaria. A figura 5.3 apresenta o efeito da forma do prédio na resistência à torção devido à atuação de forças horizontais, tomando-se como referência uma planta quadrada. Observa-se que o comprimento total das paredes externas é o mesmo em todas as plantas baixas. Considera-se que existam juntas de movimentação em todos os encontros de paredes.

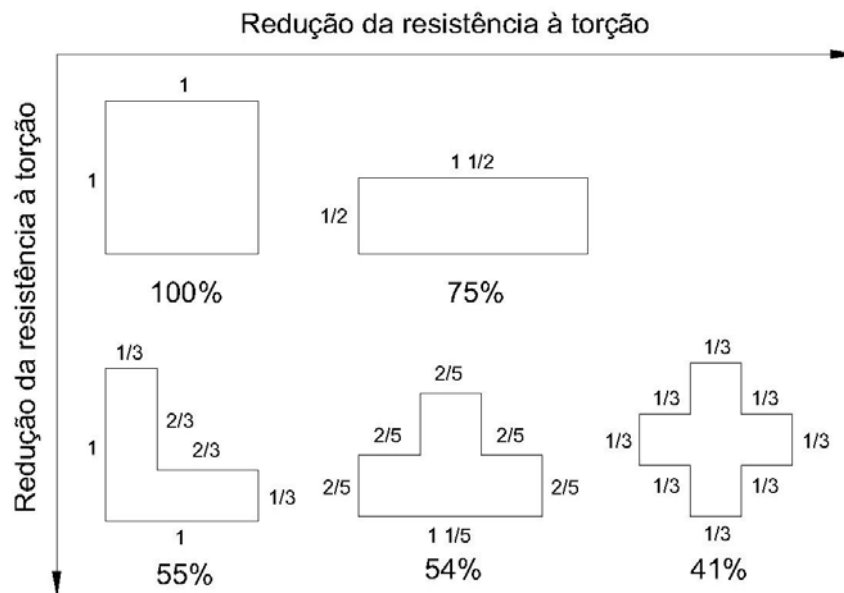


FIGURA 5.3 – Efeito da forma do prédio na resistência à torção devido à atuação de forças horizontais (DRYSDALE *et al.*, 1994 *apud* DUARTE, 1999).

Ao contrário do que muitos pensam, edifícios em alvenaria estrutural podem apresentar elementos em balanço nas fachadas, projetados para fora da projeção da edificação, como sacadas e marquises. Contudo, estes devem ser estudados, pois podem introduzir cargas concentradas em áreas relativamente pequenas, elevando consideravelmente as tensões de compressão, induzindo a formação de fissuras. Em termos de desempenho, sacadas internas à projeção do edifício (nichos) ou com apenas uma parte avançando, em balanço, em relação à projeção da fachada são

mais aconselhadas (figura 5.4). Porém, as sacadas em balanço podem ser resolvidas com as soluções apresentadas na figura 5.5, aplicadas correntemente com bons resultados. Logicamente, todos as vigas e transpasses devem ser dimensionados por cálculo adequado.

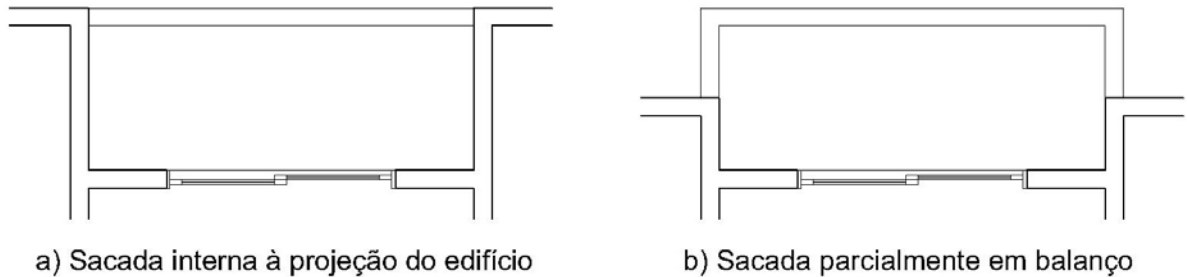


FIGURA 5.4 – Tipos de sacadas mais apropriadas para edifícios em alvenaria estrutural.

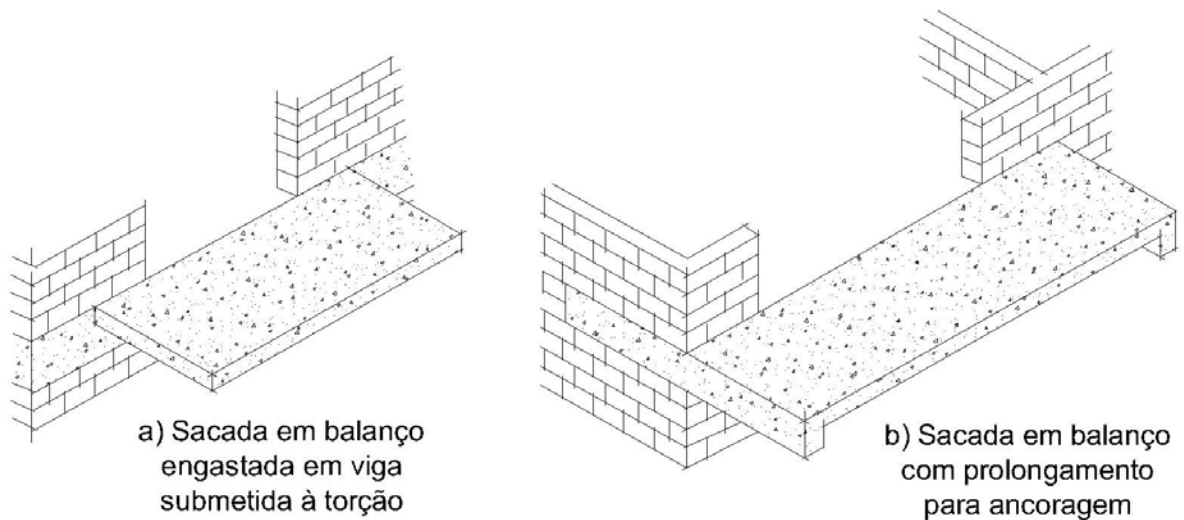


FIGURA 5.5 – Formas de introdução de sacadas em balanço.

#### 5.2.1.2 Comprimento e altura total das paredes

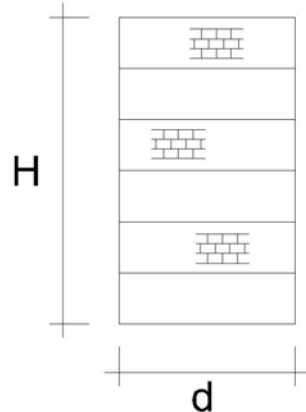
Segundo Gallegos (1988), em cada direção (longitudinal e transversal) um edifício estruturalmente otimizado deve ter, no mínimo, em metros lineares de parede resistente (ou de contraventamento), 4,2% da área total construída. Esta recomendação prática procura assegurar certa uniformidade dos esforços laterais

nas paredes, sem sobrecarregá-las. Além disso, estes comprimentos totais devem ser aproximadamente iguais em cada uma das direções analisadas.

Assim, por exemplo, para um edifício de 8 pavimentos e 300 m<sup>2</sup> de área construída por pavimento tipo, deve-se ter, no mínimo, em cada direção, 100,80 metros lineares de parede.

Gallegos (1988) afirma ainda que, para que uma parede resistente venha a ter um bom desempenho estrutural, a relação entre sua altura total no prédio e seu comprimento deve respeitar certos limites, indicados no quadro 5.2.

QUADRO 5.2 – Relações entre altura total e comprimento de paredes resistentes (GALLEGOS, 1988 adaptado por CAVALHEIRO, 1995).



Situação	Relações
Ideal	$2 \leq H / d \leq 4$
Aceitável	$1 < H / d < 2$ ou $4 < H / d \leq 5$
Ruim	$H / d < 1$ ou $H / d > 5$

Todas estas condições, embora difíceis de serem atendidas na prática, indicam o caminho da otimização dos projetos arquitetônico e estrutural, redundando em incremento no desempenho e na construtibilidade da edificação.

### 5.2.1.3 Distribuição e arranjo das paredes

Como já mencionado, a distribuição das paredes na planta deve ser cuidadosamente estudada. Um bom projeto arquitetônico deve distribuir as paredes de tal forma que uma atue como elemento enrijecedor e estabilizador da outra (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1999).

O projetista deve distribuir as paredes estruturais em ambas as direções a fim de garantir a estabilidade do edifício em relação à ação do vento. Arranjos de paredes em conformações do tipo, “L”, “C”, “T” e duplo “T”, ilustrados na figura 5.6, conferem maior estabilidade à estrutura. As escadas e poços de elevadores também podem ser explorados para a obtenção de rigidez lateral.

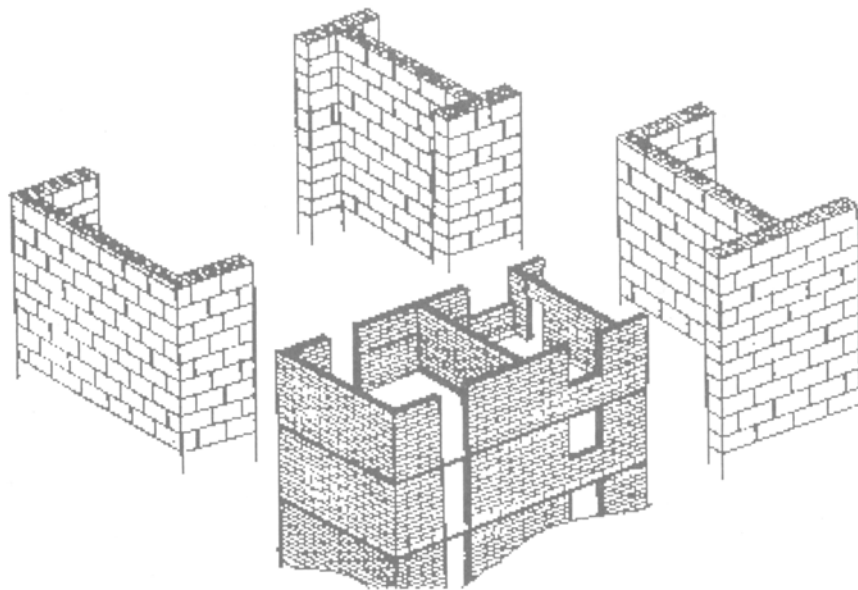


FIGURA 5.6 – Arranjos de paredes que conferem maior estabilidade à estrutura (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1999).

Os arranjos das paredes, visando prover a estabilidade lateral em todas as direções, podem ser variados. HENDRY (1981) tipifica as principais soluções, apresentando três diferentes categorias:

- Sistema celular: no qual tanto as paredes internas quanto às externas são carregadas e estas paredes formam um padrão celular, especialmente resistentes a esforços laterais de vento, como ilustra a figura 5.7 (a). Este tem sido o arranjo de paredes predominantemente utilizado em estruturas altas de alvenaria há muitos anos. Entretanto, existe uma limitação de profundidade do edifício para que os compartimentos tenham acesso à luz natural.

- Sistema de paredes transversais: caracterizado pela obtenção da estabilidade lateral associando o descarregamento das lajes nas paredes internas com a atuação das paredes de contraventamento, na direção oposta. Estes arranjos podem ser simples ou duplos, conforme mostram as figura 5.7 (b) e 5.7 (c).
- Sistema complexo: arranjo no qual as caixas de escadas, elevadores ou compartimentos de serviços são centralizados na edificação como meio de fornecer estabilidade lateral ao conjunto, como exemplifica a figura 5.7 (d). As paredes que circundam o núcleo ou colunas têm como função transmitir as cargas verticais entre os pavimentos, enquanto as paredes perimetrais externas não precisam ser estruturais.

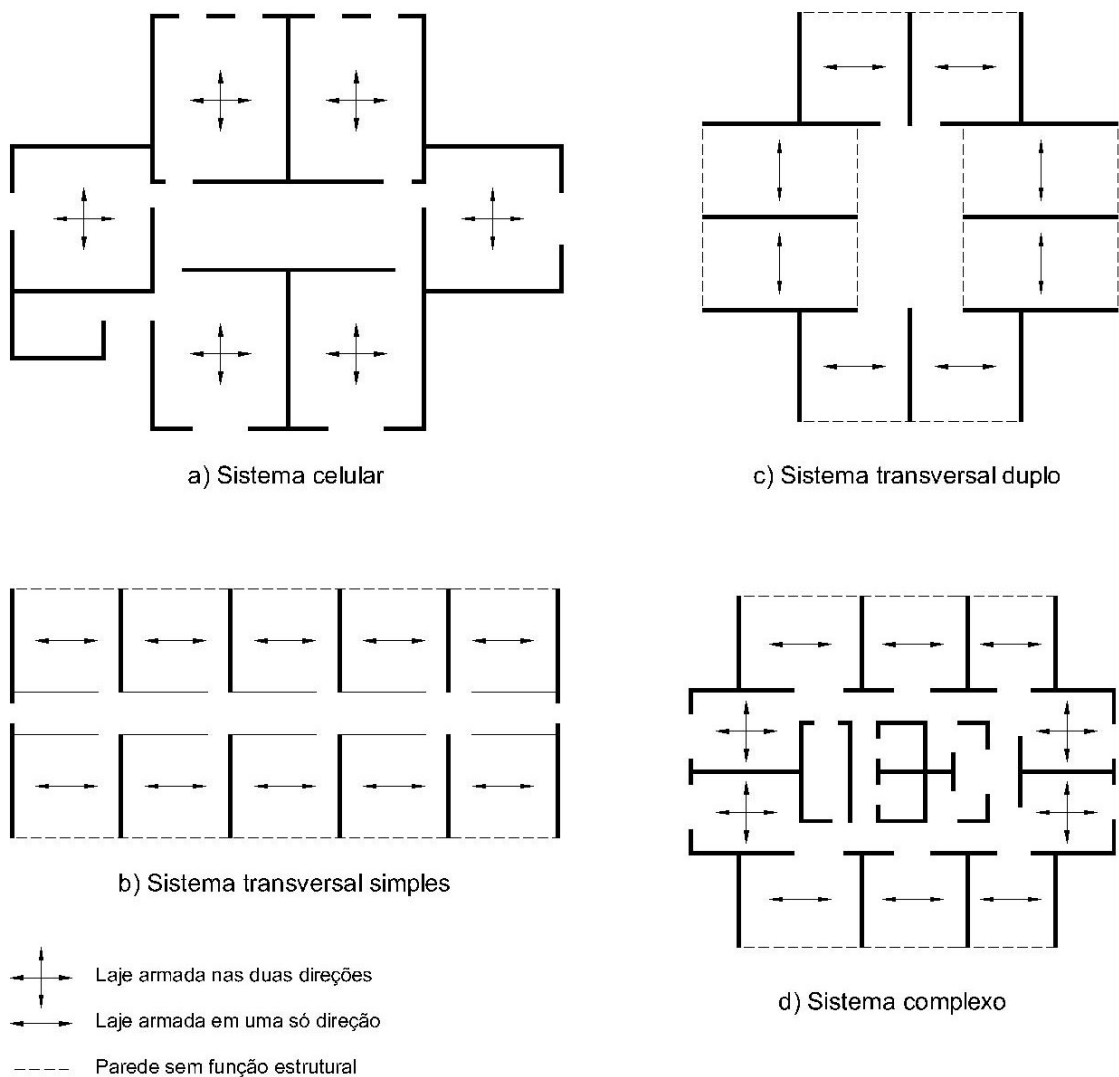


FIGURA 5.7 – Possíveis sistemas de arranjo de paredes em edifícios de alvenaria estrutural (HENDRY, SINHA & DAVIES, 1997).

A distribuição das paredes é importante também para a localização do centro de massa e do centro de torção do prédio. Quando o centro de massa (CM) coincidir com o centro de torção (CT) o sistema estrutural é considerado simétrico (figura 5.8). O CM é definido, em cada pavimento, pelo centro de massa do conjunto de lajes e paredes. O CT é o centro de rigidez somente das paredes estruturais que resistem à ação do vento.

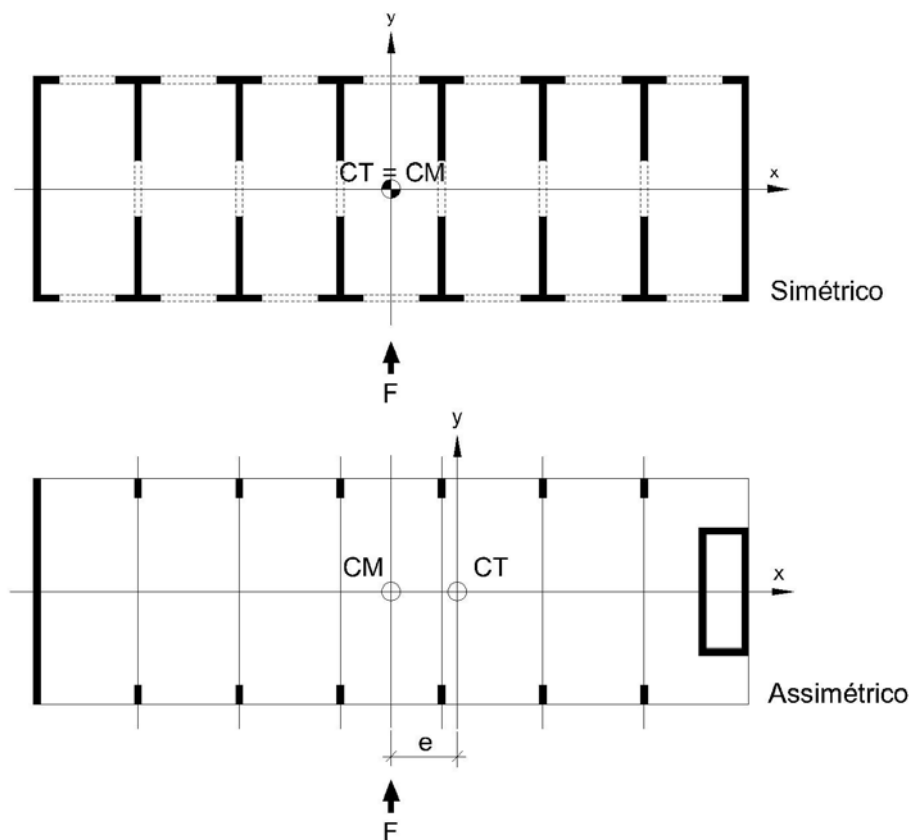


FIGURA 5.8 – Arranjos estruturais simétricos e assimétricos (DUARTE, 1999).

Assim, é necessário que o projetista procure distribuir as paredes resistentes por toda a área da planta, caso contrário os carregamentos podem concentrar-se em determinada região do edifício, deslocando o centro de massa. É importante a criação de plantas as mais simétricas possíveis para diminuir o surgimento de tensões de cisalhamento devido à torção. A figura 5.9 apresenta o efeito do arranjo das paredes na resistência à torção do prédio.

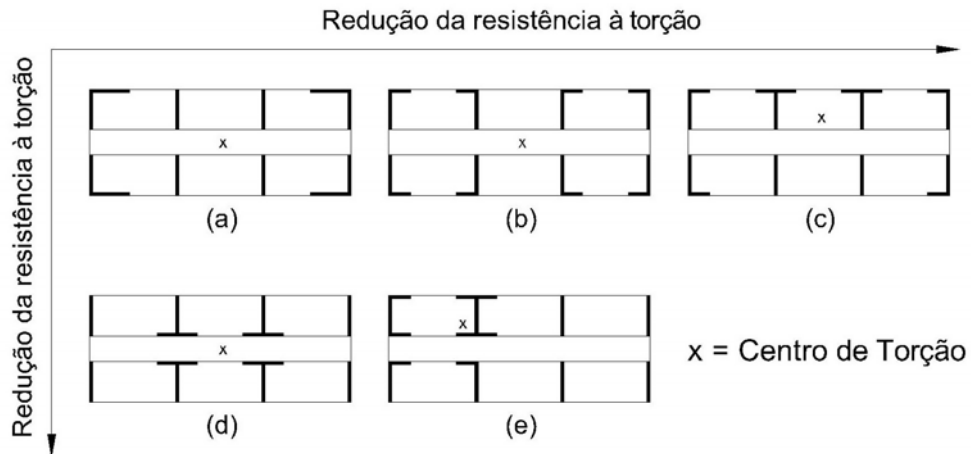


FIGURA 5.9 – Efeito do arranjo de paredes resistentes à torção do prédio (DRYSDALE *et al.*, 1994 *apud* DUARTE, 1999).

Conforme Duarte (1999) um arranjo simétrico de paredes resistentes distribuídas na periferia do prédio fornece, geralmente, uma melhor resistência à torção por ação do vento, porque dispõe o centro de rigidez próximo ao centro de massa.

#### 5.2.1.4 Forma da parede

Podem ser utilizadas paredes com diferentes formas visando a obtenção de maior rigidez comparativamente à paredes simples. Paredes com maior rigidez são menos suscetíveis à flambagem, o que permite, por exemplo, pés-direitos mais altos. A figura 5.10 apresenta as formas de paredes possíveis, e a figura 5.11 as dispõe em ordem de grandeza quanto ao desempenho estrutural à flexão.

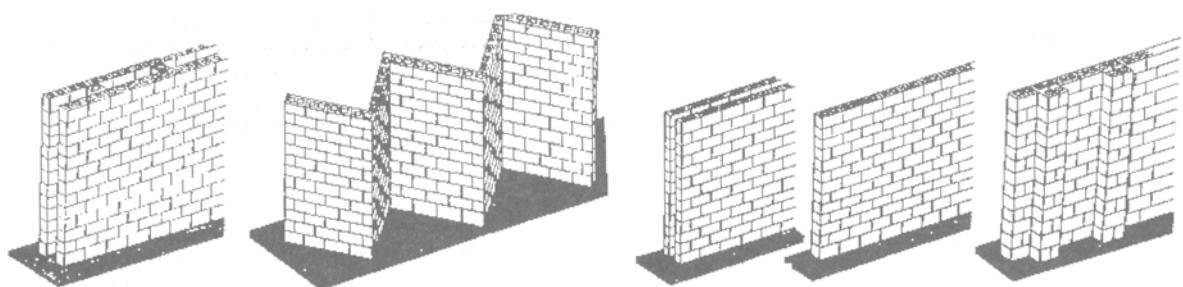


FIGURA 5.10 – Formas possíveis de paredes estruturais (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1999)

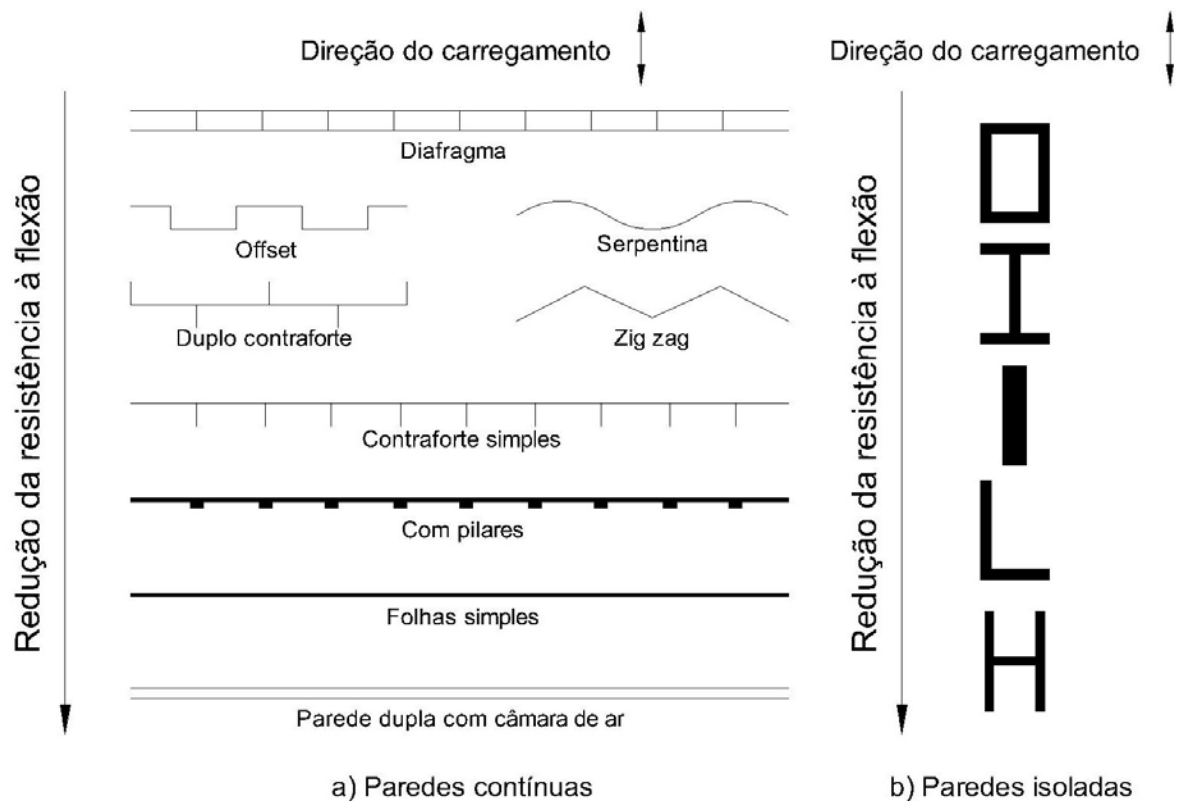


FIGURA 5.11 – Efeito da parede na resistência à flexão. (DRYSDALE *et al.*, 1994 *apud* DUARTE, 1999).

Logicamente, formas inusitadas de paredes, como algumas das apresentadas, são de difícil aplicação prática. Porém, recursos mais simples, como o aumento da espessura da parede, por exemplo, podem resolver o problema, dependendo da situação.

### 5.2.2 Definições de Anteprojeto e Detalhamento

Vencidas as fases iniciais, onde são definidas as características gerais da edificação, procede-se o refinamento das decisões. Estas devem ser tomadas com o devido rigor, uma vez que influenciarão definitivamente a construtibilidade da edificação e, sobretudo, seu desempenho ao longo da vida útil. Integram as decisões referentes ao anteprojeto a escolha dos blocos que serão empregados, a definição das paredes estruturais, a escolha do tipo de laje, a previsão das instalações, etc.



Semelhantemente às recomendações expostas para a definição do partido arquitetônico, alguns cuidados importantes devem ser tomados na fase de detalhamento do projeto.

#### 5.2.2.1 Escolha do bloco

Um dos aspectos mais relevantes do projeto é a definição do tipo de bloco a ser empregado. A definição do tipo de unidade implica em aspectos técnicos relativos ao próprio projeto (modulação, cálculo estrutural, etc.), à execução (particularidades no manuseio e assentamento dos blocos, etc.), aspectos econômicos (custo da unidade, consumo de argamassa, etc.) e relativos ao desempenho durante a vida útil (desempenho térmico e acústico, estanqueidade à água, durabilidade, resistência ao fogo, etc.). Assim, alguns dos aspectos relevantes para a escolha são: capacidade de seu fornecimento na região onde a edificação será construída; o custo das unidades; cultura construtiva da empresa executora; propriedades e características do material.

Em virtude deste trabalho abordar, exclusivamente, questões relativas ao projeto, ater-se-á, este item, à modulação e à resolução das amarrações das paredes.

##### a) Modulação

Coordenação modular é a técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado especial de referência (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1999). Diz respeito à adoção de um módulo dimensional ao qual obedecerão as dimensões do projeto. Em outras palavras, as dimensões do projeto serão múltiplas deste módulo. A modulação serve tanto para ordenar os elementos de forma coerente quanto para garantir proporções espaciais harmoniosas.

Os projetos de alvenaria estrutural devem sempre considerar aspectos de coordenação modular. O módulo adotado é arbitrado em função do bloco a ser

utilizado. Assim, conforme Silva (2003), a definição do elemento padronizado é o ponto de partida para a modulação e, conseqüentemente, da racionalidade da obra.

O Quadro 5.3 apresenta as características dos blocos mais utilizados, referenciando a malha básica para a modulação da planta baixa do projeto. A coluna “dimensões padronizadas” apresenta a largura, altura e comprimento do bloco considerado, respectivamente.

QUADRO 5.3 - Dimensões modulares e malha básica para modulação a partir das dimensões dos blocos (SILVA, 2003)

Blocos	Tipo	Dimensões modulares (cm)	Dimensões padronizadas (cm)	Malha básica (cm)
<i>Cerâmica</i>	1	15x20x30	14x19x29	15x15
	2	20x20x30	19x19x29	15x15
<i>Concreto</i>	3	20x20x40	19x19x39	20x20
	4	15x20x40	14x19x39	20x20

A modulação é responsável por grande parte da racionalização obtida na alvenaria estrutural. A partir da coordenação modular em ambas as direções (vertical e horizontal) o projetista deve detalhar as alvenarias, gerando plantas de primeira e segunda fiadas, bem como uma elevação de cada parede. Nas elevações constam, além da posição de cada bloco, a existência de pontos elétricos e hidráulicos, vergas, contravergas, armaduras, etc. Estes detalhamentos visam o incremento da construtibilidade do edifício, evitando os improvisos no canteiro de obras.

Modler (2000) apresenta alguns passos práticos que, de maneira geral, devem ser seguidos para a elaboração da modulação do projeto arquitetônico em alvenaria estrutural:

- Definição das medidas modulares “M” e “M/2” – sendo “M” o comprimento modular do bloco padrão utilizado;
- Elaboração de anteprojeto arquitetônico considerando as dimensões internas dos compartimentos como múltiplas de M/2;

- Lançamento da primeira fiada de blocos sobre o anteprojeto (figura 5.12);
- Ajustes de dimensões e lançamento da segunda fiada.

O passo seguinte é, a partir da modulação da primeira e segunda fiadas, a produção das elevações das paredes (figura 5.13), onde serão indicadas as posições de aberturas, vergas, contravergas, locais com armadura construtiva e grauteamento, locação de pontos de instalação elétrica e todas as demais informações necessárias para o perfeito entendimento, por parte do pedreiro, do elemento que ele estará produzindo (a parede). Recomenda-se, para facilitar a visualização, a utilização da escala 1:25 na representação gráfica tanto das plantas de fiadas quanto das elevações.

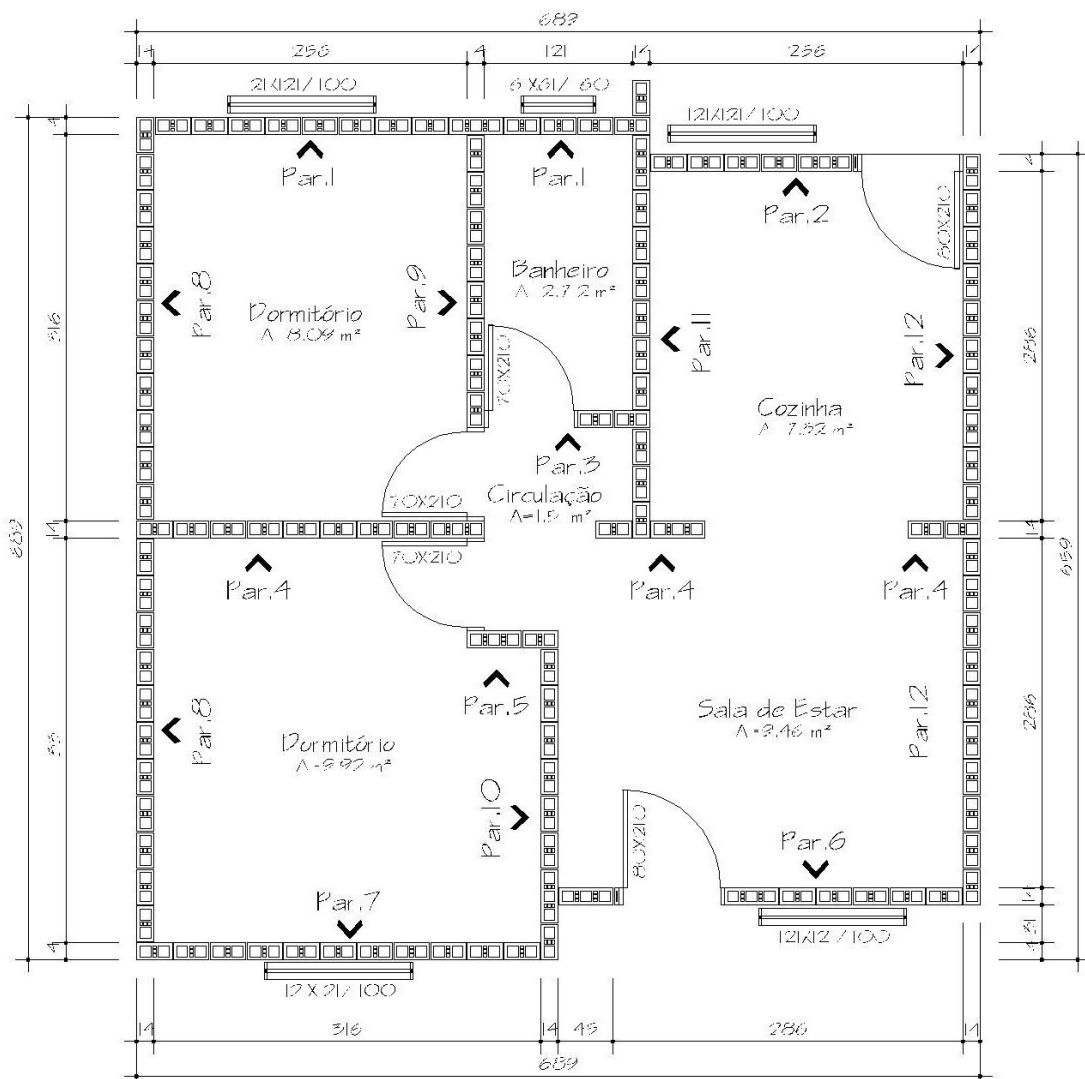


FIGURA 5.12 – Exemplo de planta de primeira fiada (SOARES, SANTOS & POLLETTO, 2003).

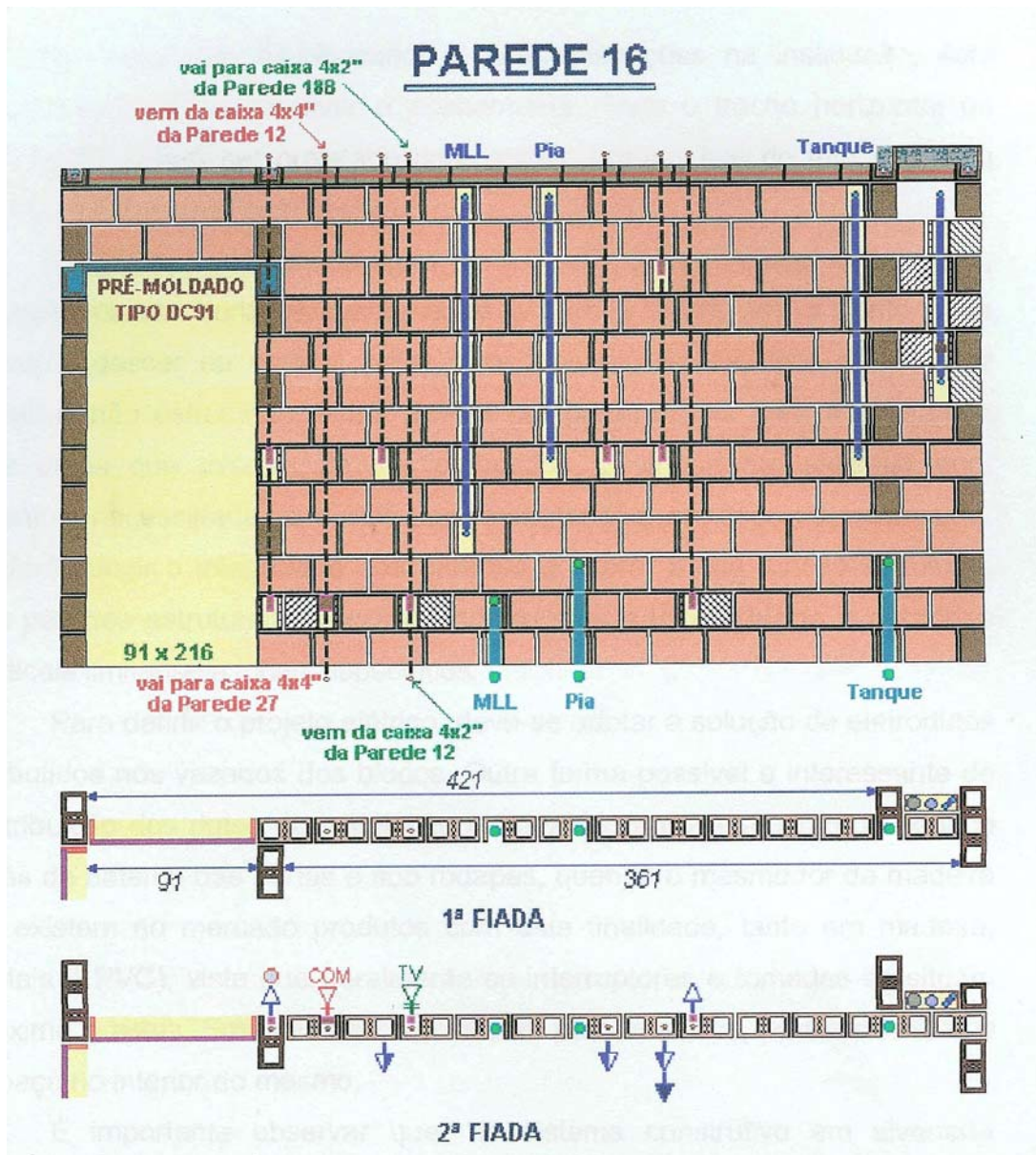


FIGURA 5.13 – Exemplo de elevação (POZZOBON, 2003).

A coordenação modular deve ser compatibilizada com os vãos de portas e janelas, considerando-se as dimensões externas de marcos e folgas necessárias para a instalação. Em detrimento das dimensões usuais das aberturas não obedecerem, geralmente, ao mesmo módulo adotado no projeto das alvenarias, é necessária a adoção de blocos especiais, chamados compensadores, para ajustes das dimensões dos vãos. Estes blocos podem ser também utilizados para o ajuste de dimensões não moduladas dos projetos. Ressalva-se, contudo, que quanto maior a variedade de peças utilizadas na alvenaria, tanto maior a dificuldade de execução e, conseqüentemente, menor o grau de construtibilidade do edifício, o que afeta

diretamente a produtividade da obra. O emprego de muitas peças especiais também traz impactos sobre o custo da edificação.

Uma iniciativa que contribui também para o incremento da construtibilidade do edifício é a adoção de plantas simétricas. Neste caso, as paredes de um e outro lado da edificação somente se diferenciarão por serem espelhadas, de onde se conclui que a mão de obra estará mais rapidamente familiarizada com o projeto. Esta medida facilita tanto a elaboração do projeto quanto a execução no canteiro de obras.

#### b) Amarração das paredes

Para garantir o pleno desempenho da alvenaria estrutural é fundamental a perfeita amarração das paredes. Este item deve ser resolvido quando da modulação do projeto. Segundo Ramalho & Corrêa (2003), a amarração pode ser efetuada, basicamente, de duas maneiras:

- Amarração direta: obtida através do inter-travamento dos blocos, havendo penetração alternada de 50% na parede interceptada (figura 5.14);
- Amarração indireta: obtida através da colocação de armaduras nas juntas de argamassa, com ângulo de 90°, podendo ser efetuada através de barras de aço dobradas, armadura industrializada em forma de treliças ou grampos, chapas ou telas metálicas de resistência comprovada (figura 5.15).



FIGURA 5.14 – Exemplo de amarração direta (FURLAN JÚNIOR, 2004).





FIGURA 5.15 – Exemplo de amarração indireta (FURLAN JÚNIOR, 2004).

Deve-se utilizar, sempre que possível, a amarração direta. Dependendo do módulo do bloco utilizado, podem ocorrer duas situações distintas, que devem ser tratadas adequadamente: na primeira, a malha modular básica é igual à largura modular do bloco utilizado (15cm ou 20cm); na segunda, tem-se a largura modular do bloco utilizado menor que a malha modular básica (largura modular do bloco igual a 15cm e malha modular básica igual a 20cm, por exemplo). Apresentam-se, a seguir, alguns detalhes de amarração de cantos e bordas sugeridos por Ramalho & Corrêa (2003). As figuras de 5.16 a 5.18 tratam da primeira situação.

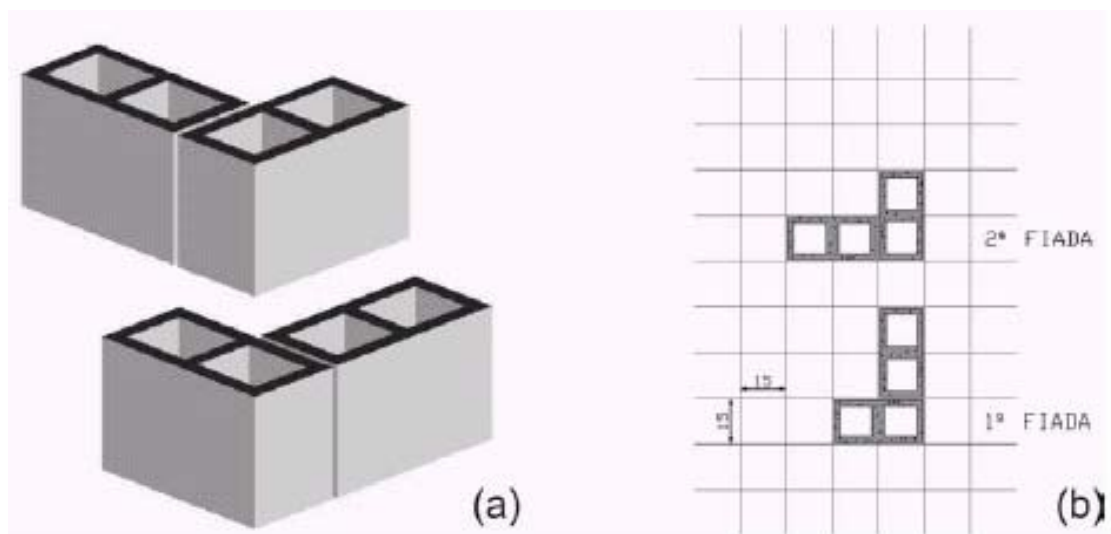


FIGURA 5.16 - Canto com malha modular básica e largura modular do bloco iguais ((a) RAMALHO & CÔRREA, 2003).

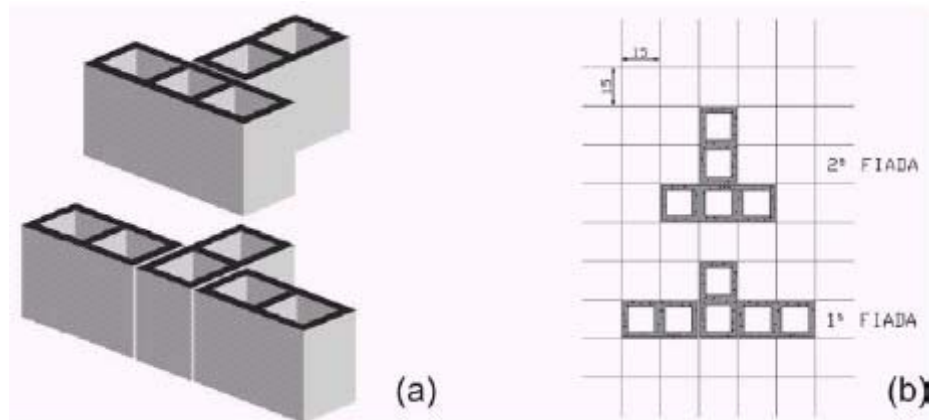


FIGURA 5.17 – Borda com malha modular básica e largura modular do bloco iguais, utilizando bloco especial de três módulos ((a) RAMALHO & CÔRREA, 2003).

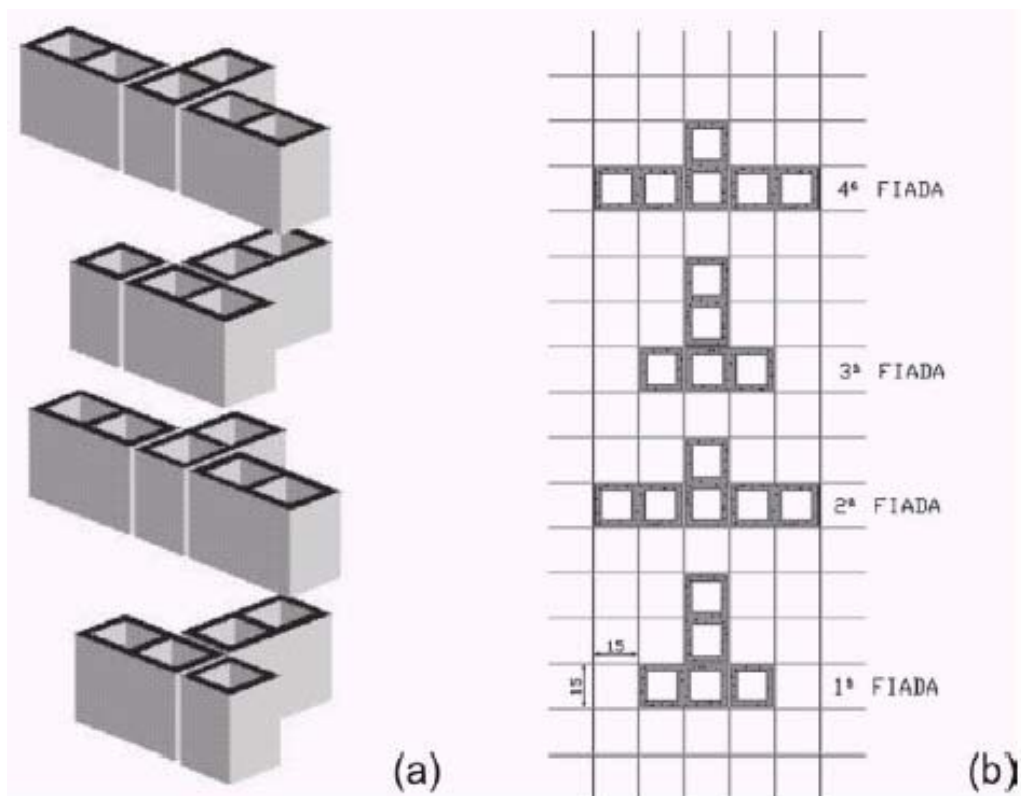


FIGURA 5.18 – Canto com malha modular básica e largura modular do bloco iguais, amarrado sem a utilização de bloco especial de três módulos ((a) RAMALHO & CÔRREA, 2003).

Em se tratando de bloco e malha modular diferentes, são necessários blocos especiais para realizar amarração dos cantos e bordas. Para os cantos, o bloco utilizado deve apresentar comprimento igual à soma da largura modular do bloco e

uma dimensão da malha modular ( $M/2$ ). Exemplificando, no caso de blocos de largura modular igual a 15cm e malha modular igual a 20cm, o bloco especial terá largura modular de 15cm e comprimento modular de 35cm. Este bloco especial pode também ser utilizado para a solução de amarração de bordas. As figuras 5.19 e 5.21 apresentam a situação descrita acima.

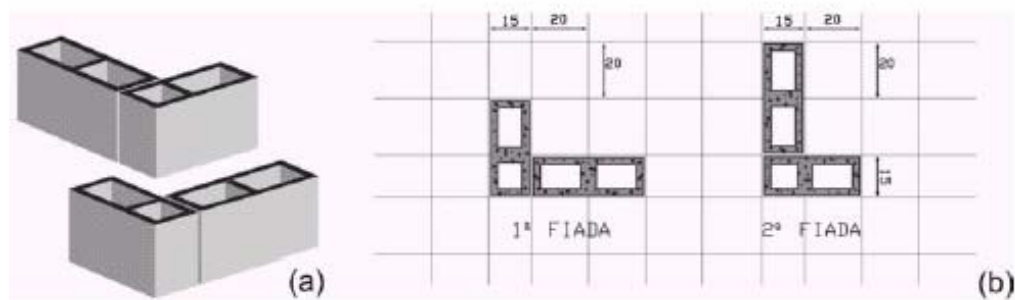


FIGURA 5.19 – Canto com malha modular e largura modular do bloco diferentes, utilizando bloco especial para amarração ((a) RAMALHO & CÔRREA, 2003).

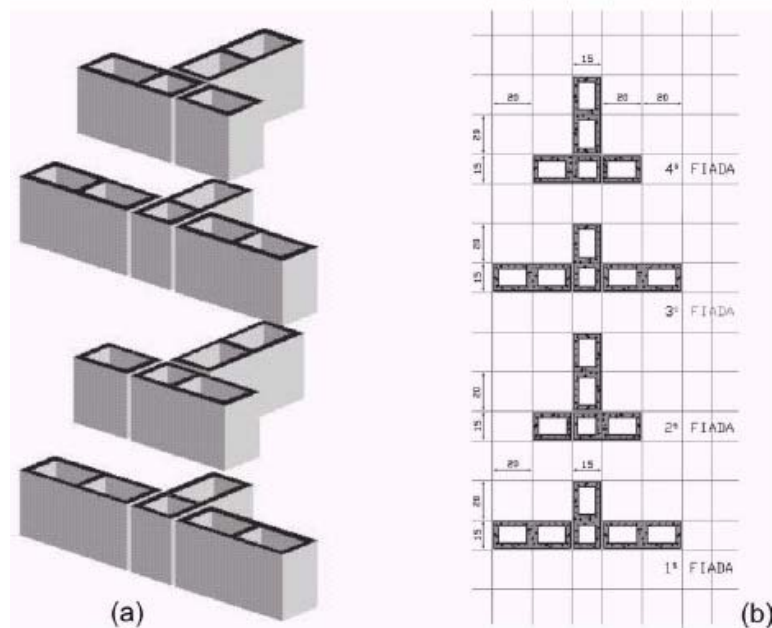


FIGURA 5.20 – Borda com malha modular e largura modular do bloco diferentes, utilizando bloco especial ((a) RAMALHO & CÔRREA, 2003).

Para a situação apresentada acima, podem ser também utilizados blocos especiais de três furos, com comprimento nominal igual à soma da largura modular utilizada e duas vezes a malha modular básica. No exemplo apresentado, teríamos



um bloco especial com comprimento modular de 55cm e largura de 15 cm. A figura 5.27 apresenta esta situação.

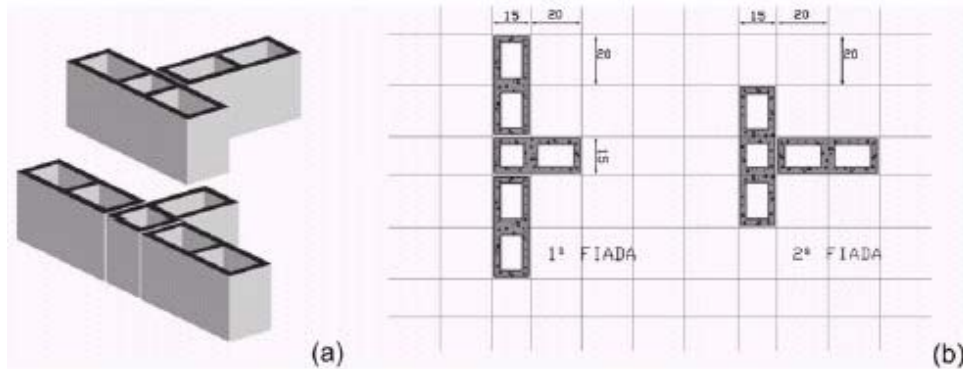


FIGURA 5.21 – Borda com malha modular básica e largura modular do bloco diferentes, utilizando bloco especial com três furos para amarração ((a) RAMALHO & CÔRREA, 2003, p.21).

Alternativamente à amarração direta, pode se utilizar a amarração indireta, que possibilita unir dois elementos sem haver, contudo, interpenetração, sendo a armadura de ligação presente na junta de argamassa seu único vínculo (figura 5.22). Alguns tipos de armaduras utilizadas são apresentados na figura 5.23. Muitas objeções existem, do ponto de vista da eficiência estrutural, quanto a sua utilização. Ainda assim, este tipo de amarração constitui uma boa alternativa para alguns casos específicos, pois permite uma certa flexibilidade arquitetônica. É o caso da ligação de paredes amarradas em ângulo diferente de  $90^\circ$ , por exemplo (figura 5.24).

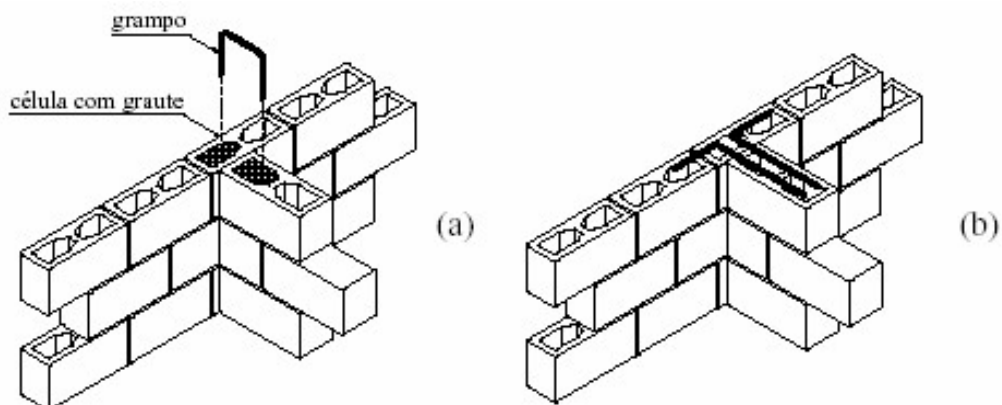


FIGURA 5.22 - (a) Amarração entre paredes estruturais não contrafiadas; (b) Amarração entre paredes estruturais e de vedação (ROMAN, MUTTI & ARAÚJO, 1997).

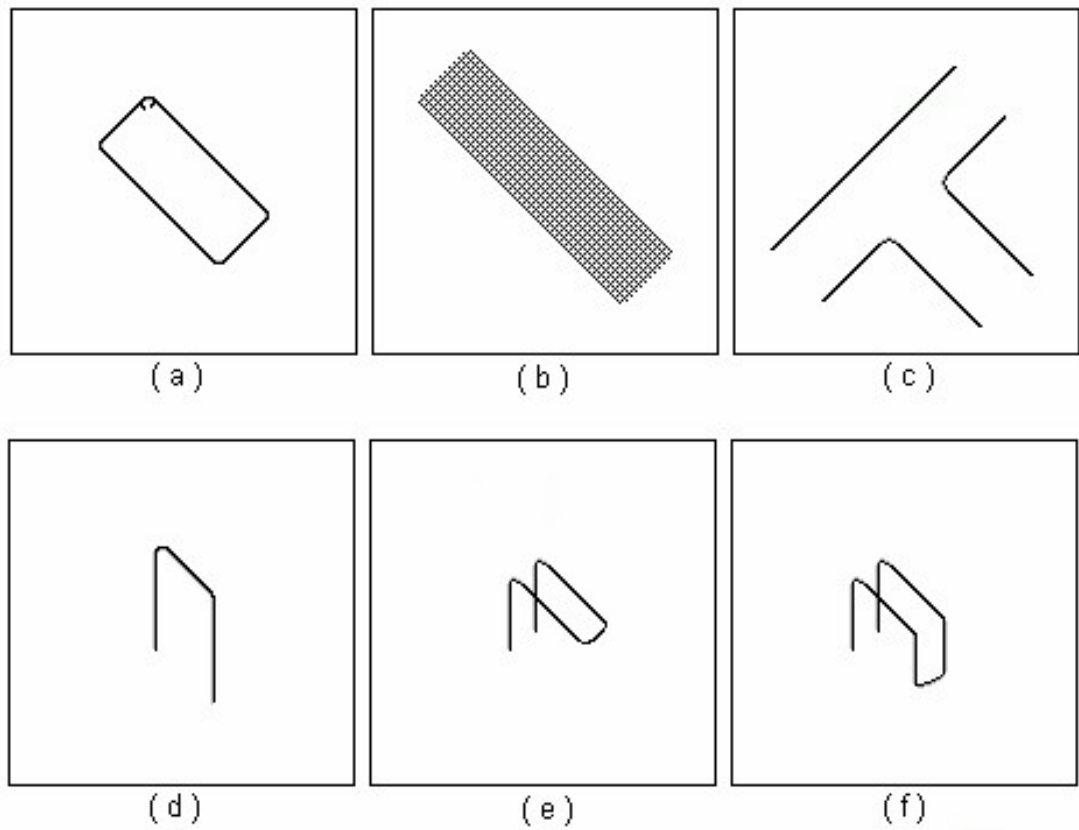


FIGURA 5.23 – Armaduras utilizadas na amarração indireta (SANTOS, 1998).

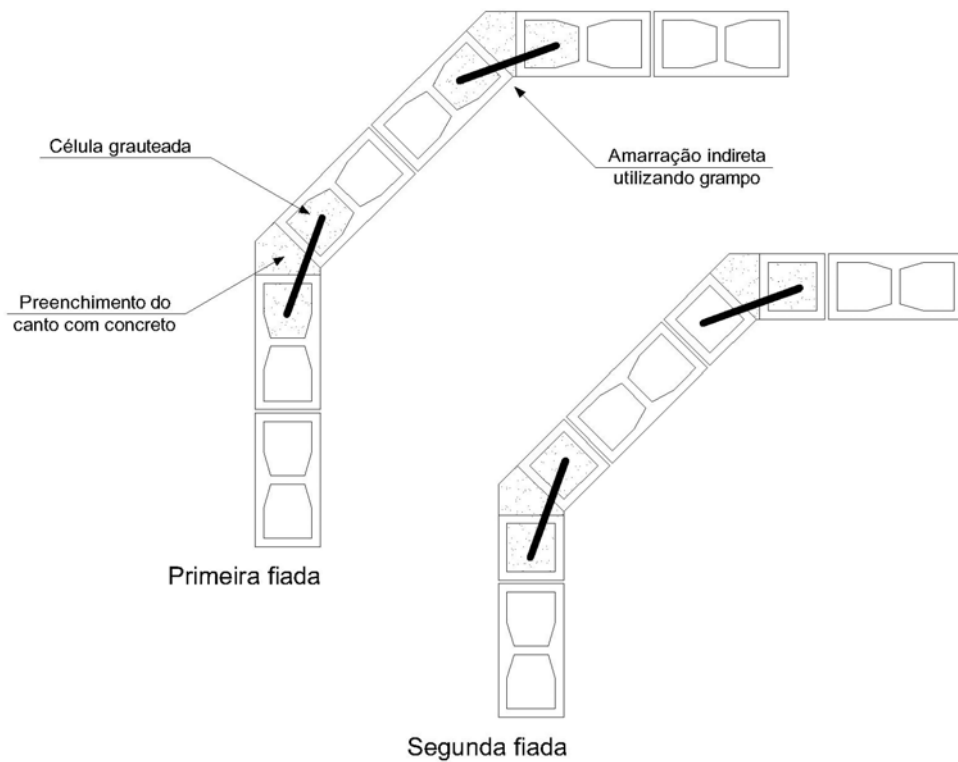


FIGURA 5.24 – Exemplo de amarração indireta em paredes ligadas em ângulo diferente de 90°.

Já existem peças especiais visando a amarração direta de paredes em 45°, mas poucos fabricantes as produzem. Há também estudos para a produção de peças que possibilitem amarração direta em ângulos variados, porém seu custo ainda é um empecilho.

### 5.2.2.2 Escolha das lajes

As lajes são muito importantes no sistema construtivo de alvenaria estrutural. A teoria de cálculo da alvenaria prevê que os esforços horizontais, especialmente a pressão do vento que atua nas paredes das fachadas, serão absorvidos pelas lajes e por elas transferidos às paredes de contraventamento (*shear walls*), como ilustra a figura 5.25. Para que isso realmente ocorra, deve-se garantir que a laje esteja devidamente solidarizada às paredes e que apresente rigidez suficiente para atuar como um diafragma rígido.

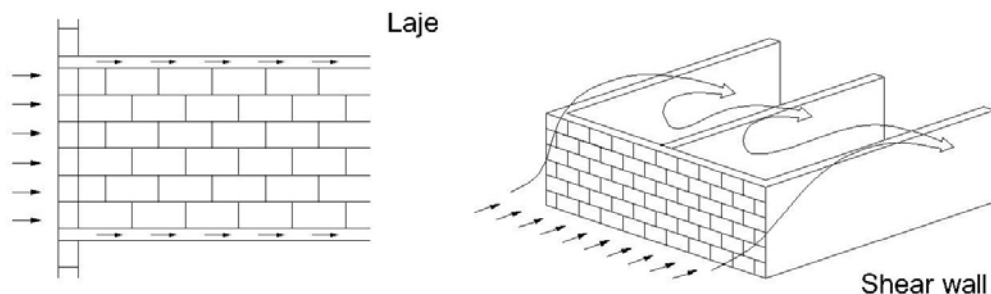


FIGURA 5.25 – Transmissão da pressão do vento às paredes resistentes (DUARTE, 1999).

Lajes maciças armadas nas duas direções são as mais indicadas pela rigidez que conferem na distribuição dos esforços devidos ao vento e cargas verticais (figura 5.26). Por outro lado, como geralmente são moldadas *in loco*, possuem o inconveniente de necessitarem de formas, escoramentos, confecção de armaduras mais complexas, o que afeta a construtibilidade da obra e diminui a produtividade. Sob esta ótica, a utilização de lajes pré-fabricadas é mais apropriada. Contudo, segundo recomendação de Roman, Mutti & Araújo (1999), para garantir o comportamento desejado, lajes adjacentes devem ser interligadas por barras de aço.

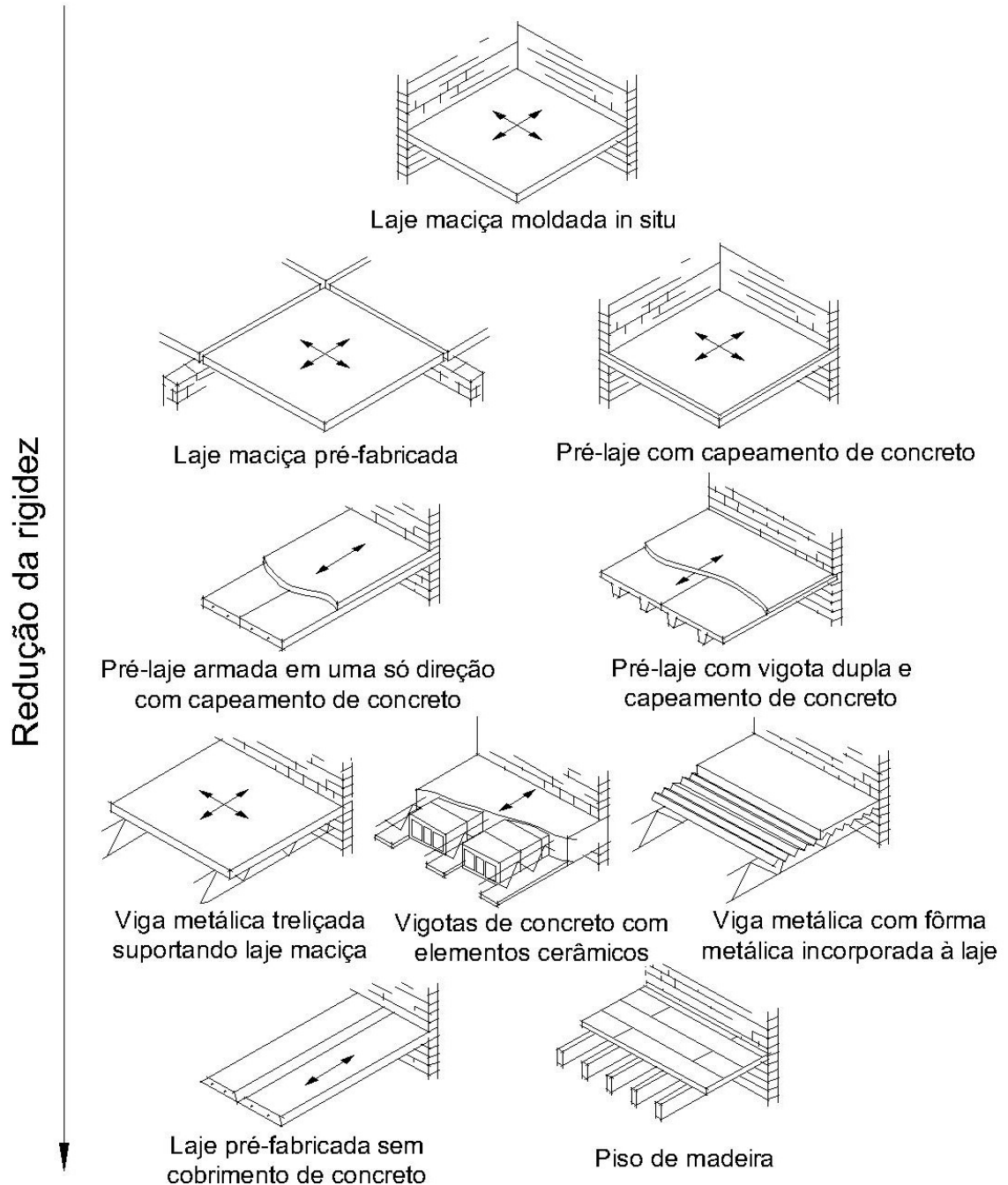


FIGURA 5.26 – Sistemas de lajes de entrepiso conforme sua robustez em atuar como diafragma (DRYSDALE *et al.*, 1994 *apud* DUARTE, 1999).

No caso de lajes armadas em uma só direção, deve-se também evitar que todas as lajes sejam armadas na mesma direção. A disposição das armaduras deve se dar alternadamente, como ilustra a figura 5.27, tomando-se o cuidado de equilibrar a quantidade de armaduras em ambos os sentidos.

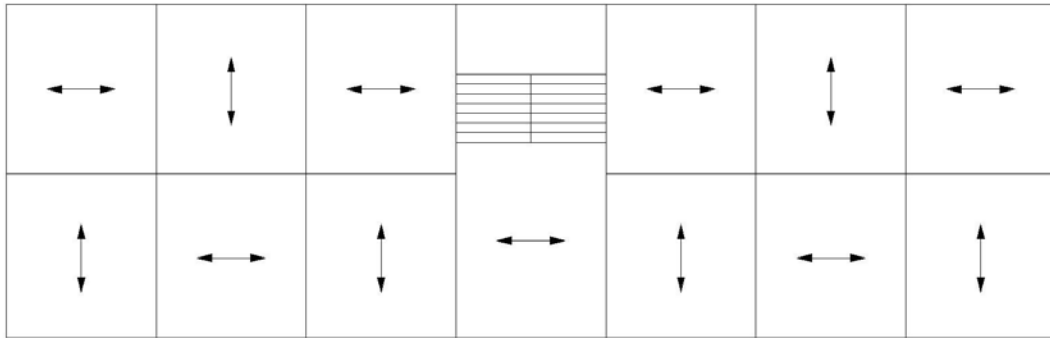


FIGURA 5.27 – Disposição recomendada das lajes armadas em uma só direção.

### 5.2.2.3 Vergas e contra-vergas

Em alvenaria estrutural, a presença de vergas em portas e janelas, bem como contra-vergas em janelas, é imprescindível. Estes elementos atuam de forma a absorver os esforços de tração nos cantos de aberturas, local de concentração de tensões. Podem ser constituídos de várias maneiras:

- Blocos do tipo canaleta devidamente armados e grauteados (figura 5.28);
- Peças de concreto armado moldadas *in loco* (figura 5.29);
- Peças de concreto armado pré-fabricadas (figura 5.30).

O dimensionamento das vergas e contra-vergas deve ser efetuado em conformidade com o modelo preconizado pela norma NBR 10837 (ABNT, 1989). Para fins de pré-dimensionamento, porém, pode-se adotar seu comprimento total como o somatório da largura do vão acrescido de quatro módulos dimensionais, considerando-se o transpasse necessário nos cantos das aberturas e o apoio da peça nas paredes (figura 5.31).



FIGURA 5.28 – Verga e contra-verga executadas com blocos do tipo canaleta (SANTOS, 2004).



FIGURA 5.29 – Verga de concreto moldada *in loco* (SANTOS, 2004).





FIGURA 5.30 – Verga pré-fabricada de concreto (SANTOS, 2004).



FIGURA 5.31 – Verga e contra-verga com transpasse adequado (SANTOS, 2004).

#### 5.2.2.4 Juntas de controle e juntas de dilatação

##### a) Juntas de controle

As juntas de controle têm por finalidade limitar as dimensões de um painel de alvenaria a fim de evitar elevadas concentrações de tensão decorrentes da variação volumétrica, de origem higroscópica (absorção e liberação de água) e térmica, dos

elementos que o compõe. Podem ser utilizadas também para desvincular painéis de alvenaria que apresentam solicitações diferenciadas, evitando fissuras (figura 5.32).



FIGURA 5.32 – Junta de controle em execução (SANTOS, 2004).

A correta disposição das juntas de controle é um dos aspectos de maior importância na prevenção de eventuais problemas patológicos da edificação. Observada sua necessidade, recomenda-se sua utilização, preferencialmente:

- Onde há variação brusca na altura da parede (figura 5.33a);
- Onde há variação na espessura da parede (figura 5.33b);
- Próximo às intersecções de paredes em L, T ou U (figura 5.33c).

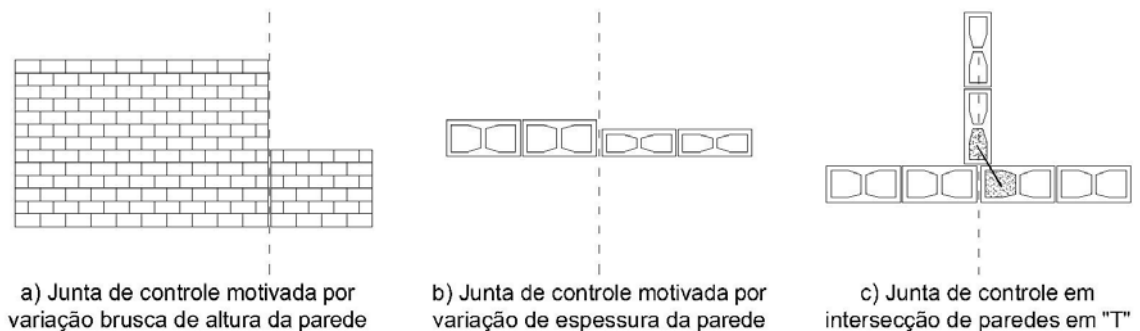


FIGURA 5.33 – Exemplos de juntas de controle.



A determinação do espaçamento entre as juntas de controle depende de diversos fatores. Entre eles estão as propriedades do componente, os fatores climáticos, o tipo de argamassa, as condições de exposição da parede, suas restrições vinculares, carregamento, etc. Cavalheiro (2004) apresenta, sintetizando diversos estudos, as recomendações gerais do quadro 5.4.

QUADRO 5.4 – Distância entre juntas de controle (adaptado de THOMAZ, 2000).

$t = \text{espessura}$        $h$  

Tipo de unidade assentada com argamassa mista em parede revestida e impermeabilizada	Comprimento máximo da parede ou distância máxima entre juntas de controle - L - (m)							
	Paredes internas				Paredes externas			
	Sem abert.		Com abert.		Sem abert.		Com abert.	
	$t \geq 14$	$t < 14$	$t \geq 14$	$t < 14$	$t \geq 14$	$t < 14$	$t \geq 14$	$t < 14$
Tijolo de barro	15	12	12	10	11	9	9	8
Bloco cerâmico	12	10	10	8	9	8	8	7
Bloco concreto	10	8	9	7	8	7	7	6
Bloco sílico-calcáreo	10	8	9	7	8	7	7	6
Bloco concreto celular	9	7	8	6	7	6	6	5
Tijolo solo-cimento	7	6	6	5	5	4	4	4

*Paredes com telas ou armaduras contínuas, em todas as juntas*

↓

**majorar valores em 50%**

---

**Casos gerais**

*Distância max. entre paredes contraventadas*

paredes internas  
**0,9 L<sup>0,75</sup>**

paredes externas  
**0,8 L<sup>0,75</sup>**

A espessura da junta de controle é, usualmente, da ordem de 10 mm. Esta dimensão é adotada a fim de não evidenciar a junta de controle, tornando-a semelhante a uma junta de argamassa.

As juntas de controle podem ser de expansão ou de retração. Juntas de expansão ocorrem, por exemplo, no caso de alvenarias de blocos cerâmicos, onde o volume da unidade tende a aumentar quando da absorção de água. Juntas de retração ocorrem, por exemplo, no caso de alvenarias de blocos de concreto, cujas unidades tendem a diminuir de volume quando da evaporação de água. Assim, são adotadas diferentes soluções de selagem de juntas, apresentadas na figura 5.34, conforme a movimentação esperada.

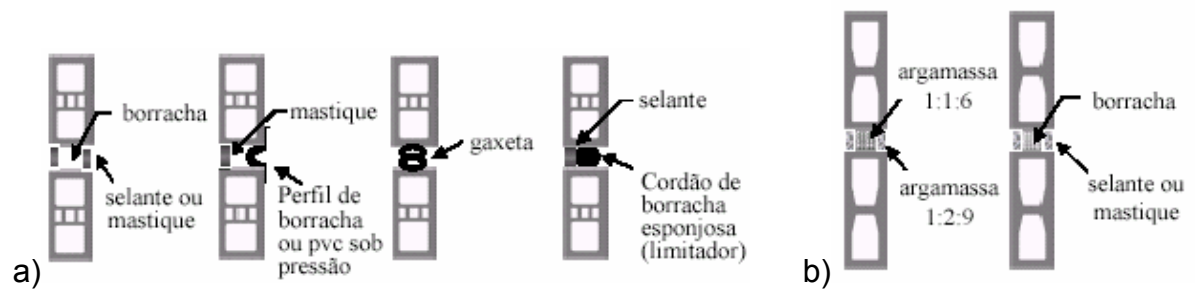


FIGURA 5.34 – (a) Juntas de expansão; (b) Juntas de retração (CAVALHEIRO, 2004).

## b) Juntas de dilatação

As juntas de dilatação têm por função absorver os movimentos que possam ocorrer na estrutura provenientes, principalmente, da variação da temperatura. A junta de dilatação intercepta todos os elementos (paredes, lajes, vigas, pilares, etc.), diferentemente das juntas de controle, que interceptam apenas os painéis de alvenaria (figura 5.35).

A norma NBR 10837 (ABNT, 1989) determina que a distância máxima entre juntas de dilatação deve ser de 20 metros, em edifícios de alvenaria estrutural não-armada, e 30 metros, em edifícios de alvenaria estrutural armada.



FIGURA 5.35 – Junta de dilatação em execução (SANTOS, 2004).

### 6.2.2.5 Previsão de instalações

A integração de projetos é uma das premissas do projeto de alvenaria estrutural. Em um sistema construtivo racionalizado é inconcebível a hipótese de se rasgar paredes, improvisar na obra, etc. Essas práticas, correntes em alvenarias de vedação e, infelizmente, ainda encontradas em obras alvenaria estrutural (figura 5.36), significam retrabalho, desperdício, maior consumo de material e mão-de-obra e, principalmente, insegurança estrutural, uma vez que a parede, cuja seção resistente é reduzida, constitui o elemento estrutural.

A iniciativa de promover a integração dos projetos deve ser do arquiteto, criando soluções para a coexistência harmônica da arquitetura, estrutura e instalações.



FIGURA 5.36 – Rasgos horizontais nas paredes para execução de instalações, prática inaceitável em se tratando de alvenaria estrutural. (SANTOS, 1998).

Em primeiro lugar, deve-se ter em mente que rasgos horizontais ou inclinados nas alvenarias são totalmente indesejáveis e não fazem parte do arcabouço de boas técnicas executivas. Toda e qualquer instalação somente pode ser embutida na

alvenaria verticalmente, nos furos dos blocos. Assim, a instalação elétrica deve ser distribuída através da laje, sendo os pontos de consumo alimentados por descidas (ou subidas) sempre na vertical, conforme apresentado nas figuras de figuras 5.37 a 5.39. Para a instalação dos pontos elétricos (tomadas, interruptores, etc.) existem blocos especiais que já apresentam o recorte necessário. Contudo, em função do custo do bloco especial ser maior, muitas vezes opta-se por utilizar o bloco convencional, realizando-se o corte na obra.

A maior dificuldade reside, geralmente, nas tubulações de água e esgoto. Algumas medidas simples, porém, podem facilitar o percurso vertical das instalações:

- Agrupamento das instalações hidrossanitárias de banheiros e cozinhas em parede hidráulica (sem função estrutural), com tubulações passando pelos furos dos blocos (figura 5.40);
- Adoção de *shafts* para as tubulações hidrossanitárias (figura 5.41 e 5.42).

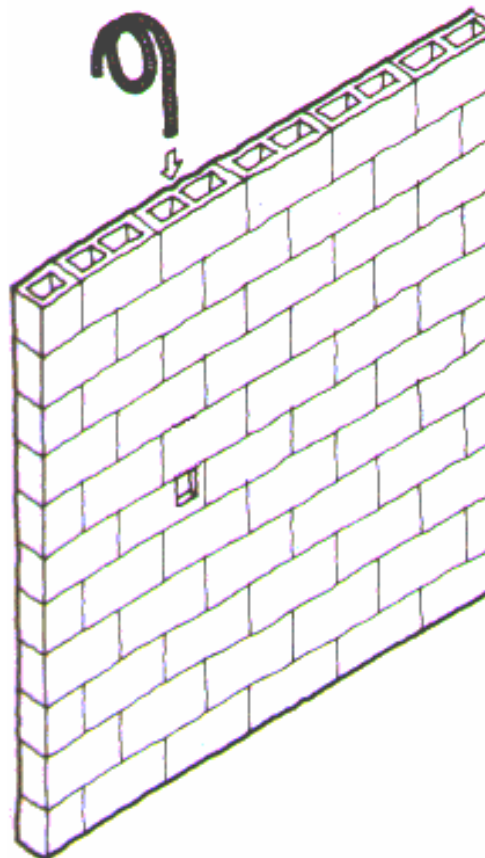


FIGURA 5.37 – Instalação de eletroduto na parede (UFSM, 2001).

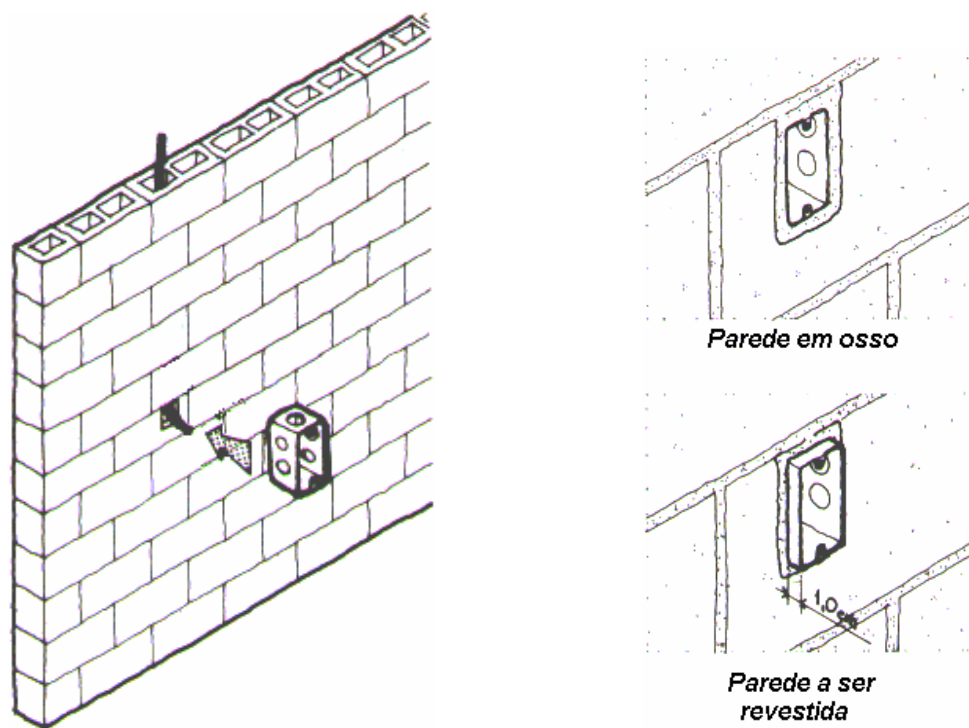


FIGURA 5.38 – Detalhe da fixação de caixas de tomadas e interruptores (UFMS, 2001).

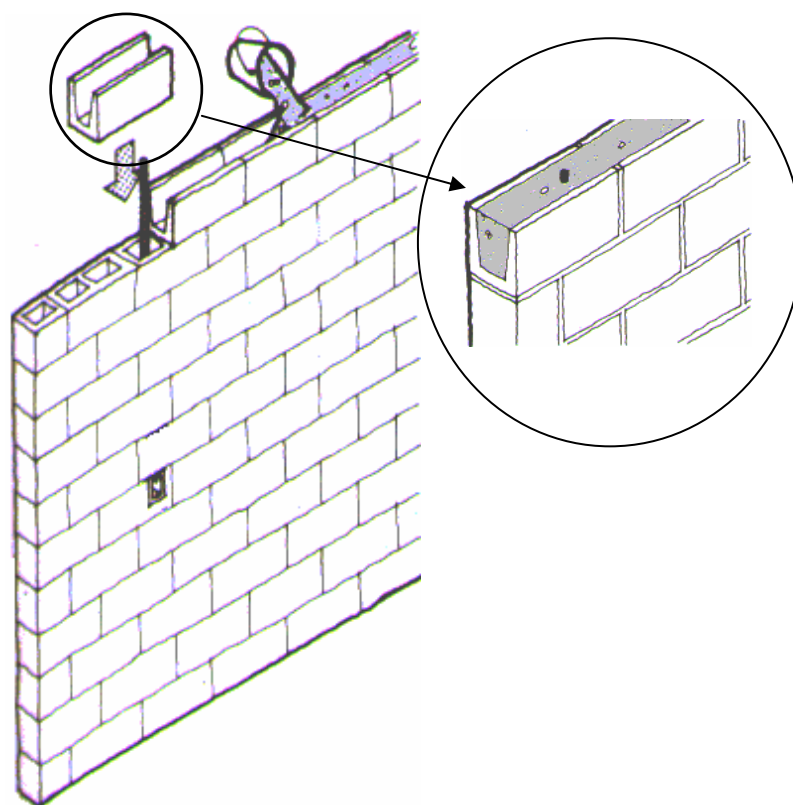


FIGURA 5.39 – Detalhe de execução da cinta com passagem de eletroduto (UFMS, 2001).



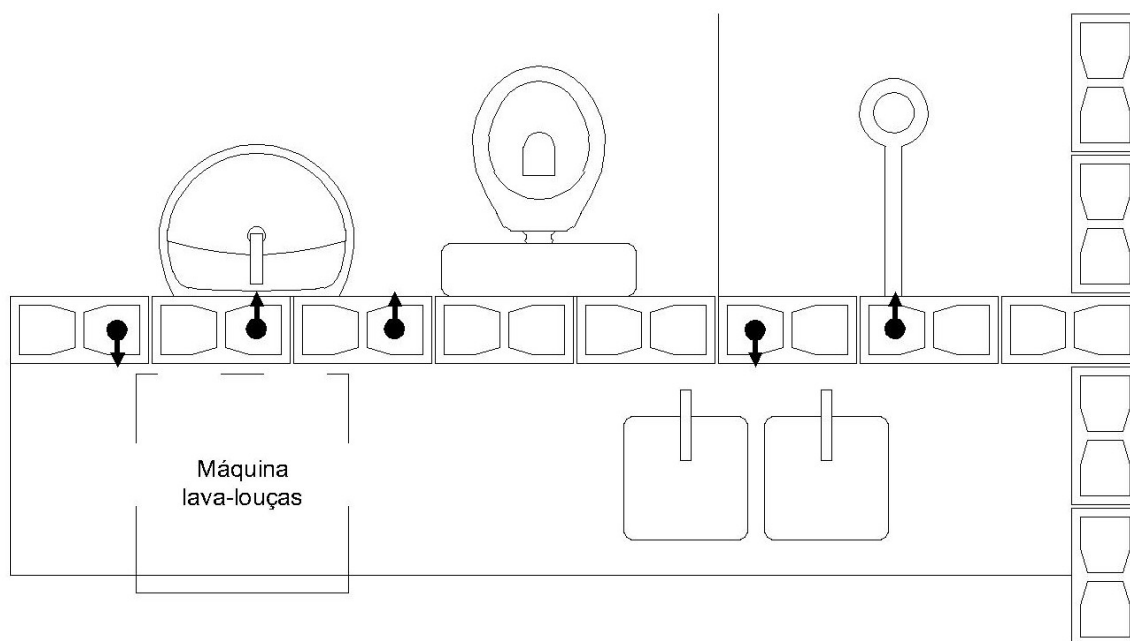


FIGURA 5.40 – Parede hidráulica

FIGURA 5.41 – Exemplos de *shafts* hidráulicos visitáveis (SANTOS, 2004).

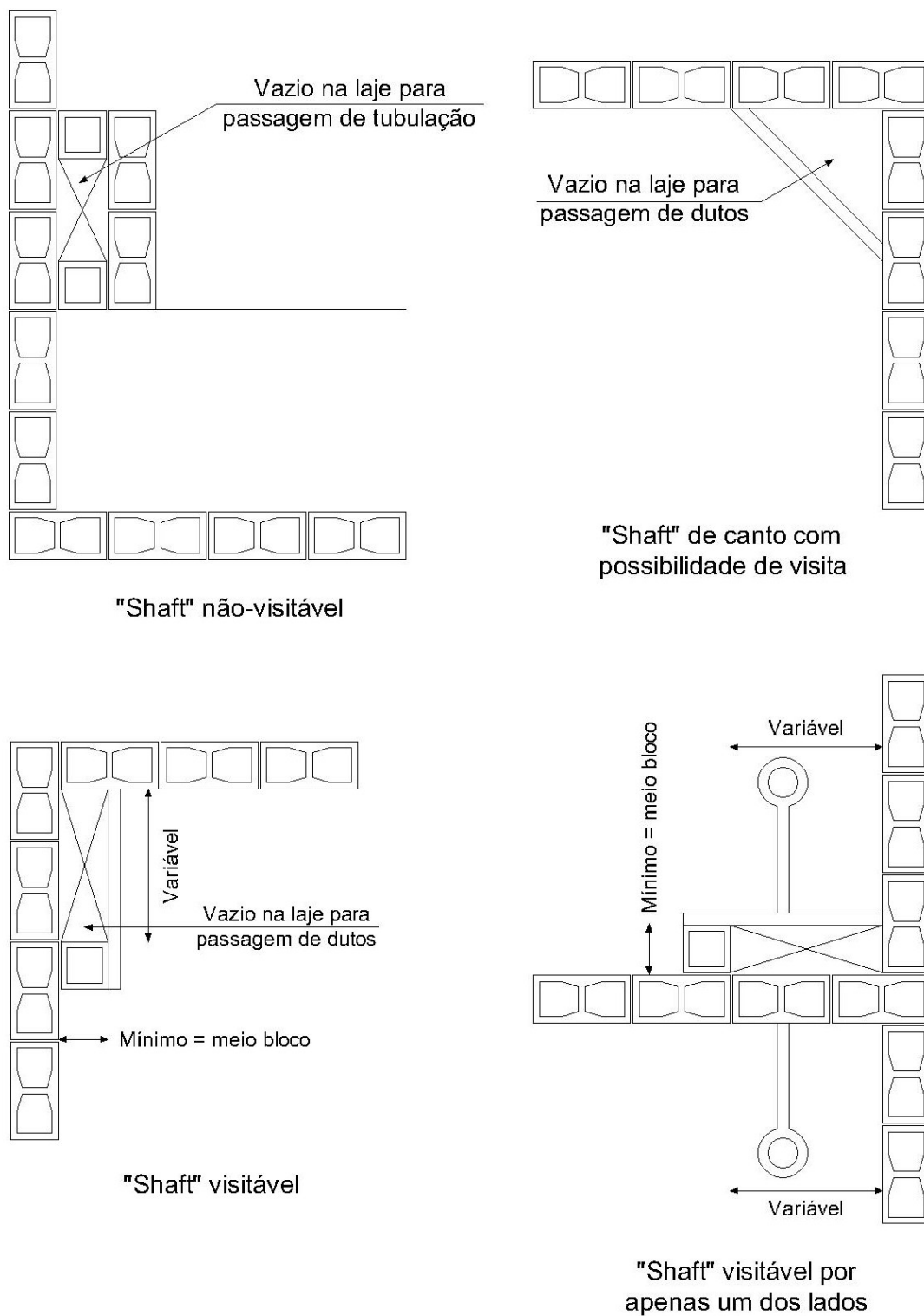


FIGURA 5.42 – Possibilidades construtivas de *shafts* hidráulicos, visitáveis e não-visitáveis (MACHADO,1999).

A fim de possibilitar a trajetória horizontal das tubulações, algumas soluções racionais podem ser adotadas alternativamente aos rasgos na alvenaria:

- Percurso horizontal da tubulação embutida no piso (figura 5.43);
- Tubulações executadas sob a laje, ocultas por forro rebaixado (figura 5.44);
- Emprego de blocos mais estreitos na alvenaria, formando reentrâncias para a passagem da tubulação na horizontal (figura 5.45).
- Trecho horizontal da tubulação embutido na parede, sendo executado quando da elevação da alvenaria sob os blocos adaptados (figura 5.46);
- Utilização de blocos do tipo canaleta para a passagem de trechos horizontais de tubulação (figura 5.47).

É importante ressaltar que estas formas de instalação repercutem em manutenção mais simples ou complexa, dependendo da escolha do projetista. Em geral, a manutenção das tubulações embutidas é dificultada (inspeção das condições da canalização para conserto de vazamentos, por exemplo).



FIGURA 5.43 - Tubulação horizontal embutida no piso (SANTOS, 2004).





FIGURA 5.44 - Tubulação horizontal sob a laje, oculta por forro rebaixado (SANTOS, 2004).



FIGURA 5.45 - Tubulação horizontal na parede embutida em reentrâncias (SANTOS, 2004).

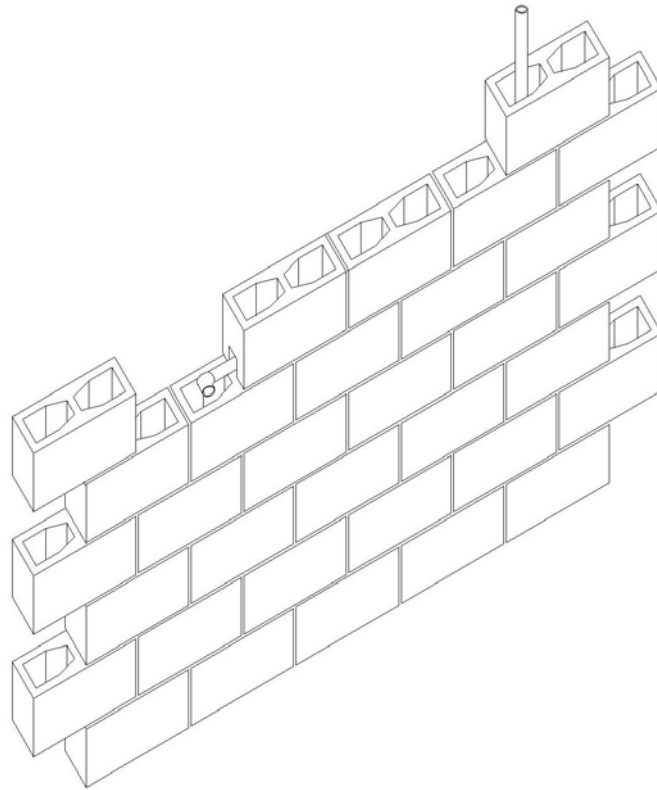


FIGURA 5.46 - Tubulação horizontal embutida na parede sob blocos adaptados.

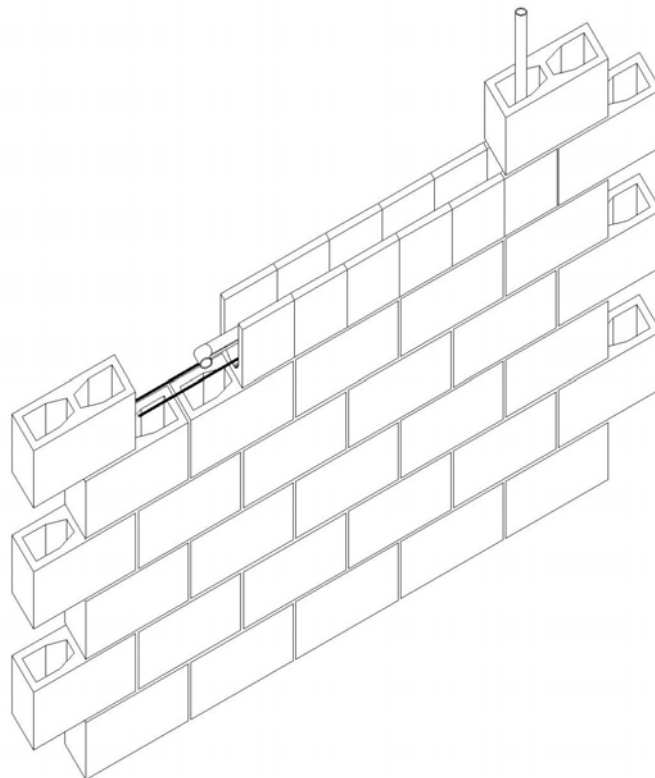


FIGURA 5.47 - Tubulação horizontal na parede embutida em blocos canaleta.

### 5.2.2.6 Escadas

Os tipos de escadas que podem ser utilizadas com alvenaria estrutural são:

- Escada de concreto armado moldada *in loco* (figura 5.48 e 5.49): apresenta como vantagem a execução sem auxílio de equipamentos especiais e, como desvantagem, a necessidade de execução de formas e escoramento, o que afeta a produtividade;
- Escadas tipo jacaré, formada por vigas dentadas "jacaré", degraus, espelhos e patamares pré-moldados (figura 5.50 e 5.51): apresenta como vantagem a fácil montagem da escada e, como desvantagem, o fato de ser viável apenas se houver parede central de apoio entre os lances;
- Escada pré-moldada de concreto (figura 5.52 e 5.53): apresenta como vantagem a rapidez de instalação e, como desvantagem, a necessidade de equipamento especial (guindaste) para movimentação das peças.

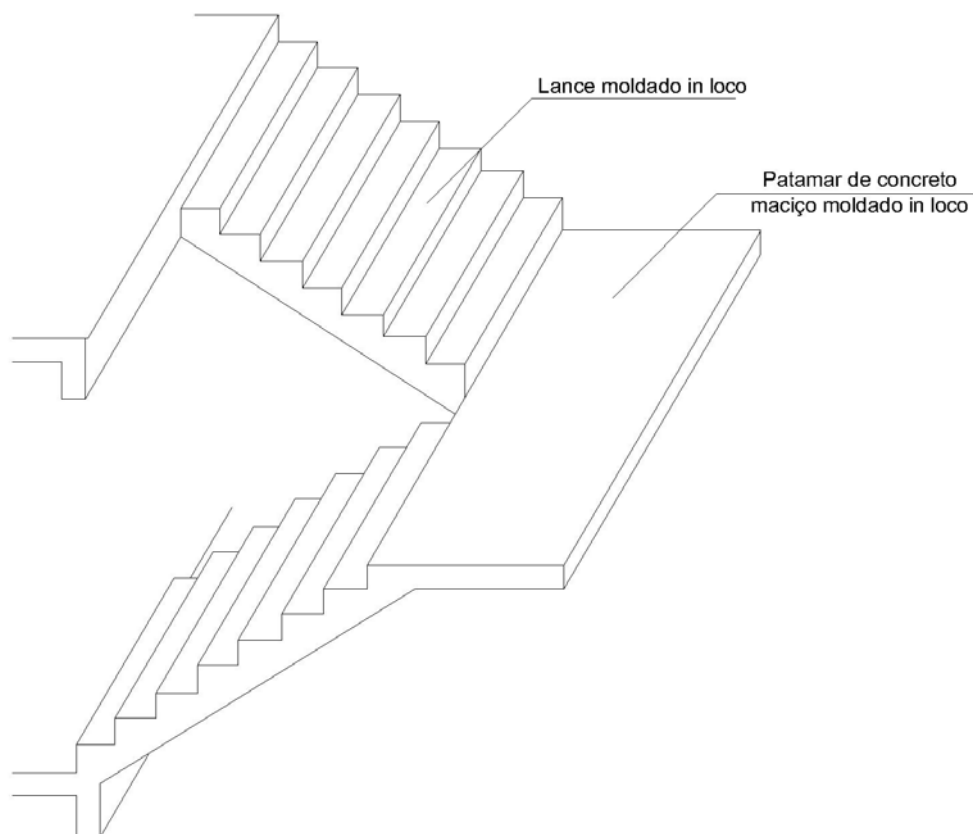


FIGURA 5.48 – Representação esquemática da escada de concreto armado moldada *in loco*.



FIGURA 5.49 – Execução das formas de uma escada de concreto armado moldada *in loco* (SANTOS, 2004).

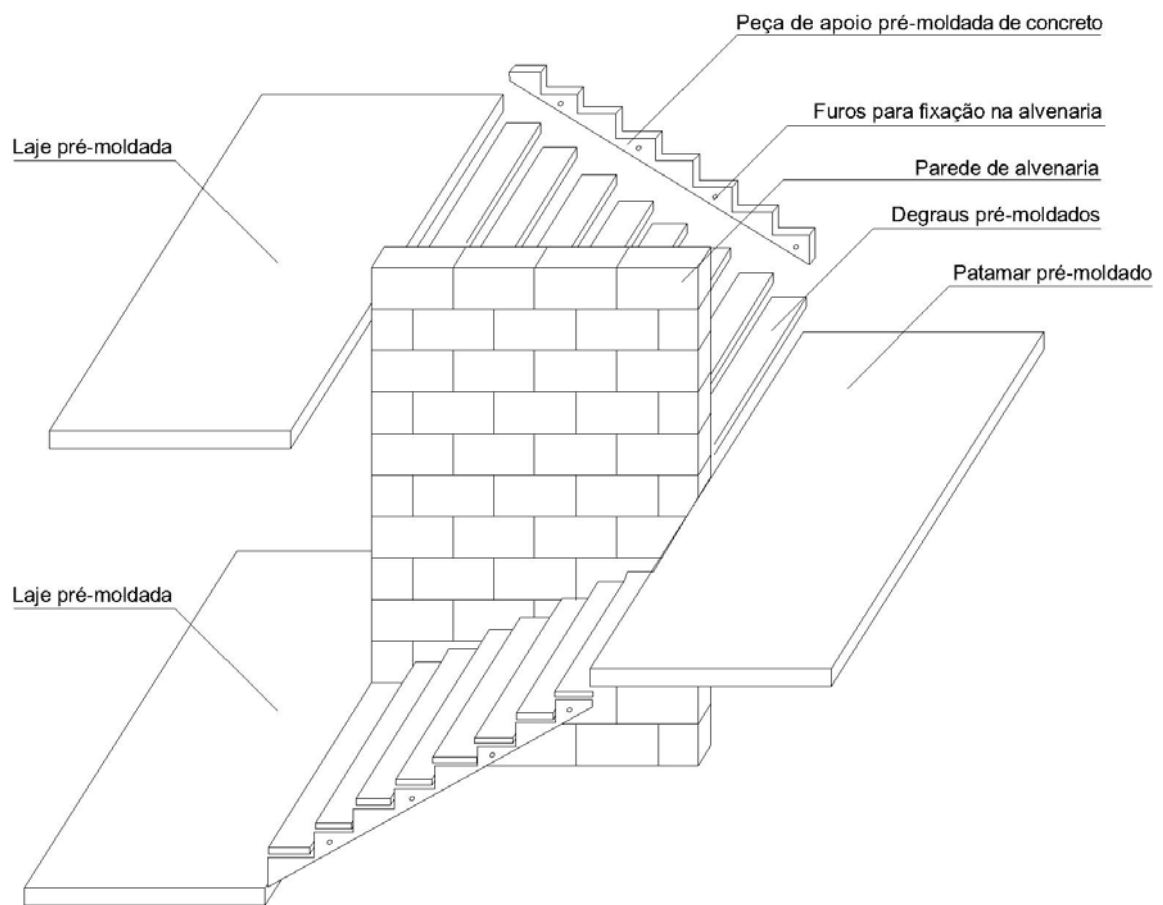


FIGURA 5.50 – Representação esquemática da escada do tipo jacaré.





FIGURA 5.51 – Etapas da execução da escada do tipo jacaré (SANTOS, 2004).

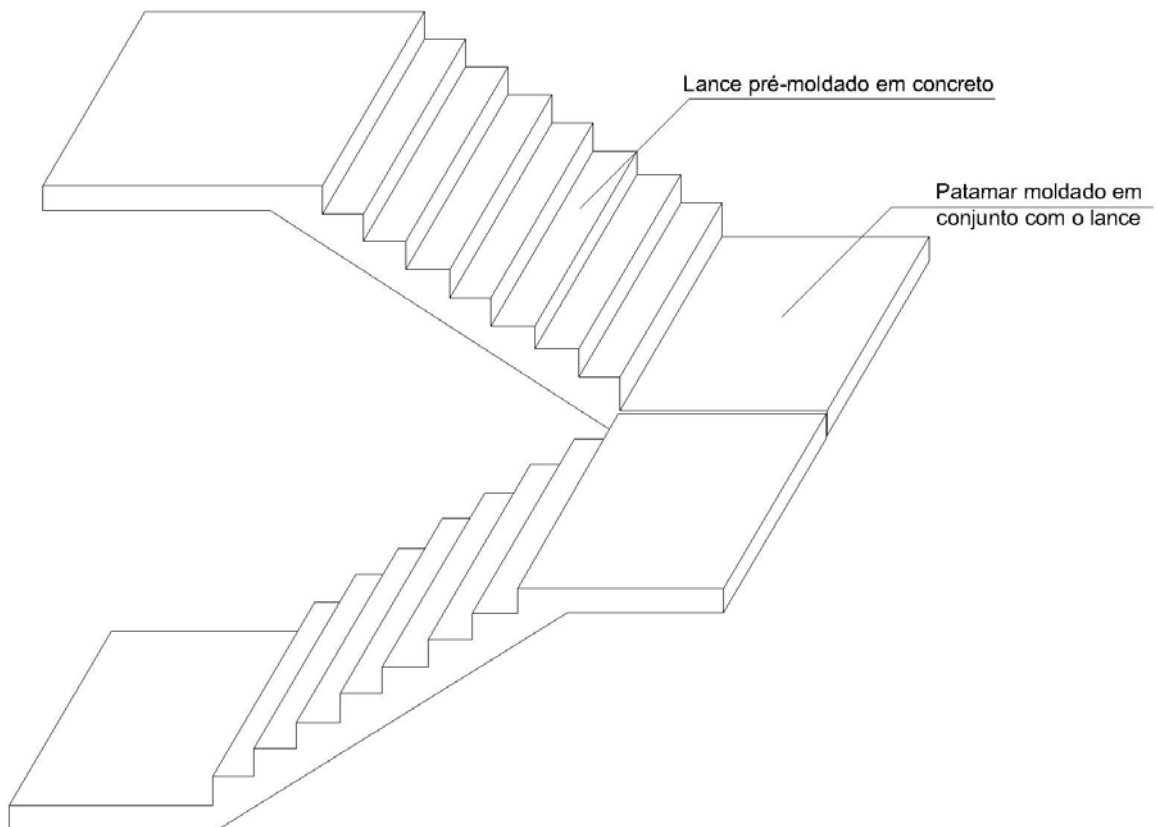


FIGURA 5.52 – Representação esquemática da escada pré-moldada de concreto.



FIGURA 5.53 – Exemplo de escada pré-moldada de concreto (SANTOS, 2004).

O projetista deve, ao projetar a escada, levar em consideração todos os condicionantes técnicos associados ao problema, e preferencialmente utilizar soluções padronizadas e de eficiência comprovada.

#### 5.2.2.7 Cobertura

Na construção civil, a cobertura é o elemento da envolvente mais agredido pelas variações climáticas. Contudo, seu tratamento, em geral, não contempla este importante aspecto. Esta constatação se refere a coberturas com telhado e sem telhado.

Em edifícios multifamiliares, nos quais é comum a adoção de platibandas ocultando a cobertura, esta não recebe nenhuma atenção justamente por estar encoberta. Sob este aspecto, percebe-se a valorização apenas de sua estética, não sendo considerado o desempenho. O resultado é que um apartamento de cobertura,

cujo valor de mercado é muito maior que o de outra unidade do mesmo edifício, apresenta graves problemas de calor, infiltrações, etc.

As soluções construtivas e os materiais usualmente empregados nas coberturas não têm atentado para um dos principais problemas encontrados: a ação do calor. A cobertura exposta à incidência da radiação solar recebe uma elevada carga térmica. Quando inadequadamente projetada, as lajes, em geral do último pavimento, se deformam excessivamente, podendo cisalhar a alvenaria, causando fissuras.

Algumas soluções podem ser adotadas para minimizar os efeitos do calor em coberturas. Pereira, Lamberts & Roman (1995) recomendam a previsão de isolamento térmico da cobertura. Outro recurso bastante utilizado é a previsão de um sistema para a ventilação do ático. Esta solução, além de muito econômica, pode ser empregada de várias formas em qualquer tipo de telhado. Um exemplo de ventilação da cobertura pode ser visto na figura 5.54.



FIGURA 5.54 – Exemplo de ventilação de cobertura (SANTOS, 2004).

A fim de evitar que a dilatação térmica da laje do último pavimento cisalhe a alvenaria, dando origem a fissuras, pode-se proceder de duas maneiras distintas: impedir seu movimento, enrijecendo sua vinculação com as alvenarias através de cintas armadas ou, inversamente, desvinculá-la destas, permitindo que se movimente livremente. O primeiro método, segundo Cavalheiro (2004), demonstrase, na prática, inviável economicamente. O segundo, por sua vez, tem sido freqüentemente empregado, tendo se mostrado, aliado a outras medidas (como a ventilação do ático, por exemplo), uma alternativa eficiente.

A desvinculação da laje de cobertura das alvenarias pode ser realizada de duas maneiras, dependendo dos componentes utilizados. Em se utilizando o bloco do tipo J na última fiada da alvenaria, deve-se apoiar a laje sobre uma superfície que possibilite seu deslizamento, podendo ser utilizada borracha alveolar ou ainda um conjunto composto de mantas asfálticas intercaladas com tiras de PVC, formando uma espécie de “sanduíche”. Entre o fechamento externo do bloco “J” e a laje deve haver espaço para a dilatação prevista, sendo recomendável a inserção, neste espaço, de poliestireno (isopor). A figura 5.55 apresenta a utilização da borracha alveolar, e a figura 5.56, o “sanduíche” de manta asfáltica e PVC.

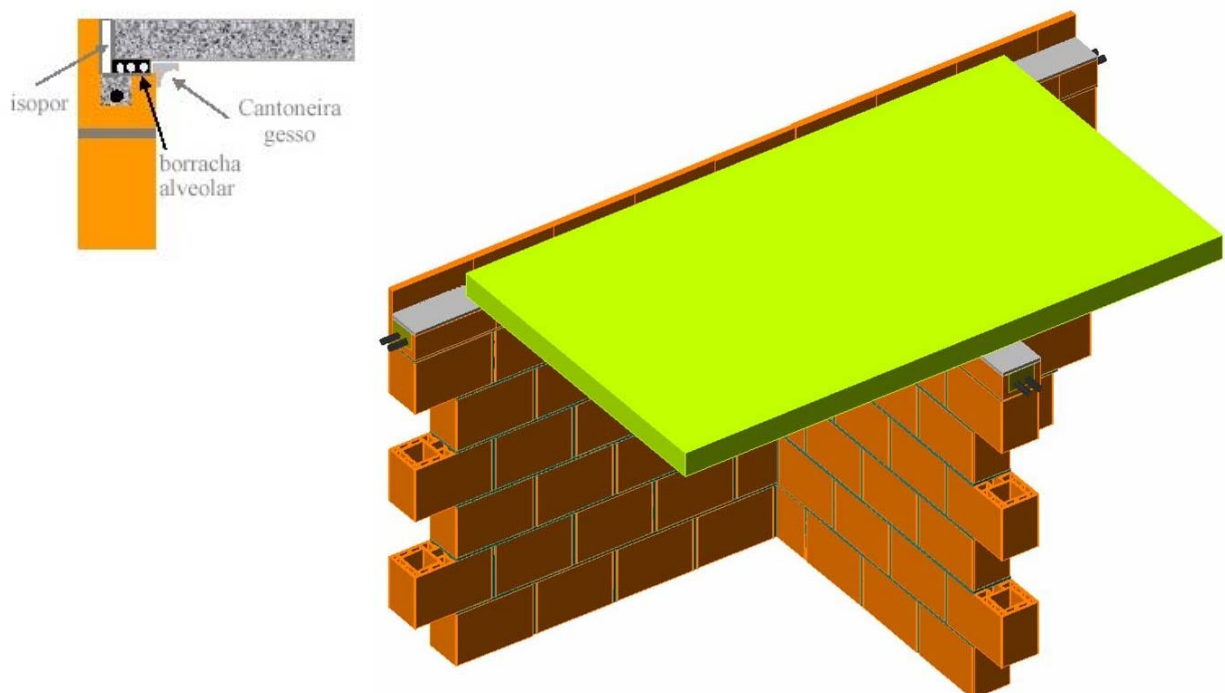


FIGURA 5.55 – Esquema de desvinculação da laje de cobertura utilizando bloco do tipo “J” (SANTOS, 2004) e, no corte esquemático, seu detalhamento (CAVALHEIRO, 2004).





FIGURA 5.56 – Desvinculação da laje de cobertura utilizando bloco do tipo “J” e conjunto composto de manta asfáltica e PVC (SANTOS, 2004).

No caso de se utilizar o bloco canaleta na última fiada da alvenaria, deve-se prever, além do apoio da laje sobre uma superfície deslizante (em geral, camadas de manta asfáltica), um friso entre a laje e a alvenaria. Diferentemente da solução que utiliza o bloco do tipo “J”, não se dispõe de um elemento capaz de encobrir a fissura que inevitavelmente ocorrerá nesta interface. Assim, a fim de ocultá-la, deve se proceder de acordo com a figura 5.57.

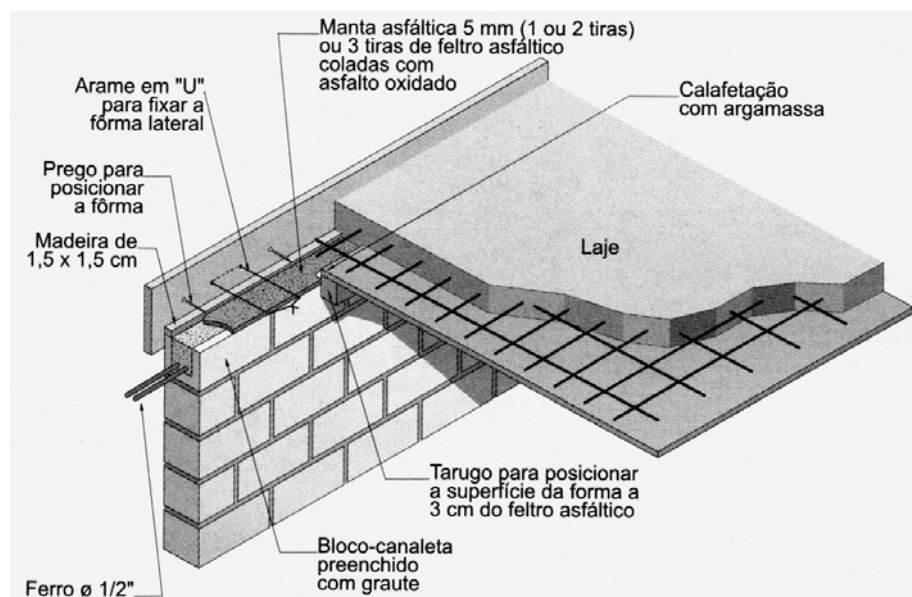


FIGURA 5.57 – Desvinculação da laje de cobertura utilizando bloco do tipo canaleta (TÉCHNE, 1998).

Outros problemas, como infiltrações, podem ser resolvidos adotando-se as técnicas tradicionais: impermeabilização adequada, correto dimensionamento e disposição de ralos, calhas e condutores, utilização de algeroz, rufo, etc.

#### 5.2.2.8 Revestimento

Edifícios de alvenaria estrutural não apresentam restrição quanto ao tipo de revestimento, podendo receber todos os tipos utilizados em outros sistemas construtivos.

Quanto ao revestimento interno, são freqüentes a utilização de revestimento argamassado tradicional, gesso aplicado diretamente sobre a alvenaria e alvenaria aparente, isto é, sem revestimento. Este último caso, particularmente encontrado em edifícios de alvenaria estrutural voltados à habitação popular, é possibilitado pelo fato de que as instalações passam pelo interior dos furos verticais dos blocos, sem a necessidade de “rasgos” nas paredes. Em havendo revestimento, contudo, aspectos como as dimensões dos blocos racionalizados, maiores que os tijolos e blocos de vedação tradicionais, e a planeza de suas faces contribuem para a obtenção de um revestimento de menor espessura, portanto mais econômico.

Externamente, podem ser utilizados revestimentos de argamassa, de pastilhas ou plaquetas cerâmicas, granito, texturas, etc. Recomenda-se, contudo, que não seja utilizada alvenaria aparente. Sabe-se que grande parte das patologias em fachadas ocorrem por problemas de falta estanqueidade à água, principalmente da chuva. Estes problemas podem advir das unidades de alvenaria ou de microfissuras na interface entre argamassa e as unidades. De acordo com Medeiros (2000), os materiais empregados nas vedações e fachadas, como concreto, alvenarias cerâmicas e argamassas, são porosos e as juntas entre suas partes sujeitas, em maior ou menor grau, à passagem de água no estado líquido ou na forma de vapor.

Medeiros (2000) afirma que, para haver infiltração em uma vedação vertical, é necessário que ocorram três condições que, geralmente, se apresentam reunidas:

- lâmina de água escorrendo pela fachada;
- aberturas que permitem a passagem de água (fissuras ou poros);

- pressão de vento ou sucção capilar ou ação gravitacional.

Alguns recursos, como pequenas pingadeiras ou saliências (20 à 40 mm) na fachada, executadas no próprio revestimento visando diminuir o volume de água que por ela escorre, podem ser utilizados para minimizar os efeitos destas condições adversas.

## **6. CONCLUSÃO**

### **6.1 Considerações finais**

As decisões arquitetônicas têm grande repercussão na etapa de construção do edifício e no seu comportamento ao longo da vida útil. Pode se dizer que o projeto, de certo modo, nada mais é do que uma seqüência de decisões, que conduzem a um ou outro resultado. Portanto, um bom projeto arquitetônico, onde as decisões são tomadas de forma responsável, é o ponto de partida para a obtenção da construtibilidade e do desempenho desejados para a edificação.

É papel do arquiteto conhecer, avaliar, julgar e propor as melhores soluções de projeto para cada situação específica, garantindo o pleno atendimento das necessidades dos usuários da edificação.

O sistema construtivo de alvenaria estrutural se coaduna perfeitamente com as filosofias de construtibilidade e desempenho das edificações, pois, sendo um sistema racionalizado, incorpora princípios de valorização do projeto, padronização dos componentes e redução de desperdícios.

Contudo, a exploração desse potencial cabe, em grande parte, ao arquiteto. Mitos como a inflexibilidade arquitetônica em edifícios de alvenaria estrutural são criados pela falta de conhecimento, por parte destes profissionais, das soluções técnicas próprias do sistema, o que leva a uma imagem distorcida da realidade e bloqueia o desenvolvimento da Alvenaria Estrutural e da Construção Civil.

Em havendo interesse na adoção da alvenaria estrutural, para que se obtenham as vantagens técnicas e econômicas que levem à racionalização, esta opção já deve estar definida desde o início do empreendimento, gerando aumento de produtividade e redução de custos.

O projeto e as demais etapas, mas principalmente a construção, são facilitadas quando é possível a utilização da alvenaria estrutural não-armada, uma vez que não há a necessidade da utilização de armaduras, exceto as recomendadas por necessidades construtivas, que afetam a produtividade.

Uma vez que na construção de um edifício de alvenaria estrutural a maior parte do tempo é despendida na elevação das alvenarias e, simultaneamente, na incorporação das instalações, a máxima racionalização e a perfeita compatibilização devem ser o alvo de um projeto que visa o incremento da construtibilidade.

Neste sistema construtivo, pelo fato de a alvenaria desempenhar função estrutural, subdividir os espaços e fornecer isolamento térmico, acústico, proteção a intempéries e ao fogo, a consideração de seu desempenho é fundamental, devendo ocorrer a partir de uma visão integrada da construção.

Aumentar o grau de construtibilidade e desempenho dos edifícios não significa produzir uma arquitetura pobre, desprezando a estética em favor da funcionalidade, ou utilizar materiais e componentes de custo elevado supondo-se, assim, obter qualidade. Significa, entretanto, projetar de forma consciente e racional, valendo-se da técnica e da experiência, no escritório, para a resolução dos desafios de projeto propostos, produzindo soluções eficientes, a fim de que, em obra, seja possível a execução de um produto de qualidade, com o mínimo de dificuldades, a um custo adequado.

Este trabalho contribui para o aprimoramento dos projetos de edificações de alvenaria estrutural, na medida em que supre uma lacuna de literatura, voltada aos arquitetos, a respeito deste sistema, disseminando informações pertinentes e aplicáveis na prática profissional.

## **6.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Desenvolvimento de um método para a seleção de tecnologias construtivas, fornecendo ao arquiteto uma ferramenta útil para nortear a tomada de decisões nas primeiras fases do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Manutenção de edificações: procedimentos.** NBR 5674, Rio de Janeiro, 1999. 6 p.

\_\_\_\_\_. **Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural: Especificação.** NBR 6136, Rio de Janeiro, 1994. 6 p.

\_\_\_\_\_. **Bloco cerâmico para alvenaria: Especificação.** NBR 7171, Rio de Janeiro, 1992. 8 p.

\_\_\_\_\_. **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.** NBR 10837, Rio de Janeiro, 1989. 20 p.

\_\_\_\_\_. **Desempenho térmico de edificações.** NBR 15220-2, Rio de Janeiro, 2005.

ANDRADE, F. P. D. **A construção de edifícios.** In: VARGAS, M., coord. Contribuições para a história da engenharia no Brasil. São Paulo: EPUSP, 1994. p.33-73.

ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: um estudo de caso.** Florianópolis: UFSC, 1995. 117 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

BAGATELLI, R. **Edifícios de alto desempenho: conceito e proposição de recomendações de projeto.** Vitória: UFES, 2002. 198p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2002.

BARROS, M. M. S. B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.** São Paulo: EPUSP, 1996. 422p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.

BECKER, R. Research and development needs for better implementation of the performance concept in building. **Automation in Construction Journal**, 1999. Disponível em <www.periodicos.gov.br>. Acesso em: 22 de março de 2005.

BEZERRA, C. A. M. **Qualidade e credibilidade da norma brasileira.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE, 2., 1991, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABNT, 1991. p. 323-326.

BONSIEPE, G. **A tecnologia da tecnologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1983.

CAMACHO, J. S. **Alvenaria estrutural não-armada:** Parâmetros básicos a serem considerados no projeto dos elementos resistentes. 1986. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.

CAMBIAGHI, H. Projeto e obra no difícil caminho da qualidade. **Obra**, n.37, p.10-12, Jun. 1992.

CASTELLS, E.; HEINECK, L. F. M. **A aplicação dos conceitos de qualidade de projeto no processo de concepção arquitetônica – uma revisão crítica.** In: III WORKSHOP GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. *Anais...* São Carlos: USP, 2001.

CAVALHEIRO, O. P. **Fundamentos de alvenaria estrutural.** Santa Maria: UFSM, 1995. Não paginada. Apostila.

\_\_\_\_\_. **Dimensionamento de juntas.** Santa Maria: UFSM, 2004. Arquivo digital. Notas de aula.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability:** a primer. 2.ed. Austin, 1987. (CII publication, n. 3-1).

CORRÊA, R. M.; NAVIERO, R. M. **Importância do ensino da integração dos projetos de arquitetura e estrutura de edifícios: fase de lançamento das estruturas.** In: III WORKSHOP GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. *Anais...* São Carlos: USP, 2001. 5p.

CROSS, N. Natural intelligence in design. **Design studies**, v.20, n.1, Jan. 1999.

DRYSDALE, R. G. **Masonry structures: behavior and design.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1994. 784 p.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural.** Porto Alegre: ANICER, 1999. 79p.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO S. B. **Desenvolvimento histórico do processo de projeto na construção de edifícios.** In: III ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA E ARQUITETURA (ENTECA). *Anais...* Marigá, 2002.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa.** 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1838 p.

FERREIRA, R. C. **Os diferentes conceitos adotados entre gerência, coordenação e compatibilização de projeto na construção de edifícios.** In: III WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, São Carlos, 2001. *Anais...* São Carlos: USP, 2001. 3p.

FERRO, S. **Arquitetura nova.** São Paulo: GFAU-USP, 1975.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** 1992. 319 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.



FURLAN JÚNIOR, S. **As principais características do projeto, dos materiais e as técnicas de execução empregadas em edifícios residenciais de alvenaria estrutural.** In: 46º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON 2004), v. 5, pg. 40-54. *Anais...* Rio de Janeiro, 2004.

GALLEGOS, H. **Curso de alvenaria estrutural.** Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1988. Não paginada. Apostila.

GARCIA MESEGUER, A. **Controle e garantia da Qualidade na Construção.** Tradução: Antônio Carmona Filho, Paulo Roberto Lago Helene, Roberto José Falcão Bauer. São Paulo, SINDUSCON-SP, PROJETO/PW, 1991. 179p.

GRIFFITH A., SIDWELL, T. **Constructability in building and engineering projects.** London: Macmillan, 1995.

GRIFFITH, A. **An investigation into factors influencing buildability and levels of productivity for application to selecting alternative design solutions: a preliminary report.** In: Proceeding of CIB w65 International Symposium in Organization and Management of Construction, Londres, Inglaterra, 1987. *Anais...* London: CIB, v.2, p.646-657.

GONÇALVES, O. M.; JOHN, V. M.; PICHI, F. A.; SATO, M. N. M. **Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações.** Coletânea Habitare, v.3, p. 42 – 53. ANTAC: Porto Alegre, 2003.

GUS, M. **Método para a concepção de sistemas de gerenciamento da etapa de projetos da Construção Civil: um estudo de caso.** 1996. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. **Cada erro tem seu preço.** Tradução de Vera M. C. Fernandes Hachich. Revista Técnica, nº. 1, p.32-34, nov/dez 1992.

HENDRY, A. W. **Structural design of brickwork buildings.** In:\_\_\_\_. Structural Brickwork. New York: Halsted Press book., 1981, p. 1-4.

HENDRY, A. W., SINHA, B. P. DAVIES, S. R. **Design of masonry structures**. London: E & FN Spon, 1997.

HINO, M. K.; MELHADO, S. B. **Melhoria da qualidade do projeto de empreendimentos habitacionais de interesse social utilizando o conceito de desempenho**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS – SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO. Novembro de 1998. São Paulo, *Anais...* São Paulo, EPUSP, 1998.

JOHN, Vanderley M. **Avaliação de materiais, componentes e edifícios em uso enquanto avaliação do desempenho**. In: SEMINÁRIO AVALIAÇÃO PÓS-USO. *Anais...* São Paulo, 7 a 9 de junho, 1989, p. 63-74.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 188 p.

LARANJO, A.G.T.; CIMATTI, V. **Uma nova forma de pensar a função – arquiteto**. In: III WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Novembro de 2003. Belo Horizonte, *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 2003.

LUCINI, H. C. **Desenvolvimento de novos sistemas construtivos.(Estudo de caso)**. 1984. 240 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1984.

MACHADO, S. L. **Sistemática de concepção e desenvolvimento de projetos arquitetônicos para alvenaria estrutural**. 1999. 198 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MACIEL, C. A. **Arquitetura projeto e conceito**. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp211.asp>>. Acessado em 17 fevereiro de 2005.

MASCARÓ, J. **O custo das decisões arquitetônicas**: como explorar boas idéias com orçamento limitado. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998. 180 p.

McGINTY, T. **Projeto e processo de projeto**. In: Snyder, James C.; Catanese, Anthony J., coord. Introdução à arquitetura. Rio de Janeiro: Campus, 1984. p.160-194.

MEDEIROS, J. S. **O desempenho das vedações verticais frente à ação da água**. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais. São Paulo, 1998. *Anais...* São Paulo: EPUSP, 1998.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. 235 p. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

\_\_\_\_\_. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. 294 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B., AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Depto. de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/139. São Paulo: EPUSP, 1995. 21p.

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. A. F. **A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios**. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. Depto. de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/02. São Paulo: EPUSP, 1992. 25 p.

MITIDIARI FILHO, C. V. **Avaliação de desempenho para componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações**: proposições específicas à avaliação de desempenho estrutural. 1998. 218 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MITIDIERI FILHO, C. V.; HELENE, P. R. L. **Avaliação de desempenho para componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações:** proposições específicas à avaliação de desempenho estrutural. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Depto. de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/208, São Paulo: EPUSP, 1998. 38 p.

MODLER, L. E. A. **Qualidade de projeto de edifícios em alvenaria estrutural.** 2000. 140 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

NIEMEYER, O. **Como se faz arquitetura.** Petrópolis: Vozes, 1986. 82 p.

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.

OLIVEIRA, M. ; LANTELME, E. M. V.; FORMOSO, C. T. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil: primeiros resultados.** In: Seminário Estratégias para Modernização na Construção Civil: Qualidade na cadeia produtiva. São Paulo, 1994. *Anais...* São Paulo: FINEP/ANTAC, 1994. p. 37-59.

OHASHI, E. A. M. **Sistema de informação para coordenação de projetos de alvenaria estrutural.** 2001. 122p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

PALLOTTI. **Catálogo técnico.** Santa Maria, 2003.

PEREIRA, C. A.; LAMBERTS, R.; ROMAN, H. R. **Avaliação do desempenho térmico de coberturas e análise de tensões de cisalhamento aplicadas à alvenaria.** In: ENTAC95 - Qualidade e Tecnologia na Habitação, 1995, Rio de Janeiro - RJ. Anais, 1995. v. Vol II. p. 581-586.

POZZOBON, M. A. **O processo de monitoramento e controle tecnológico em obras de alvenaria estrutural**. 2003. 305 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

PROJETO DESIGN. **Joaquim Guedes**: entrevista. Revista Projeto Design, nº. 250, dez. 2000.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003. 174 p.

TÉCHNE. **Alvenaria estrutural**: obras revelam o crescente uso da alvenaria estrutural, muitas vezes combinada com estruturas de concreto. Revista Técnica, nº 34, mai/jun1998.

ROCHA, A. M. da. **Concreto armado**. vol.1, 25 ed. São Paulo: Nobel, 1990.

RODRIGUEZ, W. E. **The modelling of design ideas**. New York: McGraw-Hill, 1992.

ROMAN, H. R., *et al.* **Alvenaria estrutural – programa de capacitação empresarial**. Módulo 1: administradores de obras, CD, Florianópolis, 2000.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N. ARAÚJO, H. N. de. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. 83 p.

\_\_\_\_\_. **Guia TECMOLD de Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre, 1997.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAU-USP, 1980.

ROSSO, S. Alvenaria estrutural: a gravidade como aliada. **Revista Técnica**. Ed. Pini. São Paulo. nº 31, p.38-41, set./out. 1994. 60p.

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. 1984. 298 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

\_\_\_\_\_. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. 321 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SALDANHA, M. C. W.; SOUTO, M. S. M. L. **Racionalização dos projetos na construção de edificações habitacionais.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC 98). Florianópolis, *Anais...* v.2, p.525-532. Florianópolis: UFSC, 1998.

SANTOS, M. D. F. dos. **Alvenaria estrutural: contribuição ao uso.** 1998. 143 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

\_\_\_\_\_. **Relatórios técnicos:** monitoramento de obras de Alvenaria Estrutural. Santa Maria: UFSM/GPDAE, 2004. Não publicado.

SCARDOELLI, L. S. **Iniciativas de melhorias voltadas à qualidade e à produtividade desenvolvidas por empresas de construções de edificações.** 1995. 148 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

SILVA, G. da. **Sistemas construtivos em concreto armado e alvenaria estrutural: uma análise comparativa de custos.** 2003. 164 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SOARES, J. M. D.; SANTOS, M. D. F. dos; POLLETTO, L. **Habitações de caráter social com a utilização de bloco cerâmico.** In: Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional. / Editores: Carlos Torres Formoso [e] Akemi Ino. Coletânea Habitare, v. 2. Porto Alegre: ANTAC, 2003. 480p.

SOUZA, R. de. **Avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação.** In: Tecnologia de Edificações. São Paulo: Editora Pini / Instituto de Pesquisas Tecnológicas, divisão de edificações do IPT, 1988. p. 529 – 532.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G. Sistemas de qualidade em empresas construtoras. **Obra**, n.42, p.26-8, dez. 1992.

SOUZA, R. de; MEKBEKIAN, G.; SILVA, M.A.C.; LEITÃO, A.C.M.T.; SANTOS, M. M. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: Editora Pini, 1995.

STEMMER, C.E. A questão do projeto nos cursos de engenharia - texto nº 1. In: Fórum ABENGE. **Revista Ensino de Engenharia**, v.7, n. 1, 1988. São Paulo, ABENGE, 1988. p.3-6.

THOMAZ, E. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Depto. de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/252. São Paulo: EPUSP, 2000. 31p.

ULRICH, H.; SACOMANO, J. B. **O processo de projeto na busca da qualidade e produtividade**. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO. *Anais...* Recife, 1999, v. 1, p. 349-356.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Construção de Habitações de Caráter Social – Manuais de construção**. Santa Maria, UFSM, 2001. Não publicado.