

MARGARETE MARIA DE ARAÚJO SILVA



**DIRETRIZES PARA O PROJETO DE
ALVENARIAS DE VEDAÇÃO**

**Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em Engenharia**

**São Paulo
2003**

MARGARETE MARIA DE ARAÚJO SILVA

DIRETRIZES PARA O PROJETO DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia

Área de Concentração:
Engenharia de
Construção Civil e Urbana

Orientador:
Prof. Dr. Fernando H. Sabbatini

São Paulo
2003

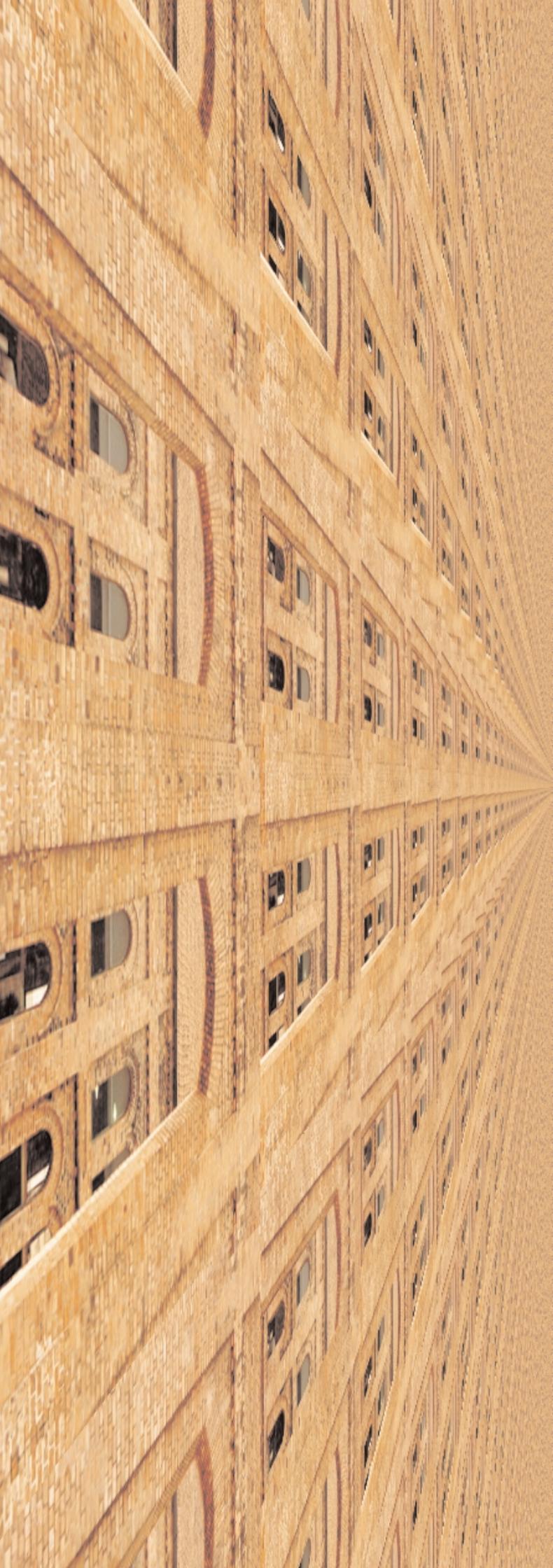
FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, Margarete Maria de Araújo

Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação. São Paulo, 2003.
167p.

Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Construção Civil - alvenarias de vedações racionalizadas
2. Projeto para produção
3. Banco de Tecnologia Construtiva
4. Detalhes Construtivos.

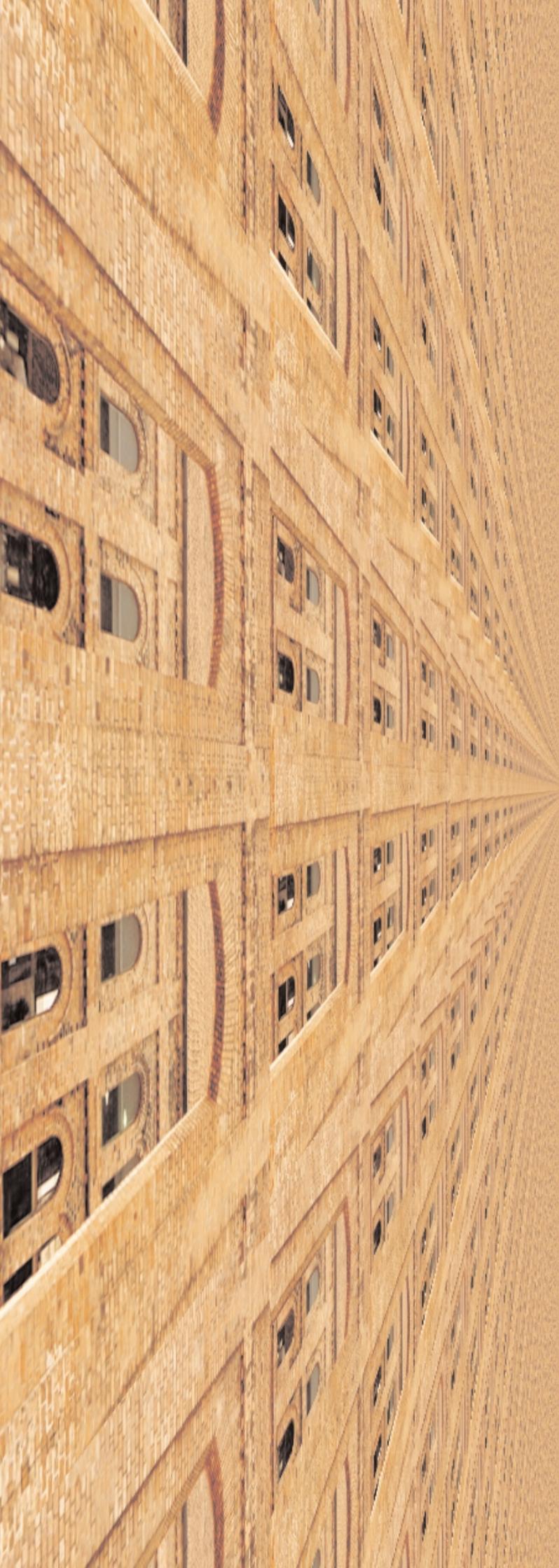


*Ao meu mestre de obras Antônio Luiz,
à minha pedreira predileta
Cenir Aparecida.*

*À minha mãe Maria Grossi,
À minha filha Laís.*

À memória do meu pai Boaventura.

*À memória dos meus amigos
Eiti Watanabe e Roberto Guedes,
e Giancarlo Vella.*



*Aos meus alunos,
com o ensinamento de Václav Havel:*

*"a educação é a capacidade de
perceber as conexões ocultas
entre os fenômenos."*

Quinze anos de maturação geram incontáveis agradecimentos:

Aos meus queridos (e tolerantes, graças a Deus!) orientador Fernando Sabbatini e co-orientadora, amiga e cúmplice Mércia Barros.

Aos meus mestres Maria Lúcia Malard, Cássio Velloso, Vanderley John, Menelick de Carvalho e Jorge Saffar.

À arquiteta Lúcia Serrano, pelo esmerado projeto e produção gráficos, pelos sábios conselhos, e pela agradável e divertida companhia neste momento crucial de finalização do trabalho; agradecimento extensivo à mãezinha Arminda Serrano, ao Pedro Libânio e também ao Tupi.

Ao Leonardo de Oliveira, guia e companheiro permanente nas buscas às construções e informações de interesse, nos recônditos de São Paulo.

Ao arquiteto Nilton Aizner que ilustrou o primeiro relatório do EP/EN-7 e produziu, a partir de minhas fotos, os belos desenhos das edificações tradicionais que ilustram este trabalho; agradeço também a ele e ao Valério Paz da Technologys Sistemas para Construção, ao Luiz Sérgio e à Cynthia da Arco - Assessoria em Racionalização Construtiva s/c Ltda, que não só atenderam-me na etapa de entrevistas como disponibilizaram todo o material técnico necessário ao trabalho.

Também às construtoras que me abriram suas portas e viabilizaram os levantamentos de campo e acesso aos documentos técnicos, Tecnisa, Gafisa, Hernandez, Cyrela, Lotus e INPAR.

Aos colegas do EP/EN-7, arquitetos Paulo Amaral e (saudoso amigo) Roberto Guedes. À arquiteta Denise Morado, com quem continuo desfrutando da parceria profissional e da amizade.

Aos ex-parceiros da ENCOL, sobretudo aos amigos Elias e Ceotto.

Aos queridos amigos com quem cultivo o gosto pelas alvenarias e por outras singelezas, Aldo Valério, Edmundo Abiackel, Lana e Alberto; aos colegas e alunos da AMOEMG - Associação dos Mestres de Obras e Encarregados de Minas Gerais e ao querido Leandro Amaral, parceiro na PUC e fora dela.

À Alzira Lydia, que pacientemente ajudou-me a desvelar o *Access*.

Aos amigos que partilham e colaboram neste trabalho desde seu início, Olinda Dias, Maria Ângela e João Lopes e aos queridos conterrâneos em São Paulo, Otilie Macedo (vamos povoar o mundo de tijolos!), José Abílio, Euler e Alain Mouzart.

Aos colegas do Departamento de Arquitetura da PUC Minas e, especialmente, aos meus amigos cotidianos Alícia Penna, Alfio Conti, Cláudio Bahia, Katita Macedo, Lila Carneiro, Roberto Eustaáquio e Rogério Palhares; aos igualmente queridos e influentes colegas, Selma, Rodrigo Meniconi, Paulo Dimas, Pixote Baptista, Tonico Grillo, Denise Madsen, Dedé Bahia e Tameirão. Ao Mário Lúcio e ao Ferruccio Daziano, pelo apoio irrestrito através dos labirintos da informática e pela amizade.

Aos colegas da Poli, Silvia Selmo e Kai, Jonas, Chico Cardoso e Silvio, Antônio Figueiredo, Engrácia e Paulinho, pelo apoio e amizade.

Aos integrantes e freqüentadores do Escritório de Integração e aos parceiros do EMAU, pelo estímulo, influência e participação direta neste trabalho, especialmente à Paula e Conceição, Max, Yanna e Viviane, Marina, Carol, Daniela Megda e Nilton Abdala, Cris Locatelli e Cris Martins, que assumiram a condução do escritório na minha ausência; e ao, além de parceiro, amigo Rodrigo Belo.

Aos colegas e alunos do PUCASA – Programa Construção & Cidadania: Fundamentos da Construção, à Rosa, à Lúcia e aos ex-monitores e amigos queridos Leo Polizzi, Eduardo Caetano e Tatiana, Felipe, Rafael Mantuano e Carlos Alberto.

Aos ex-alunos e/ou estagiários e amigos Glauco, Rodrigo Arlindo e Thiago Machado, Aline e Emiliano, Miguel, Adriene Cobra, Mateus Souki, Ana Paula, Danilo e Marcão Borges Netto. Valeu a força!

Agradecimentos institucionais à Escola Politécnica que pela segunda vez me possibilitou esta valiosa experiência de trabalho e aprendizado; à PUCMinas, à AHI - Associação Habitacional de Ipatinga, à ASCA - Associação dos Sem Casa do bairro Betânia e Regiões de Belo Horizonte, à Amacidania - Associação dos Moradores da Vila Ouro Preto, pelas inestimáveis oportunidades e parcerias profissionais. Aos muitos amigos destas jornadas, especialmente ao Saulo, Usânia e Dora, Florêncio e

D. Dalva, Zé e Adriana, Delegado, Jovita, Dani, Daia e Deise; Antônia, Guilherme e Ana Schmidt, Vicentina, Lúcia e Íris; Edina; Sr. Itagório, Antônio Lúcio e Cleusa; aos, às vezes parceiros e sempre amigos, Eduardo Alves, Renato e Lauro Gontijo.

Agradecimentos especiais:

À nossa Aldeia e aos amigos Liane Born e Ricardo Mendanha, pelo privilégio de concluir este trabalho em local e companhias tão aprazíveis; aos amigos freqüentadores, especialmente à nossa benéfica Flávia Motta, ao Ricardo Coelho e à Bia Costa, ao Betão e à Maíla, pela confiança e estímulos permanentes.

Aos meus irmãos e amigos queridos, interlocutores constantes e parceiros de todas as horas: Sônia e Jaime, Ricardo, Simone e Márcio, Rogério e Sil, Liana e Marly, Zé Du e Consuelo, Penha e Zelinda, Margareth, Marcinha e Celina Marques, Dadinho Sá e Eliane, Mara Gomes e Maurício Libânio, Du Leal, Dudu Beggiato e Antônio, Líbero Delalíbera e Fernanda, José Figueiredo Pescoço e Patrícia, Valadão, Robinho e Ciomara, Mana Julião e Renato César, Silke Kapp, Michu, Flavio de Castro, Tiza Gontijo, Simone, Maurinho, Ana Lúcia, Kao e Lu Buarque. Pessoal, desta vez vai!

À Neuza Sabbatini e ao Marcelo Barros que generosamente abrigaram a mim e Laís nas nossas longas estadas em São Paulo. Agradeço também à Ana, ao Guilherme e à Carminha, à Joanna, ao Luciano, ao Rodrigo e à Cleonice que contribuíram para que elas fossem sempre amenas e divertidas.

À amiga e parceira Priscila Cheib.

À Cida, guardiã zelosa e cotidiana da Laís, da Nina e do João (quando ele ainda era sem-teto.); à minha família número dois, as queridas Carmem Vera e Michele.

Aos jovens amigos - que nos permitem vislumbrar um mundo mais igualitário e mais livre: Rafael, Jerônimo, Sirius Hu, Luiza Born e Luisa Sá, Dora, Bárbara, Clarinha, Yuri e João, Olívia e Samuel, Marina, Luisa e Lucas, Raine, Marquinho, Carol e Felipe, Diogo e Estevão, André e Tiago, Leo e Calu, Mariloca e Licolé, Júlia e Elisa.

Maurício Campomori, muitíssimo obrigada; Augusto Magno, a dica do PDF nos salvou! Márcio Arcanjo, da Encadernatex: sua disponibilidade e seu cuidado com o trabalho nos sensibilizaram. Obrigada.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas, i

Lista de Abreviaturas e Siglas, ii

RESUMO

"ABSTRACT"

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Contextualização do tema	1
1.2	Justificativa	7
1.3	Objetivos	12
1.4	Metodologia	13
1.4.1	Levantamento e revisão bibliográficos	14
1.4.2	Consulta aos arquivos do Convênio de Desenvolvimento Tecnológico Universidade-Empresa para Produção de Paredes de Vedação.....	15
1.4.3	Consulta aos arquivos do projeto de pesquisa FIP/PUC: “Detalhamento construtivo de alvenarias estruturais com utilização de modelagem tridimensional informatizada”	16
1.4.4	Seleção de empresas construtoras e de escritórios de projeto.....	17
1.4.5	Pesquisa de Campo	18
1.4.6	Entrevistas com profissionais de execução de alvenarias de vedação	18
1.4.7	Sistematização das informações contidas nos projetos de alvenaria e seleção das informações para inserção no banco de tecnologia.....	19
1.4.8	Sistematização das informações levantadas na pesquisa de campo.....	19
1.4.9	Classificação das informações técnicas e estruturação do banco de tecnologia construtiva para paredes de vedação em alvenarias	19
1.5	Estrutura da Dissertação.....	20
2	PROJETO NO CONTEXTO DA PRODUÇÃO DAS ALVENARIAS.....	23
2.1	O processo de produção das alvenarias no Brasil	23
2.2	Racionalização do processo construtivo tradicional: a experiência dos Convênios de Desenvolvimento Tecnológico Universidade-Empresa	42
2.3	O conceito de projetos voltados à produção	47
2.4	Os projetos para a produção de alvenarias de vedação	54
2.5	Considerações sobre o detalhamento construtivo	56

3	DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS.....	60
3.1	Segurança estrutural	63
	3.1.1 Estabilidade e resistência mecânica	64
	3.1.2 Características de deformabilidade da alvenaria.....	65
3.2	Estanqueidade à água	68
3.3	Conforto térmico	71
3.4	Desempenho acústico.....	74
3.5	Segurança contra ao fogo	76
	3.5.1 Resistência ao Fogo.....	77
	3.5.2 Reação ao fogo	79
3.6	Durabilidade	80
4	DIRETRIZES PARA OS PROJETOS DE ALVENARIA.....	82
4.1	Condições contratuais	82
4.2	Estágio tecnológico da empresa construtora	85
4.3	Levantamento das informações técnicas necessárias ao projeto para a produção das alvenarias de vedação racionalizadas.....	86
4.4	Adoção de um sistema de coordenação modular	91
4.5	Definição dos Componentes das Paredes de Alvenaria	96
	4.5.1 Unidades de Alvenaria	96
	4.5.2 Juntas de Argamassa	97
4.6	Caracterização dos Painéis de alvenaria	102
	4.6.1 Definição das espessuras das alvenarias	103
	4.6.2 Amarração das juntas verticais.....	104
	4.6.3 União entre paredes.....	104
	4.6.4 Juntas de trabalho ou de controle	105
4.7	Caracterização da Interface com os demais Subsistemas	108
	4.7.1 Interface Alvenaria/Estrutura	109
	4.7.2 Interface Alvenaria/Esquadrias	113
	4.7.3 Interface Alvenaria/Instalações Hidráulico-Sanitárias.....	121
	4.7.4 Outras interfaces.....	125
4.8	Interface com o Meio	126
4.9	Interface com a Produção.....	127
	4.9.1 Organização do Canteiro de Obras	128
	4.9.2 Equipamentos para descarga e transporte dos componentes de alvenaria	129
	4.9.3 Definição do local para armazenagem dos componentes de alvenaria ..	129
	4.9.4 Definição da argamassa de assentamento e a forma de produção	130
	4.9.5 Preparo da Execução da Alvenaria e Controle de execução da estrutura.....	131
	4.9.6 Seqüência de execução das alvenarias do edifício	132
	4.9.7 Seqüência de atividades no pavimento	133

5	CONTEÚDO E PADRÃO DE APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS PARA A PRODUÇÃO DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO RACIONALIZADAS.....	135
5.1	Planta de Fiadas.....	136
5.2	Elevações de paredes.....	139
5.3	Detalhes construtivos das soluções típicas.....	143
	5.3.1 Detalhamento das situações atípicas	143
5.4	Especificações Técnicas Complementares.....	146
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
7	BIBLIOGRAFIA.....	157

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1: Origem das falhas de serviço em edifícios	50
TABELA 3.1: Exigências dos usuários segundo a ABNT.....	61
TABELA 3.2: Requisitos de desempenho estrutural - fatores a considerar: fachadas e divisórias internas.....	63
TABELA 3.3: Resultados de ensaios de resistência ao fogo de paredes construídas com materiais e técnicas nacionais.....	78
TABELA 3.4: Critério relativo à resistência ao fogo de elementos construtivos de compartimentação.....	79
TABELA 3.5: Índices Máximos de Propagação Superficial de Chamas.....	80
TABELA 3.6: Densidade Ótica de Fumaça Máxima.....	80
TABELA 4.1: Levantamento Preliminar de Dados Técnicos para o Anteprojeto de Produção de Alvenarias Racionalizadas.....	90
TABELA 4.2: Comprimento máximo dos painéis de alvenaria em função das características de parede.....	107
TABELA 4.3: Limites máximos de deslocamentos dos elementos de apoio de paredes de vedação e especificação da ligação pilar-alvenaria	111
TABELA 4.4: Parâmetros para o dimensionamento de vergas em painéis de alvenaria de blocos cerâmicos, até 8m.....	119
TABELA 4.5: Parâmetros para o dimensionamento de contravergas em painéis de alvenaria de blocos cerâmicos, até 8m.....	120
TABELA 4.6: Tolerâncias de não conformidade na execução da estrutura	132
TABELA 4.7: Diretrizes para definição da seqüência de serviços de alvenaria	133

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABCI	Associação Brasileira da Construção Industrializada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABNT/CBs	Comitês Técnicos
ABNT/CEs	Comissões de Estudo
ACI	American Institute of Concrete
AIA	American Institute of Architects
AsBEA	Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura
ASTM	America Society for Testing and Materials
BIA	Brick Institute of America
BNH	Banco Nacional da Habitação
BSI	British Standards Institution
BTC	Banco de Tecnologia Construtiva
CADD	Computer Aided Drawing Design
CPqDCC	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil
CREA	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
COBRACON	Comitê Brasileiro de Construção Civil
CSI	Construction Specification Institute
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CTSA	Classes de Transmissão de Som Aéreo
CTSI	Classes de Transmissão do Som do Impacto
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

FIP	Fundo de Incentivo à Pesquisa
GEPE-TGP	Grupo de Ensino e Pesquisa em Tecnologia e Gestão da Produção na Construção Civil (Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Brasileira
NCMA	National Concrete Masonry Association
ONSs	Organismos de Normalização Setorial
PCC	Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
PIB	Produto Interno Bruto
PUC Minas	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
WEB	World wide web

RESUMO

Este trabalho é resultado das investigações sobre as práticas de projetar e de construir predominantes no cenário atual da construção civil brasileira e discute as perspectivas de evolução tecnológica do setor, através da racionalização do processo construtivo tradicional de edifícios.

A partir do resgate e sistematização das informações acerca da evolução tecnológica das alvenarias de vedação, propõe a adoção de projetos voltados à sua produção racionalizada como estratégia para a otimização dos recursos materiais, humanos e energéticos investidos, além da minimização dos impactos ambientais negativos decorrentes das atividades produtivas da construção civil.

Além de propor as diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação, sugere a composição de um “banco de tecnologia construtiva” visando a sistematização e divulgação, para o meio técnico, de alternativas construtivas que contribuam para o aprimoramento do conteúdo dos projetos e ampliação de seu potencial como instrumento regulador da qualidade final do edifício.

ABSTRACT

This work is the result of the investigation on the most usual practices of architectural project and building techniques in the present scene of Brazilian civil construction. It discusses the perspectives of technological evolution for the sector, through the rationalization of traditional building processes.

From rescuing and systematizing information concerned to technological evolution of non structural walls, it discusses the adoption of projects directed to its rationalized production as a strategy towards the optimization of material, human and energy resources invested, as well as the diminution of the negative environmental impacts resultant from productive activities of civil construction.

Besides proposing guidelines for the project of non structural walls, it suggests creation of a "constructive technology database" aiming at the systematization and popularization, among technical practitioners, of constructive alternatives that would contribute for the qualitative improvement of projects as well as the magnifying of its potential as a regulating instrument of the final quality of the building.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

Tradicionalmente resistentes à modernização de seus meios de produção, as empresas construtoras brasileiras do setor de edificações vêm-se hoje pressionadas a investir continuamente na melhoria da qualidade de seus produtos e na evolução de seus processos de produção em busca de maior competitividade, como garantia de sobrevivência no mercado.

O consumidor final de seus produtos, embora venha se mostrando mais consciente de suas necessidades e mais exigente, em geral, não consegue aplicar a experiência adquirida na aquisição de um imóvel a outro. Não é como nas indústrias que fabricam produtos de vida limitada, “onde o ciclo de aquisição-uso-reaquisição de um novo produto se repete várias vezes na vida do comprador, o que origina uma experiência do usuário que repercute em uma exigência de qualidade” (Meseguer, 1991).

Meseguer (1991) também aponta como peculiaridades da indústria da construção seu caráter nômade, sem constância de matérias-primas e processos, com operários móveis passando por produtos fixos, consumindo muita mão-de-obra de baixa qualificação e, ainda, sendo produzidos expostos às intempéries.

Estas particularidades fazem com que a evolução do setor seja mais lenta do que a observada em outros setores da indústria.

No entanto, diversos fatores têm impulsionado as empresas construtoras do segmento de edificações a romperem com a estagnação, destacando-se a mudança de postura do consumidor brasileiro no exercício de seus direitos associada à atuação crescente das entidades de defesa do consumidor; as iniciativas de órgãos e associações de classe, como os SINDUSCONs, os CREAs, a AsBEA, a ABCP e outras entidades, organizando e orientando seus pares para que respondam às pressões dos consumidores; e à postura de órgãos governamentais que, utilizando-se de seu poder de compra, passam a exigir certificação da qualidade em licitações públicas; além do próprio poder de regulação do mercado, que exclui os competidores menos eficientes.

Meseguer (1991) afirma que, relativamente à construção de edifícios, “é opinião generalizada em todos os países que sua qualidade está, em termos médios, abaixo do que corresponderia a uma indústria de sua importância e do que desejariam os usuários”.

Por outro, exercendo uma pressão cuja repercussão vem se tornando cada vez mais significativa, os cidadãos, sobretudo os dos grandes centros urbanos, reclamam a minimização dos impactos ambientais gerados pela atividade industrial em todos os seus setores, inclusive o de construções.

Conforme salienta John (2001), “a cadeia produtiva da construção civil apresenta importantes impactos ambientais em todas as etapas de seu processo: extração de matérias-primas, produção de materiais, construção, uso e demolição. Qualquer sociedade seriamente preocupada com esta questão deve colocar o aperfeiçoamento da construção civil como prioridade”.

Segundo o autor, este impacto decorre de diversos fatores: o enorme peso do macrocomplexo da construção civil na economia (14% do PIB, no Brasil); o grande consumo de matérias-primas naturais sendo que, algumas dessas têm, em suas reservas, estoques bastante limitados ou esgotados próximo aos locais de sua aplicação, implicando no transporte de longas distâncias, com enormes consumos de energia, geração de poluentes e impactos negativos sobre a circulação urbana; o consumo de grandes quantidades de materiais com significativo conteúdo energético no seu processamento, como o alumínio, plástico e cobre, e que precisam ser transportados a grandes distâncias; a geração de resíduos, ruídos, poeira e poluentes industriais, presente em quase todas as suas atividades, desde a extração da matéria-prima, transporte, produção de materiais como cimento e concreto e a execução de atividades em canteiro; a produção de cimento e cal – materiais intensamente utilizados em nossas obras – envolve a calcinação do calcário, lançando grandes quantidades de CO₂ na atmosfera.

Além disto, a indústria da construção civil é, certamente, a maior geradora de resíduos de toda a sociedade, nas atividades de construção, manutenção e demolição, sendo que “parte significativa desses resíduos são depositados ilegalmente, acumula-

se nas cidades, gerando custos e agravando problemas urbanos, como enchentes e tráfego” (Pinto, 1999).

Neste cenário, medidas de racionalização que possam colaborar para reduzir o consumo e os desperdícios de recursos naturais, energéticos e humanos, a geração de ruídos, poeira e entulho, otimizar os recursos empregados na construção e conferir melhor desempenho e qualidade ao produto estarão contribuindo para um retorno social e ambiental mais condizente com os custos reais envolvidos em todo o processo produtivo da construção civil.

Sjörström, apud John (2001), propõe que a avaliação de desempenho de edifícios deve incorporar, necessariamente, a análise dos impactos ambientais decorrentes de sua produção, uso e manutenção. O conceito de durabilidade das edificações usualmente associado à manutenção de determinadas características ao longo da vida útil de um edifício, deve ser ampliado incluindo-se, na determinação desta propriedade, “(...) o tempo em que as atividades que implicaram em determinado impacto ambiental cumprem sua função social, minimizando o consumo de recursos, preservando a natureza e minimizando o impacto ambiental”.

A manifestação generalizada de problemas patológicos nas edificações contemporâneas tem determinado seu envelhecimento precoce, forçando os investidores ou proprietários a novos desembolsos e, às vezes, à demolição e substituição total do edifício antes que tenham sido resgatados todos os custos envolvidos em sua concretização, incluindo os ambientais.

As edificações produzidas pelo processo de produção construtivo tradicional¹ são predominantes no cenário da construção civil brasileira e seus processos, tanto construtivos quanto gerenciais e organizacionais, não favorecem a reversão dos fatores que têm configurado este desequilíbrio entre os investimentos na construção frente aos prejuízos e impactos causados. As alterações na estrutura organizacional e produtiva das empresas construtoras vêm ocorrendo, mas de forma lenta e abrangência restrita tanto geograficamente falando, quanto no âmbito da empresa.

¹ Foi adotado o conceito proposto por Sabbatini (1989): “Processos construtivos baseados na produção artesanal, com uso intensivo de mão-de-obra, baixa mecanização, com elevados desperdícios de mão-de-obra, material e tempo, dispersão e subjetividade nas decisões, descontinuidades e fragmentação da obra”.

Muitas iniciativas têm sido adotadas pelo mercado no sentido de trazer maior eficiência e produtividade para os serviços da construção civil. Estas iniciativas, para serem bem sucedidas, devem ser incorporadas e analisadas a partir de uma visão sistêmica de suas partes. A adoção de soluções parciais, sem a consideração do todo, pode acarretar o surgimento de problemas patológicos em intensidade e extensão que anularão todas as potenciais vantagens do emprego de processos construtivos racionalizados ou inovações tecnológicas em subsistemas do edifício (Franco, 1998).

A modernização tecnológica dos processos de produção da construção civil não se dará de forma radical, com a substituição integral e erradicação imediata e definitiva das técnicas características do processo tradicional. A evolução deve ser gradativa, passando pela racionalização da construção tradicional para, aos poucos, incorporar inovações tecnológicas, organizacionais, de gestão, de controle, segundo metodologias apropriadas à sua implantação.

Neste sentido, destaca-se a importância estratégica do subsistema vedações verticais na racionalização construtiva do processo de produção dos edifícios, estruturados em concreto armado. Como afirma Franco (1998), "além de condicionar fortemente o desempenho do edifício, sua posição, que possui interfaces com os revestimentos, esquadrias, instalações prediais, impermeabilização e estrutura, faz com que sua otimização seja fundamental para a racionalização do edifício como um todo (...) os ganhos advindos da racionalização da vedação vertical não são só obtidos na execução das paredes ou painéis, mas também em todos os subsistemas que lhe fazem interface. Estas interfaces, por outro lado, quando mal resolvidas são fontes constantes de desperdícios, retrabalhos e de problemas patológicos".

Por sua significativa participação nos edifícios convencionais, melhorar o desempenho das vedações verticais e de suas interfaces com os demais subsistemas tem-se mostrado uma estratégia adequada para melhorar o desempenho global do edifício.

Apesar de se constituírem na principal solução estrutural e de vedações verticais das edificações construídas no Brasil até a década de 20, as alvenarias foram progressivamente substituídas em suas funções estruturais pelo concreto armado e aço, passando a cumprir apenas a função de preenchimento dos vãos estruturais. Sua

utilização como elemento resistente ficou limitada a edificações de, no máximo, dois pavimentos até ao final da década de 60, quando seriam redescobertas em suas capacidades estruturais nos processos construtivos de alvenarias estruturais.

No início do século XX, com o processo de urbanização acelerada e verticalização das principais cidades brasileiras, a questão estrutural passou a ser fundamental, concentrando-se na produção das estruturas de concreto todo o interesse, desenvolvimento tecnológico e investimentos da engenharia de construções civis e urbanas.

No entanto, o progressivo descaso com o subsistema de vedações verticais deixou a descoberto outras importantes funções também cumpridas pelas tradicionais alvenarias, resultando – ao longo do tempo – no comprometimento do desempenho global das edificações e originando graves problemas patológicos, especialmente nas interfaces desse com os demais subsistemas construtivos do edifício.

Ainda que despojadas de sua função estrutural, as vedações verticais permaneceram com funções primordiais ao desempenho global do edifício, tais como isolamento dos ambientes e proteção contra a ação de agentes externos agressivos, suporte e transição para componentes de outros subsistemas, dentre outras e, para cumpri-las, precisam apresentar uma série de características que as capacite ao cumprimento desses requisitos. A observância dessas exigências, porém, não tem sido a prática usual.

Soma-se a isso, a evolução da tecnologia de produção das estruturas de concreto armado, que progressivamente vem disponibilizando para o mercado estruturas cada vez mais esbeltas, possibilitando vãos estruturais maiores a partir de elementos estruturais menores e com menor número de nós. Se comparadas às portentosas estruturas produzidas há mais de 20 anos, são estruturas com menor grau de rigidez e potencialmente mais deformáveis, com deformações induzidas maiores e, conseqüentemente, capazes de transmitir às vedações verticais maiores tensões. Como no Brasil a adoção dessas novidades pelas empresas construtoras, em geral, é feita sem uma visão sistêmica, seu efeito negativo têm-se evidenciado no desempenho insatisfatório das vedações verticais frente a solicitações para as quais não foram dimensionadas (Sabbatini, 1997).

Observa-se, pois, o agravamento progressivo dos problemas oriundos do equacionamento insatisfatório das variáveis intervenientes no desempenho do subsistema vedações verticais, gerando prejuízos incontáveis, sendo inquestionável a parcela de responsabilidade atribuída aos projetos executivos utilizados nas obras na conformação desse quadro. Comprometem a eficiência destes projetos a insuficiência de prescrições técnicas, especificações técnicas incongruentes ou conflitantes em documentos de obra distintos e, não raro, incorreções decorrentes do desconhecimento ou desconsideração da realidade dos canteiros de obras, das inúmeras influências físicas a que estão expostas as edificações e de seu comportamento ao longo do tempo.

Hillemeier apud Meseguer (1991) afirma serem produzidas mais falhas nos escritórios do que nas obras.

No Brasil, além da freqüente dissociação entre as atividades de projeto e as de produção, as decisões sobre as características dos materiais, componentes, técnicas, métodos e processos construtivos que comporão o “sistema” edifício são tomadas de forma estanque nas diversas instâncias decisórias da empresa. Como o desempenho global das edificações está intimamente dependente do correto equacionamento dessas variáveis, a qualidade final dos produtos será determinada pelo somatório – favorável ou não – das condicionantes eleitas como prioritárias. Infelizmente, nos principais centros urbanos brasileiros, mesmo um observador leigo pode concluir que o resultado dessa equação não tem assegurado os preceitos básicos da qualidade imprescindíveis ao edifício: segurança, salubridade, habitabilidade, durabilidade, economia e, de forma sintética, sustentabilidade.

Configura-se assim um cenário – ao mesmo tempo – desolador e promissor. De um lado, o reconhecimento do atraso tecnológico do setor, marginal e avesso, por quase meio século, à modernização de sua estrutura organizacional e produtiva e, por outro, a crescente necessidade de reversão desse quadro devido aos inúmeros prejuízos registrados na última década, inclusive na imagem institucional das empresas construtoras.

Promissor também parece ser o fato de que parte da comunidade técnica já está convencida de que essa reversão passa obrigatoriamente pela revisão do conceito de

projeto na produção dos edifícios e do papel de arquitetos e engenheiros como condutores desse processo que determinará a qualidade do produto. Trabalhos técnicos que corroboram esta visão podem ser fartamente encontrados nos Anais do Seminário Vedações Verticais promovido, em 1998, pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP e nos Anais do *workshop* Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, coordenado pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, em 2001.

Projetistas ou executores, os profissionais da construção civil têm desempenhado o papel de protagonistas da dicotomia que se instalou nas relações entre concepção e execução, projeto e produto. Esta polarização impõe aos profissionais destas áreas um distanciamento que transfere para a etapa de execução os problemas originados de incorreções técnicas nos projetos, circunscrevendo-os aos canteiros de obras. Se não solucionados esses problemas, são novamente transferidos, desta vez aos usuários, sem contribuir para a melhoria da qualidade de novos projetos, que voltam a apresentar as mesmas falhas e erros de concepção.

A incidência crescente de manifestações patológicas nas construções atuais e seus altos custos de correção denunciam a urgência de revisão e reversão deste quadro, o que pressupõe maior estreitamento entre as atividades de projeto e de execução dos edifícios, além de avaliações sistemáticas de seu desempenho ao longo do tempo, num processo contínuo de revisão e aperfeiçoamento simultâneo das práticas de projetar e de construir

1.2 Justificativa

Como salienta Sabbatini (1998), no Brasil, a indústria da construção civil não se utiliza, ou utiliza-se ainda muito timidamente, de projetos construtivos — projetos voltados à produção — que definam precisamente como produzir.

O planejamento dos empreendimentos baseia-se em parâmetros incorretos e dados irreais – também por ausência de projetos construtivos. Além disso, os métodos de gestão são incoerentes e pouco eficientes, não adotam ações sistemáticas de controle de processo que permitam a tomada de decisões gerenciais eficazes e no momento apropriado, conformando uma estrutura organizacional não propícia à condução do processo pela engenharia.

Tendo em vista a importância estratégica dos serviços de execução das alvenarias pela grande influência que exerce na execução de vários outros serviços, a introdução dos projetos voltados à sua produção, como forma de introdução dos conceitos e procedimentos da racionalização construtiva, pode ser um passo decisivo para a organização das atividades de projeto e de produção de um edifício e, por consequência, para a evolução de suas técnicas, métodos e processos construtivos, refletindo diretamente na estrutura organizacional da empresa como um todo.

Franco (1998) assinala que, apenas recentemente, as vedações verticais passaram a ser consideradas um assunto técnico e apenas por algumas empresas, principalmente em São Paulo. As decisões acerca deste subsistema sempre foram consideradas atribuições dos próprios executores que, no momento de sua atuação, não têm como dar respostas formuladas a partir de uma abordagem global e sistêmica da questão e das repercussões das alternativas encontradas.

Investir na racionalização tecnológica dos processos tradicionais, utilizando-se dos projetos para produção como uma ferramenta para a condução desse processo é uma diretriz que vem sendo perseguida desde 1988, pelo grupo de pesquisadores do GEPE-TGP, e adotada, pela primeira vez, no âmbito de um dos convênios Universidade-Empresa estabelecido pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP (PCC-USP) e uma construtora, à época atuante no mercado nacional.²

Estabeleceu-se como objetivo “desenvolver metodologias e procedimentos adequados à realidade das obras e que permitissem racionalizar as atividades construtivas e melhorar o desempenho dos edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional” (Barros, 1998).

Orientados pelos conceitos e diretrizes da racionalização construtiva e considerando a metodologia para o desenvolvimento de projetos de alvenarias estruturais, foram

² Convênio de Desenvolvimento Tecnológico para o Processo Construtivo Tradicional, firmado em 1988 através do GEPE – TGP: Grupo de Ensino e Pesquisa em Tecnologia e Gestão da Produção na Construção Civil do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP e uma grande empresa construtora que atuava, à época, no mercado de edifícios em inúmeras cidades brasileiras. A autora atuou como integrante no primeiro convênio celebrado e, em convênio subsequente, como coordenadora do projeto de pesquisa que resultou na elaboração das “Recomendações para o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria: procedimentos para elaboração e padrão de apresentação” (Sabbatini; Silva, 1991).

desenvolvidos e empregados, em obras da empresa conveniada, os primeiros projetos para a produção de alvenarias de vedação, coordenados e conduzidos por esta autora. Iniciou-se, assim, o processo de desenvolvimento da “alvenaria racionalizada” contrapondo-se à “alvenaria tradicional”, empregada até então.

Os estudos desenvolvidos posteriormente evoluíram para um conceito mais abrangente – de projetos para produção – que, além de envolver as ações especificamente voltadas para a atividade de projeto, propõe o estabelecimento de um plano de ação apoiado em diretrizes que permitam aumentar o nível de racionalização e diminuir o grau de variabilidade no processo de produção como um todo, abrangendo todos os setores envolvidos: projeto, suprimentos, recursos humanos, execução, controle de obras, uso e manutenção.

Dessa experiência pioneira e de outras que a ela se seguiram, pôde-se observar que a racionalização das alvenarias de vedação através da adoção do conceito de projetos para a produção resulta na redução de custos e melhoria da qualidade e desempenho não apenas do subsistema vedações verticais, mas também dos demais subsistemas do edifício que com ele possuem importantes interfaces tais como estruturas, instalações, esquadrias, revestimentos e impermeabilização.

Desde a perda de seu ‘status’ como solução estrutural, somente recentemente as alvenarias de vedação passaram a ser objeto de reflexão de pesquisadores, projetistas e construtores, sendo evidente a evolução tecnológica pela qual a vedação vertical passou e tem passado na última década, principalmente a partir do emprego dos projetos voltados à sua produção racionalizada.

Atualmente coexistem, no mercado, vários processos de produção de vedações verticais: processos de moldagem no próprio local e de montagem mecânica de componentes industrializados, processos com variados graus de industrialização, níveis de custo e com ampla diferenciação no desempenho funcional. Novas tecnologias para a produção de vedações verticais vêm sendo introduzidas no mercado e as alvenarias tradicionais vêm sendo utilizadas dentro dos novos conceitos de racionalização.

Apesar de não se constituírem, ainda, numa prática corrente e de emprego generalizado no Brasil, o meio técnico já reconhece os projetos voltados para a

produção como instrumento eficaz para a organização das atividades de produção, de racionalização construtiva e introdução de inovações tecnológicas e, em síntese, para a retomada do processo de produção de edifícios pela engenharia e garantia da qualidade do produto.

Ainda que não estejam sendo desenvolvidos e aplicados em toda a sua extensão, os projetos para produção das alvenarias de vedação, tal como vêm sendo adotados em São Paulo por diversas empresas construtoras, têm-se revelado um eficiente instrumento de coordenação das disciplinas de projeto, de compatibilização das informações técnicas oriundas das várias fontes intervenientes em empreendimentos dessa natureza e de integração das atividades de planejamento, projeto e produção, uma vez que conduz, sistemicamente, a observação do projetista para todos os pontos onde é freqüente o aparecimento de conflitos, incorreções ou dificuldades executivas.

O desenvolvimento de projetos para a produção exige, necessariamente, o contato do projetista com os meios de produção, seus materiais e técnicas construtivas, ferramentas e equipamentos e, sobretudo a aproximação entre projetistas e executores, possibilitando a percepção da capacidade e limitações da mão-de-obra e apontando diretrizes para seu aperfeiçoamento e formação profissionais plenos. Como constatado nos trabalhos de campo, a adoção do projeto para a produção das alvenarias de vedação tem contribuído para formar profissionais mais qualificados e conscientes de suas funções, além de, em muitos casos, iniciá-los na compreensão da linguagem técnica adotada nos projetos de obra. O formato e o conteúdo destes projetos devem propiciar ao executor concentrar-se em sua atividade de forma autônoma, orientado por especificações suficientemente claras, inclusive quanto ao processo de produção.

Além do aumento da produtividade e redução de desperdícios, o executor é valorizado profissionalmente e reconhecido como peça fundamental para a garantia da qualidade do processo e do produto.

Parece ser, portanto, um momento propício ao aprimoramento dessa ferramenta de reconhecido potencial transformador das práticas de projeto e de produção de edifícios.

O emprego do projeto para a produção de paredes de alvenarias de forma racionalizada poderá reabilitar esse processo que vem sendo, indevidamente, responsabilizado por todos os problemas decorrentes do equacionamento insatisfatório dos fatores intervenientes no processo de produção de edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional.

Cabe ainda registrar que as investigações desenvolvidas inicialmente no âmbito acadêmico e, posteriormente, apropriadas e aperfeiçoadas pelo mercado produtor demonstram um significativo avanço do conhecimento técnico relativamente às características dos materiais constituintes das paredes, seu comportamento frente às condições de uso, a influência das técnicas na qualidade do produto e seu desempenho futuro, a interferência mútua de todos esses fatores e a importância do projeto na especificação satisfatória do produto e de seu processo de produção.

No entanto, tais iniciativas e experimentos não estão registrados de forma sistematizada e acessível a consultas nem mesmo no âmbito das próprias empresas que os conduzem. Também não estão sendo avaliados quanto ao seu desempenho em uso e ao longo do tempo.

Não há registros de avaliações sistemáticas quanto às soluções construtivas adotadas pelos projetos, tais como eficiência, construtibilidade, custo, entre outros. Problemas já resolvidos em uma obra podem estar presentes em outras; alternativas diversas para um mesmo problema têm sido empregadas sem o apoio científico de pesquisas que assegurem a melhor opção.

Como decidir? Ferro-cabelo nas ligações alvenaria-pilar ou tela metálica? Juntas verticais vazias? Em que situações? Esses e diversos outros questionamentos seguramente levarão os profissionais do segmento a investirem no desenvolvimento tecnológico do setor, em parceria com as universidades e institutos de pesquisa mas, como sistematizar todo o conhecimento advindo da aplicação dos resultados de pesquisa na produção?

Melhado (1994) advoga que “o caminho para a evolução tecnológica passa pela estruturação de um banco de informações, disponível para utilização pelos projetistas (...) contendo: prescrições ou recomendações para a especificação de materiais e serviços, tipos e alternativas de detalhes construtivos, recomendações dimensionais na forma de malhas de modulação ou de índices geométricos a serem respeitados, dentre outros”. O autor considera fundamental como etapa inicial à evolução e aumento da competitividade de uma empresa construtora a adoção de um sistema de informações sobre tecnologia construtiva nos moldes descritos, sob a forma de um Banco de Tecnologia Construtiva (BTC), que registre sua memória construtiva.

Sabbatini (1998) destaca a importância de um sistema de informação no desenvolvimento de projetos de edifícios e a necessidade de uma sistemática de retroalimentação do processo, envolvendo a coleta, classificação e análise de informações advindas das operações de produção, destinadas ao uso pela gestão, controle e avaliação do processo.

Nesse sentido, o desenvolvimento de projetos voltados à produção de alvenarias de vedação associado à constituição e alimentação contínua de um Banco de Tecnologia Construtiva poderá contribuir significativamente para a evolução tecnológica de uma empresa construtora disponibilizando, para projetos futuros, alternativas para o detalhamento construtivo das situações que mais frequentemente têm prejudicado a produção e o desempenho das vedações verticais e a manifestação posterior de problemas patológicos.

1.3 Objetivos

Este trabalho visa contribuir para o aprimoramento dos projetos para produção de alvenarias de vedação por considerá-los estratégicos para a reaproximação das atividades e dos profissionais de projeto com os de execução. Para isto propõe a sistematização de diretrizes para o desenvolvimento desses projetos e, a composição de um “banco de tecnologia construtiva” onde os projetistas de alvenaria poderão fazer o registro continuado de soluções construtivas, não apenas daquelas empregadas em seus projetos, como outras de eficiência comprovada ou passíveis de avaliação, empregadas para a produção das vedações verticais de edifícios multipavimentos construídos pelo processo construtivo tradicional, no Brasil.

Pretende-se, assim, como objetivos específicos:

- Sistematizar as informações acerca dos materiais, técnicas, métodos e detalhes construtivos empregados no processo de produção das paredes de vedação em alvenaria de blocos cerâmicos e de concreto (destinados a edifícios com estruturas de concreto armado);
- Disponibilizar, para os projetos de produção de alvenarias, um repertório de alternativas para o detalhamento construtivo das situações que mais freqüentemente têm prejudicado a produção e o desempenho das vedações verticais e determinado, posteriormente, a manifestação de problemas patológicos;

Através do desenvolvimento deste trabalho espera-se contribuir para a evolução tecnológica do setor, buscando-se evidenciar a necessidade e urgência de revisão do conceito e do conteúdo dos projetos tradicionalmente remetidos às obras e da retomada do processo de projeto e de produção de edifícios pela engenharia.

1.4 Metodologia

Através do resgate da evolução tecnológica do processo construtivo convencional, foram sistematizadas as informações acerca dos materiais, técnicas, métodos e detalhamento construtivos empregados na produção de alvenarias de vedação, representativos das diversas “eras construtivas” da construção civil brasileira, visando sua aplicação à luz dos conhecimentos, exigências e condições atuais. Desta forma, será possível disponibilizar para os projetos de produção de alvenarias racionalizadas um repertório de alternativas para o detalhamento construtivo das situações que mais freqüentemente têm prejudicado o desempenho das vedações verticais, determinado a manifestação posterior de manifestações de patologias construtivas e comprometido a durabilidade do edifício como um todo.

Além da tentativa de sistematização das diretrizes para a elaboração dos projetos para a produção de alvenarias, perseguiu-se uma das orientações proposta por Melhado (1995), para a racionalização construtiva do processo construtivo tradicional: “efetuar a coleta e organização de informações que compõem um banco

de tecnologia construtiva, para consulta e orientação na seleção de alternativas para especificações e detalhes necessários à elaboração do projeto.”.

Partiu-se da premissa de que, com a aceitação, pelo meio técnico, do conceito de projeto para a produção como instrumento de racionalização construtiva, as maiores dificuldades para o desenvolvimento dos mesmos originar-se-ão da ausência de diretrizes metodológicas para o desenvolvimento dos mesmos e do restrito e insuficiente repertório de soluções técnicas aplicáveis às inúmeras situações a que os projetos deverão atender.

Assim, para a consecução dos objetivos expostos, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

1.4.1 Levantamento e revisão bibliográficos

Foram levantados e revisados documentos relativos a:

- materiais, técnicas, métodos e detalhes construtivos empregados na produção de paredes de alvenaria de vedações e também nos processos construtivos de alvenarias estruturais;
- manifestações patológicas no subsistema vedações verticais, suas origens, mecanismos de degradação e recursos de que dispõe o projeto para evitá-las;
- detalhamento construtivo: conceitos e metodologia de desenvolvimento;
- projetos para produção de alvenarias de vedação e de alvenarias estruturais: conceituação, metodologia, conteúdo e padrão de apresentação adotados;
- qualidade e desempenho de projetos, racionalização construtiva e construtibilidade;
- inovações tecnológicas na construção civil: experiências registradas e metodologia de implantação;
- impactos decorrentes da produção de edifícios pelo processo construtivo tradicional; e
- Banco de Dados: estrutura, organização e alimentação.

Durante o desenvolvimento dessa etapa do trabalho, optou-se por estender a investigação às alvenarias estruturais, objetivando correlacionar soluções clássicas ou inovadoras em uso nesse processo a situações similares identificadas nas alvenarias de vedação, principalmente soluções associadas à função de vedação, suporte de componentes de outros subsistemas e à garantia de conforto e proteção dos ambientes e de seus usuários, além de soluções construtivas para os pontos de conjugação de componentes de subsistemas distintos. Além disso, os processos construtivos em alvenaria estrutural exigem, sob pena de comprometimento de seu potencial construtivo, maior investimento na fase de concepção do que nos processos tradicionais, redundando sempre em maior racionalização construtiva.

1.4.2 Consulta aos arquivos do Convênio de Desenvolvimento Tecnológico Universidade-Empresa para Produção de Paredes de Vedação

Por ocasião do desenvolvimento dos projetos de pesquisa integrantes do Convênio EPUSP/ENCOL³ foram efetuadas diversas visitas aos canteiros de obras da empresa contratante, para registro dos materiais e técnicas executivas correntes, além de entrevistas aos profissionais envolvidos com o desenvolvimento de projetos arquitetônicos e complementares, profissionais diretamente ligados à produção nos canteiros de obras e fornecedores de materiais e serviços da empresa.

Buscava-se conhecer o estágio tecnológico em que se encontrava a empresa, na produção de edifícios, a partir do qual seriam estabelecidos os procedimentos para a racionalização dos serviços de execução de paredes de vedação em alvenarias de componentes cerâmicos, através de recomendações para o desenvolvimento dos projetos construtivos das paredes de vedação em alvenaria, procedimentos para elaboração e padrão de apresentação proposto para os mesmos.

O projeto desenvolveu-se durante o ano de 1990, tendo sido coordenado pela autora. Parte das informações levantadas nas diversas regionais da empresa no Brasil foram apresentadas sob a forma de relatórios parciais de atividades e um relatório final, entregue em fevereiro de 1991 (Sabbatini; Silva, 1991).

³ Convênio efetuado com o Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento na Construção civil do Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP e coordenado pelo Prof. Dr. Fernando Henrique Sabbatini.

No entanto, alguns registros de campo não foram incorporados a esse documento final ou por se referirem a situações peculiares de algumas obras ou por se constituírem em experimentações em estágio ainda inicial, não se prestando à aplicação generalizada às diversas realidades da empresa e ao objetivo geral do convênio, qual seja homogeneizar e padronizar procedimentos para o desenvolvimento de projetos e para a produção de alvenarias de vedação.

Para o presente trabalho, procedeu-se, pois, à consulta desses arquivos para a revisão, seleção e classificação de documentos produzidos no âmbito do convênio durante o desenvolvimento experimental de três projetos para a produção de alvenarias de vedação, em regionais distintas da empresa conveniada.

Os documentos levantados e produzidos para a elaboração destes projetos, denominados à época “projetos construtivos para paredes de vedação” foram revisados, tendo-se selecionado aqueles considerados de interesse para a constituição experimental de um Banco de Tecnologia Construtiva, principalmente no que se refere ao registro do estágio tecnológico da empresa, além das principais proposições contidas nos projetos experimentais, algumas já incorporando avaliações preliminares quanto ao seu desempenho frente às situações de produção ou de seu comportamento em uso.

1.4.3 Consulta aos arquivos do projeto de pesquisa FIP/PUC: “Detalhamento construtivo de alvenarias estruturais com utilização de modelagem tridimensional informatizada”

Este projeto de pesquisa, desenvolvido sob a coordenação da autora (Silva et al, 2000), objetivou discutir o conceito de projeto no processo de construção de edifícios na realidade brasileira atual, buscando analisar a real contribuição do projeto enquanto instrumento definidor e regulador da qualidade final do produto.

Para consecução de seus objetivos, o projeto pautou seu desenvolvimento inicial nos processos construtivos em alvenarias estruturais que, por seu histórico de racionalização, exigem para seu emprego maior investimento nas fases de concepção do que os processos convencionais. No decorrer da pesquisa, entretanto, foram também incorporadas informações relativas aos projetos para a produção de

alvenarias de vedação, devido à intensificação de seu emprego em obras, nos últimos três anos, principalmente, na cidade de São Paulo.

A proposição de utilização da modelagem tridimensional informatizada objetivou o incremento da qualidade do projeto devido à sua capacidade potencial de compatibilização de dados oriundos de diversas fontes, permitindo a visualização simultânea dos diversos subsistemas de uma edificação, indicando as interferências mútuas e, em tese, possibilitando ajustes mais ágeis e eficazes que nos processos desenvolvidos em duas dimensões (2D).

Para o estabelecimento do estado da arte relativo ao emprego de recursos informatizados no desenvolvimento de projetos de alvenarias estruturais e de vedações, foram selecionados e posteriormente contatados profissionais de projeto e empresas fornecedoras de componentes de alvenarias no universo de interesse delimitado para a pesquisa.

As informações técnicas obtidas através desses contatos foram reunidas e disponibilizadas para a consulta no Departamento de Arquitetura da PUC Minas e consistem de catálogos de produtos, caracterização de materiais e componentes, especificações técnicas e detalhes construtivos recomendados, exemplos de projetos executivos para produção de alvenarias de vedação e estruturais, questionários e entrevistas efetuadas a profissionais de engenharia e arquitetura, dentre outras.

Para o presente trabalho, foram selecionados diversos documentos técnicos constantes do banco de dados da PUC Minas e procedeu-se à complementação das informações, com a inclusão de novos fornecedores e/ou projetistas julgados de interesse, identificados no desenvolvimento das atividades iniciais desse plano.

1.4.4 Seleção de empresas construtoras e de escritórios de projeto

Foram selecionados, a partir das atividades 1.4.2 e 1.4.3, diversos escritórios de projetos e empresas construtoras envolvidos com o desenvolvimento e a utilização de projetos para a produção de alvenaria de vedações. A partir da seleção e contatos prévios com profissionais das empresas elencadas, foram visitadas diversas obras e escritórios com o intuito de se formar uma visão abrangente do universo de aplicação dos projetos para a produção para, após caracterizá-lo, restringi-lo de modo a

possibilitar o desenvolvimento dos trabalhos de campo que previam o acompanhamento particularizado das obras selecionadas.

Foram selecionadas seis obras: três obras que empregavam o componente cerâmico para a produção das paredes de vedação e outras três que empregavam os blocos de concreto, executadas por duas empresas construtoras distintas e com emprego de projetos desenvolvidos por dois escritórios.

A partir desse universo, que foi considerado representativo do estágio atual de racionalização do subsistema vedações verticais, efetuou-se a pesquisa de campo.

1.4.5 Pesquisa de Campo

Os trabalhos de campo procuraram registrar o conteúdo e a forma de apresentação dos projetos de alvenaria, as equipes e os procedimentos de execução, além do grau de compreensão e apropriação do projeto de alvenaria pelas equipes de produção.

Foram visitadas obras que utilizavam, para a produção das paredes de vedação, componentes cerâmicos (3) e de concreto (3), em diversas fases de sua execução, buscando-se evidenciar as especificidades determinadas pelo material nos procedimentos de execução das alvenarias.

As informações levantadas foram, posteriormente, analisadas e sistematizadas e estão apresentadas sob a forma de diretrizes para o desenvolvimento de projetos e também como exemplo de inserção de registros em banco de dados.

1.4.6 Entrevistas com profissionais de execução de alvenarias de vedação

Foram realizadas, nessa etapa do trabalho, entrevistas junto aos profissionais de canteiro envolvendo encarregados, coordenadores de equipes de produção de alvenarias e pedreiros diretamente envolvidos com a execução, buscando-se identificar o grau de apropriação dos projetos pela mão-de-obra e dos benefícios auferidos quanto à sua qualificação.

Estas informações são cruciais para a definição do padrão de apresentação dos projetos para a produção, visando à adequação entre a representação gráfica e a capacidade de compreensão apresentada pela mão-de-obra. São também fundamentais para a definição do conteúdo do projeto e do momento adequado para a

apresentação das informações técnicas ao canteiro de obras, evitando-se a apresentação de desenhos confusos, com excesso ou carência de informações, para uma determinada etapa da execução dos serviços de alvenaria.

1.4.7 Sistematização das informações contidas nos projetos de alvenaria e seleção das informações para inserção no banco de tecnologia

As informações levantadas foram sistematizadas segundo os seguintes aspectos:

- metodologia para desenvolvimento do projeto;
- conteúdo do projeto;
- caracterização do subsistema vedação vertical;
- caracterização dos componentes de alvenaria e de ligação (juntas);
- tecnologia de produção das paredes de vedação;
- formato e padrão de apresentação do projeto de alvenaria; e
- detalhes construtivos.

1.4.8 Sistematização das informações levantadas na pesquisa de campo

Essas informações foram processadas de modo a complementar as informações sistematizadas no item anterior, dando-se ênfase à aplicabilidade e obediência às prescrições técnicas contidas nos projetos de alvenaria durante as atividades de produção.

Os aspectos relativos à gestão da produção, tais como: organização do canteiro de obras, equipe de produção das alvenarias, condições para início dos serviços, seqüência das atividades de produção, técnicas executivas, equipamentos e ferramentas, controle de execução e de recebimento das alvenarias, dentre outras, foram também observados, tendo-se apresentado, no capítulo 5, a título de ilustração, documentos utilizados em obra para orientação e controle das atividades.

1.4.9 Classificação das informações técnicas e estruturação do banco de tecnologia construtiva para paredes de vedação em alvenarias

Nessa atividade, buscou-se o estabelecimento de classes para alocação das informações técnicas em um Banco de Tecnologia Construtiva, estruturado de modo

a facilitar a consulta por parte dos projetistas e possibilitar, posteriormente, ajustes em sua base de dados, “personalizando-o” segundo as especificidades de cada empresa produtora ou escritório de projetos.

Na fase de pesquisa bibliográfica, buscou-se conhecer as estruturas usuais de bancos de dados: organização de informações, alimentação de dados, consultas, bem como os softwares disponíveis para o gerenciamento de dados desta natureza.

Nessa etapa do trabalho, as informações foram classificadas e inseridas no banco sob a forma de textos, desenhos e imagens. A estrutura proposta para o banco permite sua retroalimentação constante, correções e adaptações de acordo com as necessidades de seus usuários.

Estabeleceu-se, portanto, sua estruturação básica para o cadastramento das soluções técnicas, identificadas ao longo dessa pesquisa, buscando-se caracterizá-las quanto à função, forma de aplicação, materiais e técnicas empregadas, problemas patológicos associados ao não cumprimento da função básica, implicações decorrentes de seu emprego e reflexos no processo de produção, dimensionamento básico, dentre outros.

1.5 Estrutura da Dissertação

A estrutura proposta para este trabalho reflete as convicções da autora quanto às possibilidades de resgate de nossa melhor tradição construtiva a partir da revisão do conceito e conteúdo dos projetos de obra.

A requalificação técnica dos projetistas poderá resultar em projetos mais condizentes com as potencialidades e limitações atuais da indústria da construção civil, evidenciando a urgência de investimentos no processo de produção de edifícios, concentrando-se os esforços para a formação e qualificação continuada da mão de obra diretamente envolvida com a execução, a fiscalização e o controle da qualidade nos canteiros de obra

O Capítulo 1 situa a indústria da construção civil no atual cenário econômico, sócio-ambiental e tecnológico do país, particularizando a participação dos processos construtivos em alvenaria, em geral e, mais especificamente, das alvenarias de vedação no contexto da produção contemporânea de edifícios.

A justificativa para a eleição do tema como objeto deste estudo é também apresentada neste capítulo e concentra-se na possibilidade de intervir-se na cadeia produtiva da indústria da construção civil, defendida por vários pesquisadores da área, contribuindo para a modernização do setor produtivo de edificações, a partir do aprimoramento de procedimentos para a elaboração dos projetos, para a execução e o controle do processo de produção das alvenarias de vedação .

Compõem, ainda, o Capítulo 1 os objetivos e a metodologia de trabalho adotada para concretizá-los.

O Capítulo 2 fornece subsídios à compreensão do processo histórico da produção das alvenarias no Brasil, buscando-se associá-lo à evolução do conceito de projeto no âmbito da construção civil, que resultou no estabelecimento da distinção, atualmente aceita pelo meio técnico, entre projeto do produto e projeto da produção. Nesse ponto, são explorados os aspectos particulares dos projetos para a produção de alvenarias de vedação, sobretudo as potencialidades e limitações percebidas em seu emprego atual.

O Capítulo 3 sintetiza, a partir de vários autores, as principais exigências de desempenho para o subsistema de vedações verticais, discute o comportamento das paredes de vedação frente aos diversos agentes a que estão, normalmente, expostas e alerta o projetista de alvenaria para os pontos críticos a serem observados durante o desenvolvimento do projeto, de modo a conferir ao subsistema, as propriedades necessárias para seu desempenho satisfatório, no edifício como um todo.

O Capítulo 4 apresenta as diretrizes para a elaboração de projetos de alvenarias de vedação, baseando-se na observação da prática de projeto dos escritórios analisados pela pesquisa e também na experiência da autora como pesquisadora ou integrante de equipes de projetos voltados à produção.

Este capítulo, que constitui o corpo principal do trabalho, busca sistematizar os procedimentos recomendados para o projeto, discutindo as condições necessárias ao início dos trabalhos, sua interação com as demais disciplinas e com as atividades de produção e as alternativas construtivas mais usuais para o detalhamento construtivo das paredes e das suas interfaces com demais subsistemas do edifício.

O Capítulo 5 apresenta o conteúdo e o padrão de apresentação dos projetos de alvenaria, em uso pelas empresas construtoras pesquisadas, destacando-se as particularidades observadas entre os projetos desenvolvidos atualmente por equipes distintas ou, mesmo, por uma mesma equipe quando atendendo a empresas diferentes, além de compará-los aos projetos desenvolvidos a partir da década de 90.

Nas considerações finais, Capítulo 6, apresentam-se as perspectivas vislumbradas pela autora para a continuidade dos trabalhos, dentro da linha de pesquisa investigada, destacando-se a urgência na constituição de um banco de Tecnologia Construtiva que possa contribuir para ampliar, de forma sistemática, o repertório de soluções técnicas aplicáveis às inúmeras situações a que o projeto deverá atender. É sugerida a estrutura de um banco de dados para o registro e avaliação contínua, por parte dos projetistas, não só das soluções por eles empregadas, como também de outras soluções presentes em edificações já construídas, ou apresentadas na literatura técnica de modo a contribuir para o aprimoramento de projetos futuros e facilitar a transmissão de conhecimentos entre profissionais da área.

2 PROJETO NO CONTEXTO DA PRODUÇÃO DAS ALVENARIAS

2.1 O processo de produção das alvenarias no Brasil

Os processos construtivos em alvenaria estão presentes ao longo de toda a história da formação das cidades brasileiras. Assumindo funções estruturais ou apenas cumprindo o papel de vedação no preenchimento de vãos estruturais, aparentes ou revestidas; constituídas por componentes de natureza diversa, processados de forma artesanal ou com alto grau de incorporação tecnológica; primorosamente executadas por mestres do ofício ou displicentemente entregues à mão-de-obra desqualificada como um serviço de menor importância, as alvenarias sempre se apresentaram como solução construtiva tanto na produção de edifícios destinados a usos diversos, quanto para a produção de sistemas de infra-estrutura urbana como contenções, pontes, aquedutos, galerias de águas pluviais, obras portuárias, entre outros.

É importante focar, ao longo dessa história, o reflexo da evolução do processo de produção de edifícios na conformação do cenário atual de produção das alvenarias de vedação em edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional, ou seja, “baseados na produção artesanal, com uso intensivo de mão-de-obra, baixa mecanização, com elevados desperdícios de mão-de-obra, material e tempo, dispersão e subjetividade nas decisões, descontinuidades e fragmentação da obra”, como propõe Sabbatini (1989). É, atualmente, o mais empregado no Brasil: edifícios com estrutura reticulada de concreto, vedações em alvenarias de componentes cerâmicos ou outros e revestimentos argamassados.

A partir dos registros de vários pesquisadores como Reis Filho (1978), Homem (1978), Vasconcelos (1979), Telles (1984) e Lemos (1985), é possível percorrer essa história destacando os aspectos particularmente marcantes na trajetória das alvenarias no que se refere a suas atribuições funcionais, materiais, técnicas construtivas e processo de produção.

No Brasil Colônia, registrou-se seu emprego tanto com a função conjunta de estrutura resistente e vedação dos edifícios – as alvenarias de pedra e de tijolos de barro cru ou queimados, quanto como elementos apenas de vedação para estruturas

AQUEDUTO DA CARIOCA (RJ) - 1744

Aquarela de Richard Bate - primeira metade do século XIX



FIG. 2.1a Aqueduto da Carioca: também conhecido como "Arcos da Lapa", foi construído em 1750 para trazer água do morro de Santa Teresa para o chafariz da Carioca e ligar o morro de Santa Teresa ao morro de Santo Antônio. Inteiramente edificado em alvenaria de pedra "consta de uma dupla fileira de arcadas, com 64 metros de altura e 270 metros de comprimento. Desativado no final do século XIX, o aqueduto ganhou trilhos para servir à ligação, por bonde, entre o centro da cidade e Santa Teresa. Por muitos anos, o crescimento desordenado da cidade escondeu a visão completa dos arcos. Com a reurbanização do largo da Lapa, retomou seu lugar de honra na paisagem."



FIG. 2.1b Lapa em 1858, com o Aqueduto da Carioca (concluído em 1750). À direita, o morro de Santa Teresa.

FONTE:

<http://www.becodogato.hpg.ig.com.br/rio08.htm>, acesso em 30 de abril de 2003.



FIG. 2.4a, 2.4b e 2.4c

Nesta edificação em Trancoso (Ba), a alvenaria de adobes é o vedo da estrutura de madeira. Observa-se o emprego de cunhais de madeira na periferia do edifício e na conformação dos vãos de portas e janelas. Uma peça horizontal arremata os painéis de alvenaria, amarrando o conjunto e distribuindo as cargas da cobertura.



produzidas em madeira, ou ainda em estruturas mistas onde as paredes eram constituídas de taipa de pilão ou adobe e os pilares e arcadas em alvenaria de pedra (Fig. 2.1).

No litoral, as alvenarias de pedra eram predominantes, enquanto que nas regiões onde a pedra era de difícil obtenção utilizava-se a taipa ou adobes com tijolos de barro cru, podendo conter fibras vegetais, esterco de curral ou sangue, rejuntados com argamassa de barro ou cal, como vedação em estruturas de madeira (Figuras 2.2 a 2.5)⁴. Registra-se, ainda, o uso misto de alvenarias de pedra e arremates de vãos com o emprego de tijolos cerâmicos maciços ou tijolos maciços no fechamento de estruturas de madeira. (Figuras 2.6 a 2.9)⁵



FIG. 2.2 Nesta ilustração, a estrutura de madeira tem, como fechamento, painéis confeccionados em taipa de sopapo, também conhecida como pau-a-pique. (Berilo/MG)

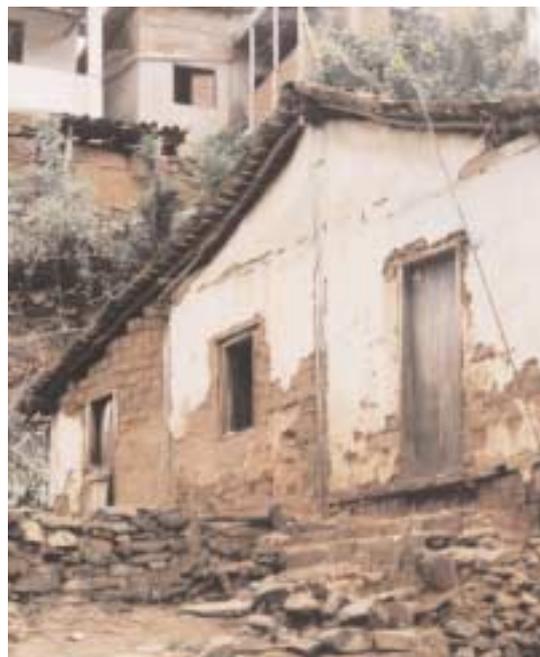


FIG. 2.3 Exemplo de emprego de estrutura de madeira e vedações em alvenarias de tijolos de barro cru - adobes, processo ainda hoje utilizado em pequenas cidades interioranas do Brasil (Berilo/MG)

⁴ As fotos cujos créditos não estão explicitamente indicados são da autora. As demais estão devidamente creditadas.

⁵ Os desenhos cujos créditos não estão explicitamente indicados são de autoria de Nilton Aizner, sobre fotos da autora. Os demais estão devidamente creditados.

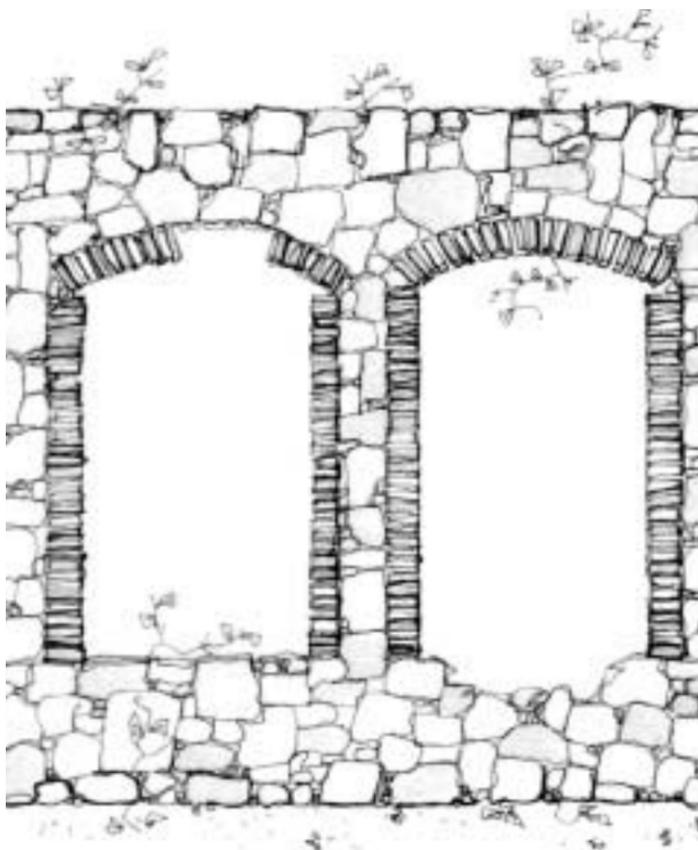


FIG. 2.8
Exemplo de utilização de tijolos maciços para a configuração e arremate de vãos em estrutura de alvenaria de pedra. Cananéia (SP).

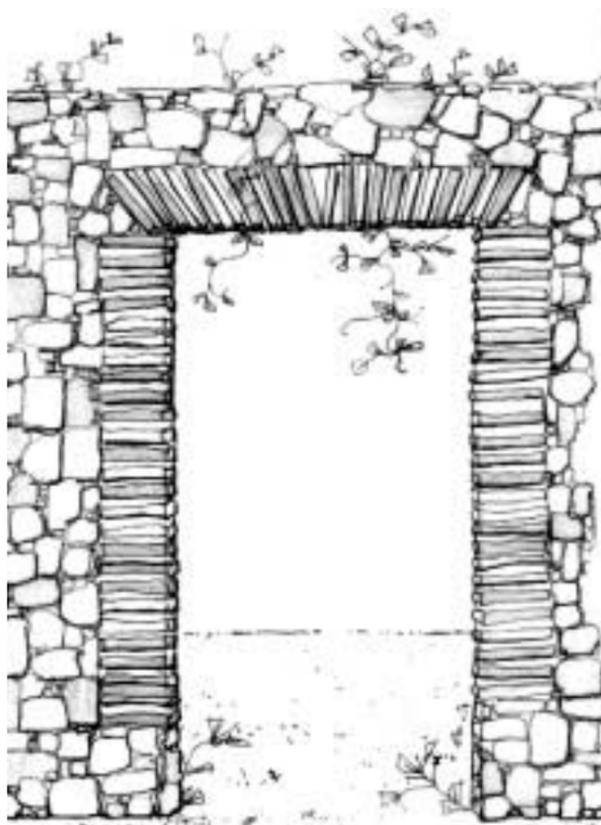


FIG. 2.9
Idem anterior - Ruínas fotografadas em Cananéia, 1989.



Foto: Roberto Eustáquio

FIG. 2.5a e 2.5b
Estrutura de madeira e vedação de alvenaria de tijolos de barro cru - adobes, na cidade do Serro/MG.



FIG. 2.6
Edificação em estrutura de madeira e vedações de tijolos maciços cerâmicos, no interior do Jardim Botânico/RJ.



FIG. 2.7
Vedação de estrutura de madeira com alvenaria de tijolos cerâmicos maciços assentados diagonalmente aos montantes de madeira, semelhante às aspas francesas (São Sebastião/SP).

COLÉGIO DO CARAÇA (MG) - 1820

Fundado em 1820 por dois lazaristas portugueses. Em 1968, um incêndio destruiu o edifício de três andares, o teatro e a biblioteca. A igreja e demais alas que compõem o conjunto permaneceram intactas. "Na época, as atividades do Colégio foram interrompidas e o local tornou-se um lugar de repouso e meditação. É aberto aos turistas interessados em conhecer sua história, além das belezas naturais da área". (<http://www.catasaltas.mg.gov.br>)



FIG. 2.10a *A intervenção nas áreas atingidas pelo incêndio (1984 a 1990), segundo projeto do arquiteto Rodrigo Meniconi, introduziu um novo organismo dentro das ruínas consolidadas, onde funcionam um Centro de convenções, biblioteca e museu.*



FIG. 2.10b
Vista lateral, com destaque para o sistema de arcadas que possibilitou a abertura de vãos sucessivos ao nível do térreo.



FIG. 2.10c
Detalhe do aparelho da alvenaria, composta por pedras de tamanhos variados, caprichosamente compostas.

As alvenarias de pedra construídas nesse período caracterizam-se por apresentarem paredes bastante espessas, caprichosamente compostas por pedras de tamanhos variados e rejuntadas com argamassa de barro ou de cal e areia. Outro aspecto característico é o emprego de arcadas e abóbadas para obtenção de vãos maiores e conformação das aberturas de portas e janelas (Figuras 2.10).

O emprego dos tijolos cerâmicos em edificações, apesar de pouco freqüente nesse período, aparece em algumas referências esparsas, destacando-se como as mais remotas: a Igreja da Misericórdia, em Porto Seguro na Bahia, em 1530, construída com alvenarias de pedra e de tijolos, e a matriz de Nossa Senhora da Conceição, em Manga, Minas Gerais, em 1670 com paredes com espessura de 150cm, integralmente construídas com tijolos cerâmicos maciços. No nordeste brasileiro, devido à influência dos holandeses, várias construções foram construídas com alvenaria de tijolos que aqui chegavam como lastro de navios.

Foi um período de grande estagnação no quadro das técnicas construtivas empregadas no país, com poucas mudanças e evoluções ao longo de aproximadamente 250 anos. Telles (1984) atribuiu o entrave do desenvolvimento tecnológico do Brasil Colônia basicamente a dois fatores: “proibição de instalação de indústrias e a economia baseada na escravidão, que tornava o trabalho uma atividade desprezível e desestimulava qualquer inovação técnica, devido à mão-de-obra abundante e aparentemente gratuita”, quadro que permaneceria durante quase todo o século XIX. Somente a partir da segunda metade desse século é que se generalizaria o emprego dos tijolos cerâmicos cumprindo as funções de estrutura e vedações dos edifícios e que alcançaria, até a década de 20 do século XX, um alto nível de realizações técnicas.

Esse desenvolvimento só foi possível a partir da conjugação de vários fatores que permitiram a mudança, não só no quadro de estagnação das técnicas construtivas, mas de toda a fisionomia do país: expansão cafeeira (que deslocou o eixo econômico do nordeste para o centro-sul), declínio da escravidão, imigração européia, aumento da taxa de urbanização, início da industrialização, importação de equipamentos, etc.

TEATRO MUNICIPAL DE SÃO PAULO - 1911

Durante as obras de restauração do edifício, em 1987, o subsolo do edifício foi desaterrado deixando visível parte de suas fundações. Estas, que originalmente destinavam-se apenas à captação e circulação de ar externo para ventilação do auditório, foram integradas à área útil do teatro, passando a abrigar espaços destinados ao funcionamento de bar, biblioteca e museu do teatro.



FIG. 2.11a



FIG. 2.11b

FIG. 2.11a e 2.11b *Fundações do edifício com emprego de pedras para a execução dos pilares e tijolos cerâmicos maciços para os arcos e abóbadas que conformam o sistema de vedação horizontal ao nível do piso do pavimento térreo.*

Segundo Lemos (1985), na cidade de São Paulo, a história da utilização do tijolo confunde-se com a própria história da sociedade paulistana enriquecida pelo café, instalando-se na cidade e exigindo, aos poucos, novos padrões de habitar e construir.

Sobre a substituição progressiva da taipa pela alvenaria de tijolos, ele sintetiza: “Surgiu o tijolo. Apareceu a alvenaria argamassada contrapondo-se à terra socada que, durante muito tempo ainda permaneceu como símbolo de segurança, de autenticidade paulista. É realmente bonita a história da suplantação da antiga arquitetura por novos partidos ligados à uma nova sociedade, dona de outros hábitos e costumes mesclados e de modernos critérios seletivos mercê de novos conhecimentos, novos códigos, novas leis. E fizeram uma cidade inteirinha de tijolos exatamente em cima da cidade velha da taipa.”.

Parafraseando o Prof Carlos Lemos, pode-se afirmar que a velocidade de substituição das edificações construídas em alvenaria por outras em concreto armado a partir da década de 30, levou à construção de ‘uma cidade inteirinha de concreto armado exatamente em cima da cidade velha dos tijolos’. Toledo (1983) explorou esta particularidade em seu livro “São Paulo: Três cidades em um século”.

Durante este período intenso de utilização, a alvenaria de tijolos foi executada sobretudo por imigrantes e se apoiava em regras práticas e no “saber-fazer” dos construtores e empreiteiros. Segundo Homem (1983), a sociedade paulistana evoluía do sistema patriarcal para o liberal, apresentando ainda “forte preconceito com o trabalhador braçal, mas já consciente da necessidade do trabalho livre”, viu chegarem os imigrantes (principalmente italianos) que, despojados, foram se embrenhando em todos os ramos onde a atividade ressentia de mão-de-obra: comércio, profissões liberais, artes e construção civil. Segundo a autora, os imigrantes eram, “em sua maioria, analfabetos, mas de nível superior à média de nossa população pela experiência técnica e artesanal que possuía.

O período que se estendeu de 1850 a 1920 é considerado o período áureo da alvenaria, cujos exemplares ainda hoje surpreendem pela primorosa execução, explicitando as potencialidades do processo construtivo e evidenciando os benefícios da experiência técnica e artesanal da mão-de-obra, composta principalmente por imigrantes (Figuras 2.11 a 2.29). A produção desse período é também marcada pela

ARCOS DO BEXIGA (São Paulo/SP) - 1874

Muro de contenção construído em alvenaria de tijolos cerâmicos, presumivelmente em 1874, para impedir que as enchentes do Anhangabaú de Cima e da Bica do Miguelzinho afetassem as casas da Rua da Assembléia. Estes arcos ficaram a descoberto durante as obras de demolição dos casarões da Rua Jandáia, por ordem do então prefeito Jânio Quadros, em maio de 1987, conforme notícia no Jornal Folha da Tarde, "Demolição dos sobrados".

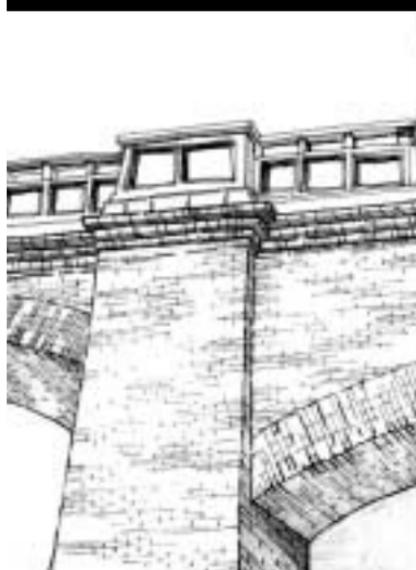


FIG. 2.12a
Detalhe do encontro de um dos pilares com duas vigas curvas.



FIG. 2.12b
Vista de um trecho do muro de contenção em fotografia tomada no dia seguinte à demolição dos sobrados ali existentes.



FIG. 2.12c
Vista dos arcos logo após a demolição dos casarões que abrigavam cortiços em estado de conservação bastante precário.

evolução tecnológica dos setores produtivos, com o início da produção da cal e da produção mecanizada de tijolos, o que possibilitou o aumento de precisão geométrica, com a redução dos erros de medida de decímetros para centímetros e, devido à uniformidade obtida na largura das paredes, a produção mecanizada de portas e janelas (Reis Filho, 1978)



FIG. 2.12d
Destaque para o encontro das contenções em alvenaria com contenções em concreto armado, no início do Viaduto Jaceguai.



FIG. 2.12e
Vista dos arcos após a demolição dos sobrados, obras de restauração e cercamento da área (Junho de 1998).



FIG. 2.13
Muro de arrimo no bairro Bela Vista (SP), executado para viabilizar a implantação de um conjunto residencial situado entre a Rua dos Franceses e a Rua Almirante Marques Leão. Segundo Toledo (1983) foi executado por empreiteiro espanhol. Data de execução não identificada.

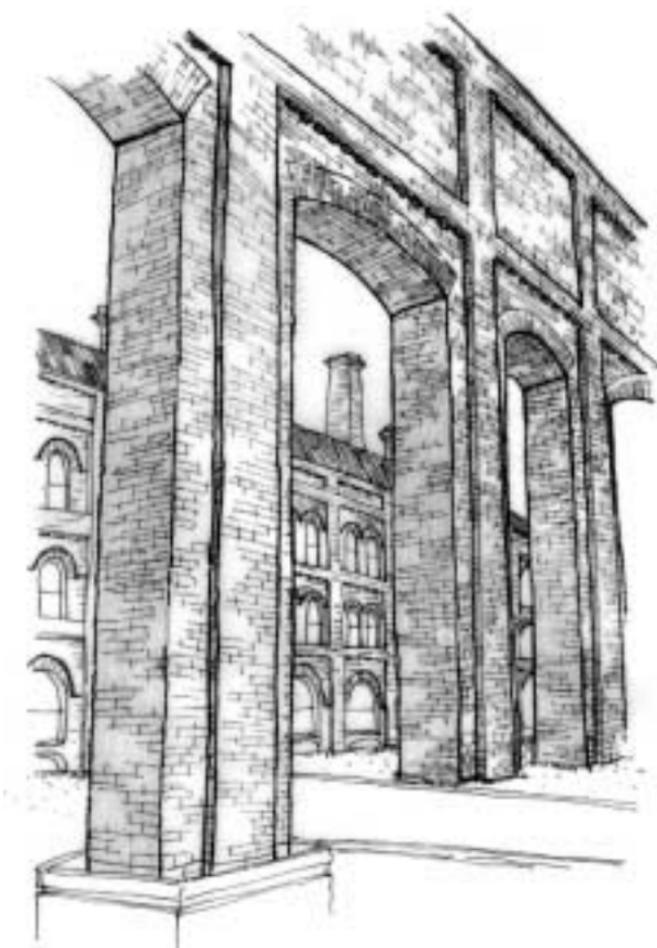


FIG. 2.14c

Muro frontal à Casa das Retortas, em arcos de alvenaria de tijolos, construído, por volta de 1910, para sustentação da estrutura metálica destinada ao transporte de carvão.

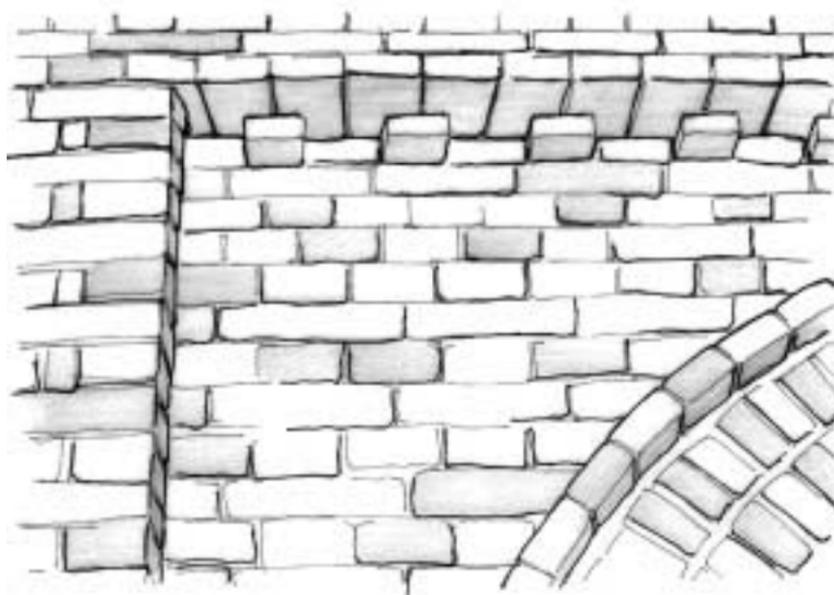


FIG. 2.14d

Detalhe da fachada, evidenciando a composição do sistema estrutural, com os pilares e vigas em alvenaria de tijolos cerâmicos ressaltados do plano das paredes e vigas curvas na conformação dos vãos de esquadrias.

EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

CASA DAS RETORTAS (São Paulo) / 1889

Edifício concluído em 1889 destinado a abrigar as atividades provenientes da ampliação da produção de gás em São Paulo.



FIG. 2.14a Vista parcial do conjunto preservado da Casa das Retortas, destacando-se no primeiro plano - dois vãos modulares constituíntes do extenso muro frontal existente enquadrando, ao fundo, a fachada lateral do edifício. Nesta construção, executada em alvenaria resistente de tijolos no estilo típico da arquitetura industrial inglesa, observa-se a concepção do sistema estrutural e de vedação do edifício, com pilares e vigas conformando uma retícula modular e os planos de paredes contraventando o conjunto.



FIG. 2.14b Vão modular que compõe a fachada do edifício. A solução evidencia a composição estrutural de cada módulo que se propaga horizontal e verticalmente. Observa-se, também, que os recuos nos planos da fachada, associados a componentes ressaltados conferem proteção ao plano das esquadrias.

FIG. 2.15a
CERVEJARIA
ANTÁRTICA
Situada no
bairro da
Mooca
(São Paulo).
Data não
identificada.



FIG. 2.15b
IDEM
ANTERIOR
Destaca-se o
emprego de
formas estruturais para
combater
esforços de
flexão.

EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS



FIG. 2.16a
Edifício industrial no bairro da Mooca (São Paulo). Data não identificada. Também neste exemplo observa-se a repetição de módulos para a composição da fachada.



FIG. 2.16b
Idem anterior. Detalhe da fachada do bloco administrativo.



FIG. 2.16c
Idem anterior. Detalhe de um dos módulos que compõe a fachada do edifício, destacando o uso de reforços metálicos para absorver esforços de flexão sobre o vão da esquadria.

FIG. 2.17a
Conjunto de chaminés preservado de antiga fábrica de cimento (Contagem - MG). A fábrica foi desativada e a área destinada ao Shopping Leroy-Merlin.



FIG. 2.17b
Detalhe do coroamento de uma das chaminés: destaque para o primor executivo da alvenaria.

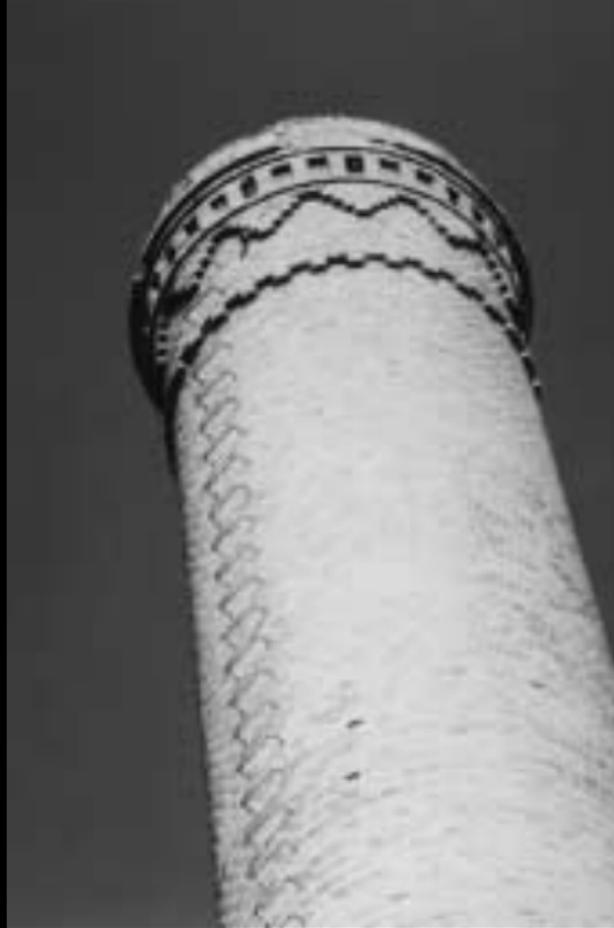




FIG. 2.18a *Edifício industrial - São Carlos (SP). Data não identificada.*



FIG. 2.18b *Idem anterior. Detalhe da articulação entre pilar, viga, parede de vedação e vergas e vãos de esquadrias.*



FIG. 2.19d
Destaque para o uso de vigas metálicas para obtenção de grandes vãos. Observar a conformação sobre a viga de um "arco de alívio" em alvenaria.

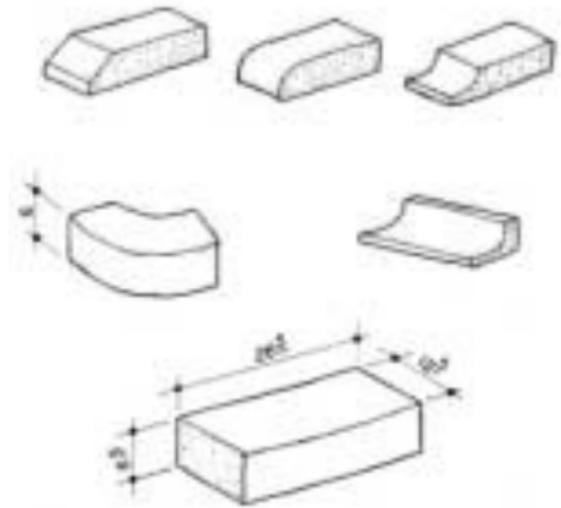


FIG. 2.19e
Exemplo da diversidade de componentes cerâmicos utilizados na produção das alvenarias.

PINACOTECA DO ESTADO DE SÃO PAULO: 1897

Projetado para abrigar o Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo.



Foto: Rodrigo Arlindo

FIG. 2.19a

Pinacoteca do Estado de São Paulo, antigo Liceu de Artes e Ofícios.



FIG. 2.19b

FIG. 2.19c

Segundo o guia dos BENS CULTURAIS ARQUITETÔNICOS DE SÃO PAULO (1984) "o prédio jamais foi concluído. Não recebeu a cúpula de proteção nem foi revestido. Aliás, é neste estado que deverá permanecer, atestando assim o alto grau técnico atingido na alvenaria de tijolos."

CASA PAROQUIAL DA IGREJA SÃO JOSÉ - BELO HORIZONTE/MG

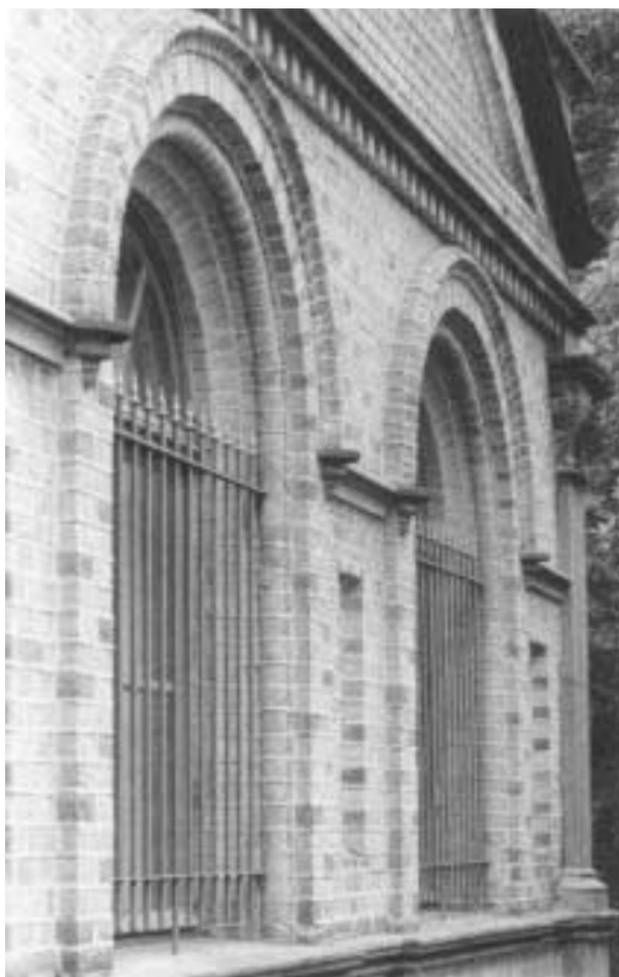


FIG. 2.20a
Detalhe da fachada da Casa Paroquial da Igreja de São José (BH): observar os ressaltos para proteção dos vãos de esquadrias, cuidadosamente compostos a partir de componentes cerâmicos maciços de formatos e dimensões variadas.

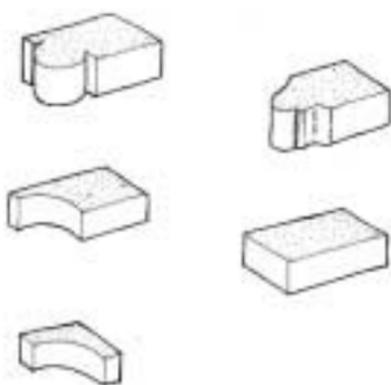


FIG. 2.20b
Diversificação de componentes cerâmicos para a composição do sistema.

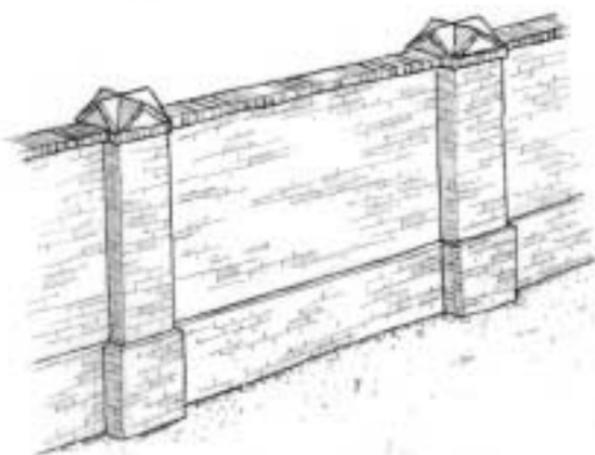


FIG. 2.20c
Muro divisório. Observar sistema de proteção de topo.

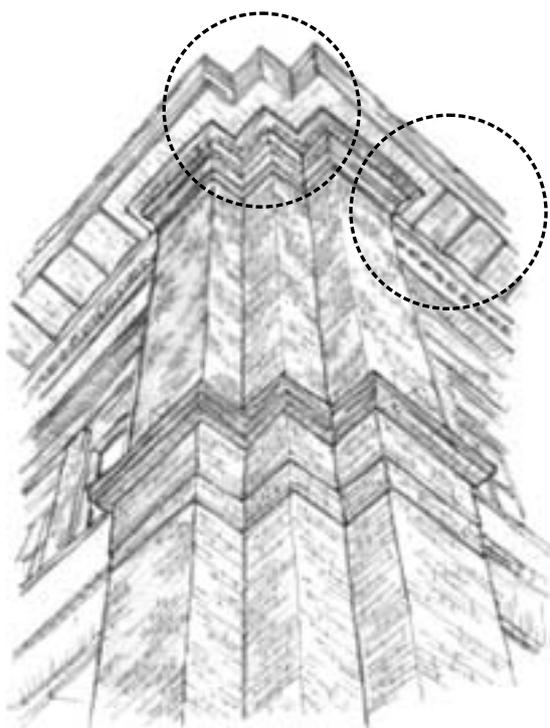


FIG. 2.19f
 Vista do cunhal do edifício formado pela associação de três pilares de alvenaria de tijolos cerâmicos.

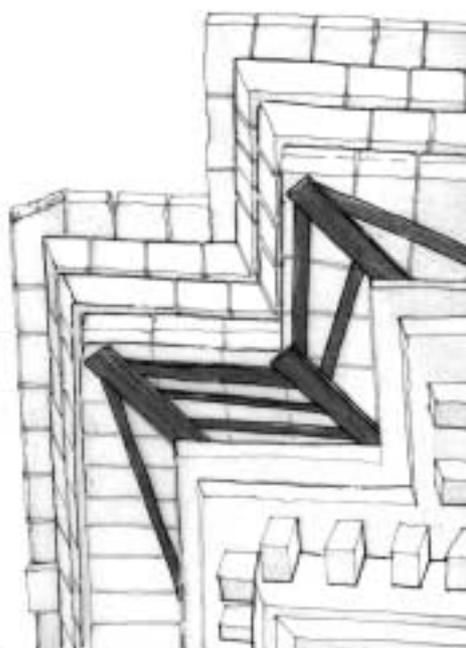


FIG. 2.19g
 Detalhe 1 da estruturação do beiral para conformação do beiral que circunda e protege todo o perímetro do edifício.

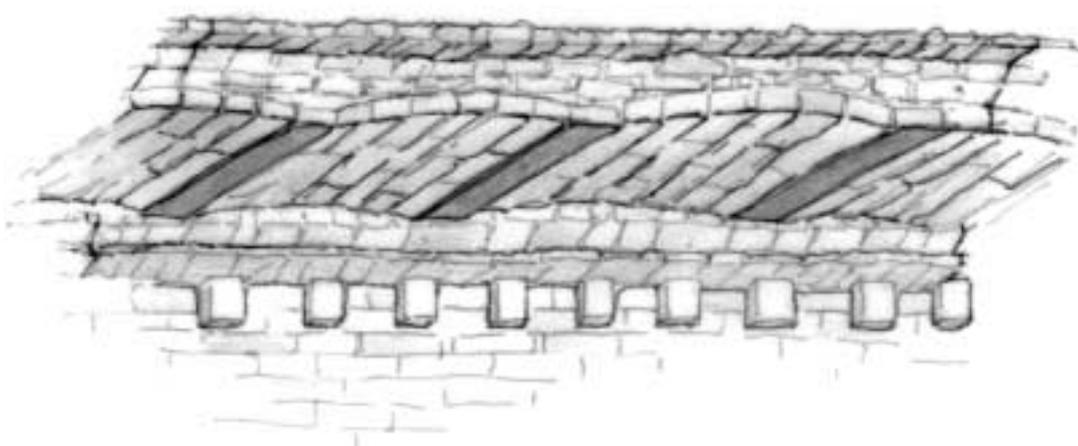


FIG. 2.19h
 Detalhe 2: o beiral do edifício é estruturado com vigas metálicas (perfil I) em balanço; os pequenos vãos horizontais determinados pelos perfis são vencidos por abobadilhas de tijolos cerâmicos.



FIG. 2.21

Jardim Marquesa de Ytu -Vila dos Ingleses - São Paulo/SP (Rua Mauá nos 836 a 842).

Segundo o Guia de Bens Tombados (São Paulo, 1984), "o conjunto apresenta curioso eclecismo, onde influências de arquitetura regional européia (evidenciados pelas empenas, águas furtadas e pelos tijolos aparentes) se combinam agradavelmente com telhas canal, sobrevergas abauladas e alpendres, divulgados pela arquitetura neocolonial brasileira.



FIG. 2.22

Sobrados em Pinheiros - São Paulo.

"O imigrante realizou aqui um tipo de casa dita de operário, de planta padrão, ampliada conforme as posses do cliente, com porão no alinhamento da rua e geminada (...) casas térreas e sobrados caiados de branco ou pintados de cores alegres, protegidos por beirais largos (...)" (Homem, 1983).

EDIFÍCIOS COMERCIAIS E DE SERVIÇOS



FIG. 2.23

Hotel Queluz - São Paulo. (Av. Casper Líbero, n°s 651 a 677 e Rua Mauá, n°s 438 a 446). Segundo o Guia de Bens Tombados (São Paulo, 1984), trata-se de um típico exemplar dos edifícios hoteleiros construídos na passagem ou na primeira década do século XX.



FIG. 2.24 *Hotel do Comércio - São Paulo*



REI DAS BATERIAS
Belo Horizonte/MG
Av. Brasil com Padre Marinho

Edifício abrigou, no passado, comér
e residência funcionando atualmente
apenas como comércio.

Data não identificada.

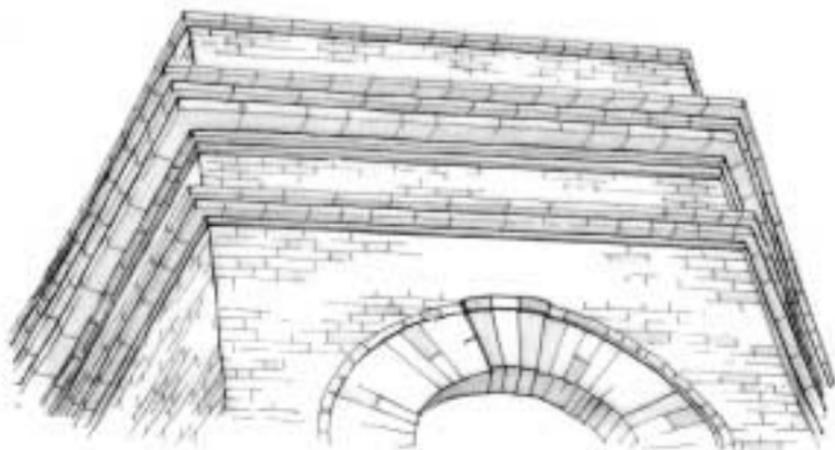


FIG. 2.25a



FIG. 2.25b

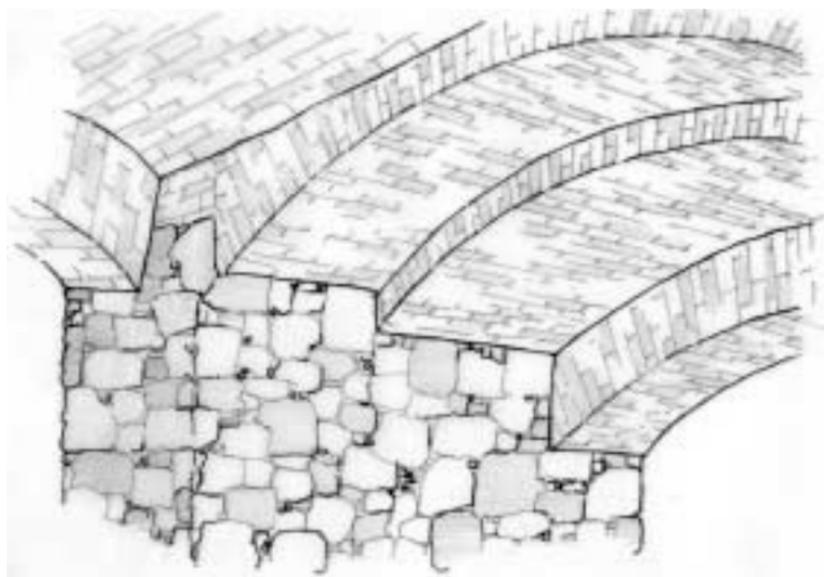
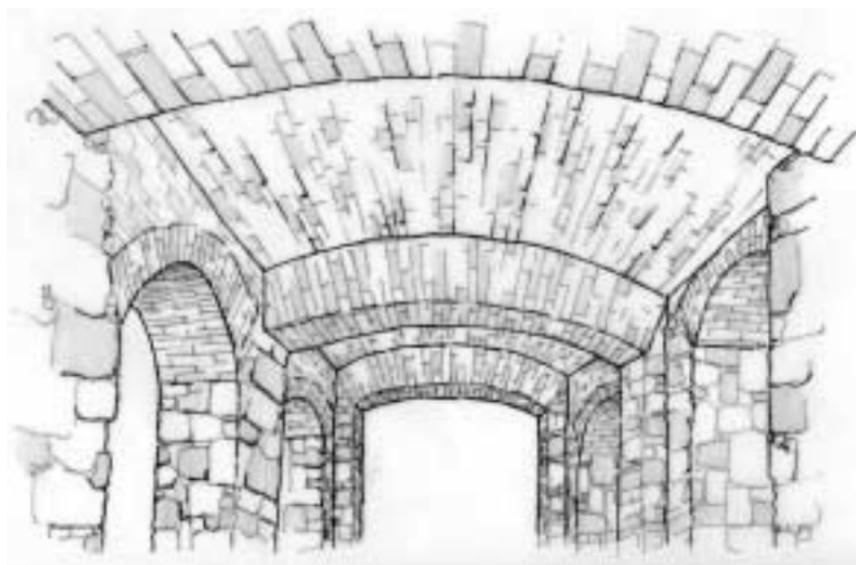
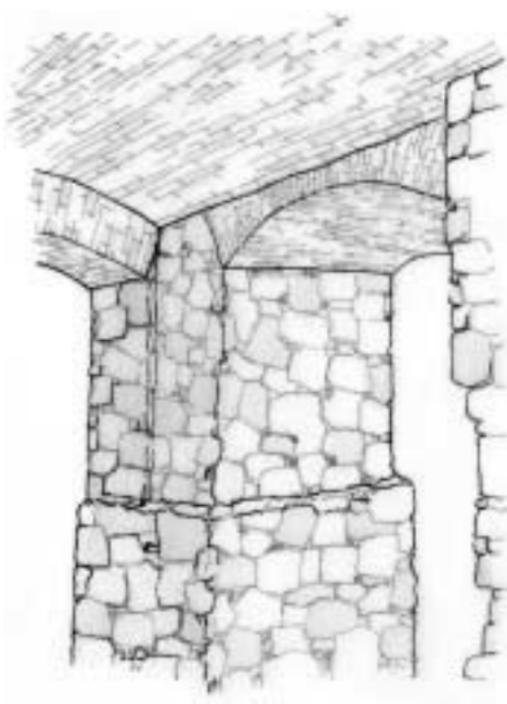


FIG. 2.29
SUBSOLO DO TEATRO MUNICIPAL DE SÃO PAULO

Na década de 90, as obras de restauração do Teatro revelaram suas fundações constituídas de alvenarias de pedra e de tijolos cerâmicos maciços. A imagem evidencia o sistema estrutural aporricado com os elementos - pilares, vigas e lajes - curvos. As lajes abobadadas conformam a vedação horizontal entre o nível do subsolo e o do Grande Salão do Teatro.



**FIG. 2.26**

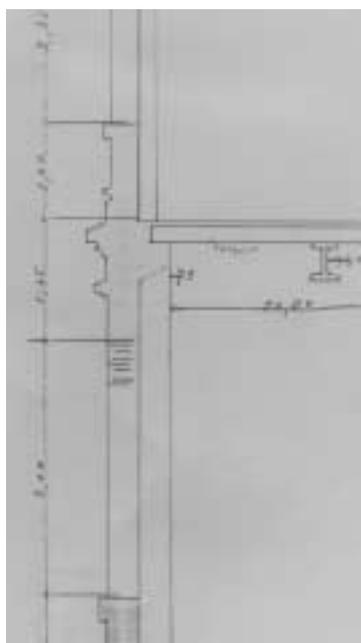
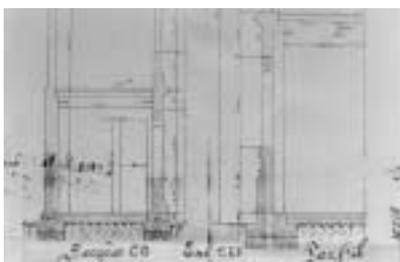
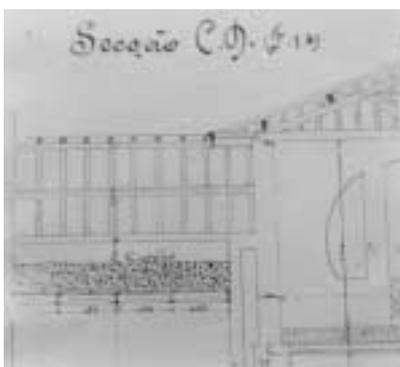
Solução construtiva para o subsistema de vedações horizontais, com emprego de perfis metálicos "I" no Edifício Ramos de Azevedo (Praça Coronel Fernando Prestes/SP).

O edifício foi projetado e construído para sediar a Escola Politécnica por Ramos de Azevedo, entre 1895 e 1896, que, à época, era professor da Escola. Segundo Homem (1983), no princípio de sua utilização

em São Paulo as estruturas metálicas eram usadas "com timidez, empregando-se trilhos inutilizados".

**FIG. 2.27**

Laje de forro do Edifício Central da Praça da Estação/BH, com uso de componentes metálicos como vigamento e componentes cerâmicos planos preenchendo os pequenos vãos conformados entre os perfis.

**FIG. 2.28**

Recortes em pranchas do projeto da Cervejaria Antártica em Belo Horizonte/MG, explicitando o sistema de vedação horizontal, com uso de vigas metálicas "I" e abobadilhas compostas a partir de componentes cerâmicos maciços planos.



FIG. 2.30a
*Estação da Luz -
São Paulo - 1900*



FIG. 2.30b
*Detalhe da estrutura
metálica no ponto
onde os pilares
começam a descrever
a curvatura da
cobertura.*



FIG. 2.30c
"Primeiro grande edifício a utilizar a estrutura metálica em São Paulo (...) foi inteiramente importada da Inglaterra pela 'São Paulo Railway', desde os tijolos até os parafusos tendo sido montada por técnicos vindos especialmente daquele país."
(Homem, 1983).

OBRAS URBANAS EM ESTRUTURA METÁLICA EM SÃO PAULO

As estruturas metálicas utilizadas nas primeiras experiências de construções urbanas de porte "não eram produzidas pela nossa indústria, mas importadas de preferência, da Inglaterra e da Bélgica" (Homem, 1983).



FIG.. 2.31 "O viaduto do Chá (1893), do litógrafo francês Jules Martin, foi a primeira obra urbana no gênero"



FIG. 2.32 Viaduto Santa Efigênia. "Em 1912-13, os italianos Giulio Micheli, arquiteto, e Giuseppe Chiapporri, engenheiro construíram o viaduto Santa Efigênia, com estrutura importada da Bélgica".



FIG. 2.33

EDIFÍCIO MARTINELLI - São Paulo (1922-1930).

"Ainda que a estrutura de concreto (...) seja revestida por tijolos, o edifício encontra-se no limiar de uma nova fase do crescimento vertical da cidade, que só se generaliza após os anos 40 (...). As obras funcionaram como verdadeiro laboratório e como escola para a mão-de-obra, tal a variedade de problemas que se propuseram. Realizavam-se testes no prédio em construção (...) utilizou-se ainda o laboratório da Escola Politécnica (...) recorreu-se à importação de materiais e equipamentos (...) para os cálculos, importou-se uma calculadora Mercedes da Alemanha (...)"
(Homem, 1983).

As primeiras décadas do séc. XX foram marcadas pela expansão urbana nos principais centros do país (Homem, 1983). Enquanto processava-se a expansão horizontal em direção às periferias das cidades, as primeiras manifestações de verticalização faziam-se presentes nos “centros velhos”, dada à concentração de atividades comerciais e à implantação dos serviços de transporte e comunicação. Com a valorização destas áreas, a intensificação da especulação imobiliária, o alargamento das vias segundo os conceitos higienistas e os novos gabaritos construtivos, a tendência à verticalização iria fortalecer-se nas décadas seguintes.

O tijolo, que no exemplo paulista, foi considerado material nobre em substituição à taipa, após ser intensamente utilizado em edifícios públicos, residenciais, industriais, comerciais e de serviços, obras de contenção, de abastecimento de água, igrejas, etc., a partir da década de 30, vai perdendo todas as suas atribuições como solução estrutural, restringindo-se ao preenchimento de vãos e a estruturas de pequeno porte.

As primeiras experiências em altura utilizaram-se das estruturas metálicas, sendo comum o aparecimento de edifícios de até seis andares. Também em estruturas metálicas, importadas da Bélgica e da Inglaterra, foram concretizadas as primeiras construções urbanas de grande porte como, em São Paulo, os viadutos do Chá (1893) e de Santa Efigênia (1912) e a Estação da Luz (1900).

Em paralelo, mas mais timidamente, difundia-se o concreto armado também se utilizando de materiais importados mas, ainda assim, resultando em estruturas mais econômicas que as metálicas. Com a I Guerra Mundial, a dificuldade de importações acelerou o processo de produção nacional de cimento e em 1926 instala-se a primeira indústria de cimento Portland no Brasil (Perus).

Segundo Homem (1983), ao iniciarem-se as primeiras experiências em altura, com a utilização do concreto armado (que prevaleceu sobre as estruturas metálicas devido ao seu custo inferior), mais uma vez a atuação do imigrante foi maciça e fundamental, entretanto insuficiente: “houve casos em que a mão-de-obra se formou na própria construção, como o Prédio Martinelli (...), primeira grande proposta em concreto armado, tanto em altura quanto em área construída”. Concebido pelo ‘capomastro’ italiano Giuseppe Martinelli que “não só descendia de uma família tradicional de pedreiros e empreiteiros como cursara a Escola Popular de Belas Artes

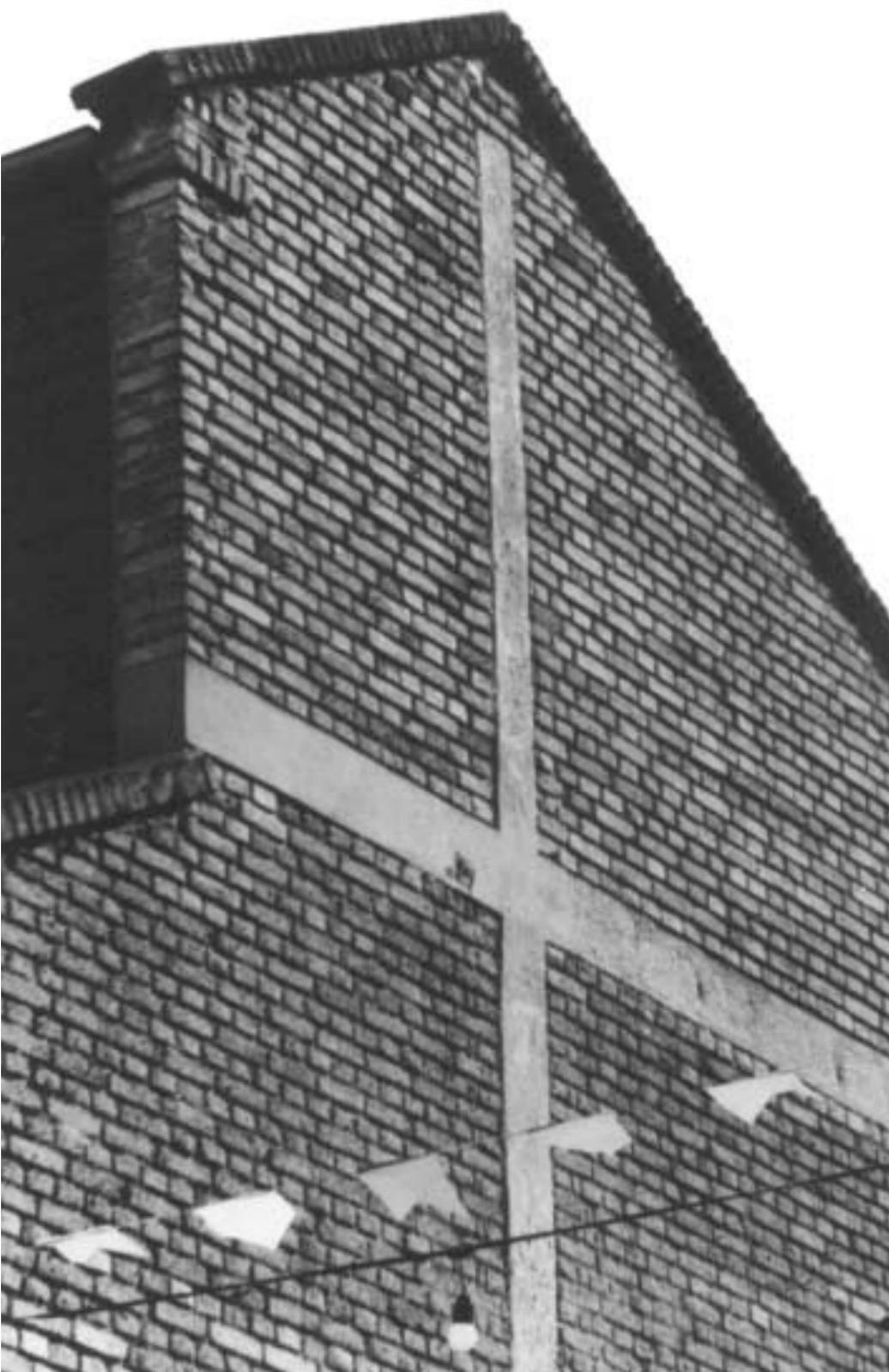


FIG. 2.34a

SESC POMPEIA - São Paulo /SP.

Centro cultural implantado em antiga fábrica pela arquiteta Lina Bo Bardi.

FIG. 2.34b
SESC-POMPÉIA - São Paulo/SP. Observa-se o uso da alvenaria associada a retículos estruturados em concreto armado. Em destaque, componentes do sistema de captação de águas pluviais.



FIG. 2.34c
SESC-POMPÉIA - São Paulo/SP. Construções desta natureza assinalam a transição entre os processos construtivos em alvenarias resistentes tradicionais e aqueles estruturados em concreto armado, onde as alvenarias assumem função exclusivamente de vedação.

em Luca, sua cidade natal (...) com freqüência deixava suas atividades empresariais para ensinar os operários a tratarem o cimento” (Homem, 1983).

Em 1930, o consumo do produto nacional já supera o importado. A partir daí, o emprego das estruturas de concreto predominaria até mesmo para estruturas mais singelas, como as residenciais de dois pavimentos. Também do ponto de vista acadêmico e da pesquisa científica e tecnológica, as alvenarias foram relegadas não sendo objeto da atenção dos profissionais da área até à década de 70, quando a introdução dos processos construtivos em alvenaria estrutural viria reabilitá-las ao cumprimento conjunto das funções estrutura e vedação.

Para esses processos, os avanços registrados desde então são notáveis e fartamente divulgados pela literatura técnica. Além da evidente evolução tecnológica das indústrias de materiais e equipamentos, considera-se dignos de destaque, os avanços alcançados a partir de maiores investimentos na etapa de projetos, na qualificação da mão-de-obra e nos procedimentos de controle da qualidade do projeto, do processo de produção e do produto.

No entanto, para as alvenarias de vedação, a década de 30 marcou o início de um período que estende-se até aos dias de hoje, de perda progressiva do rigor técnico e do domínio tecnológico conseguidos até então.

Relegadas à função de vedação e sistematicamente escamoteadas pelos revestimentos de argamassa seriam, cada vez mais, encaradas como serviço de menor importância e, portanto, passíveis de execução por mão-de-obra desqualificada e com o emprego de componentes, com a menor espessura tolerável, adquiridos no mercado pelo critério único do ‘menor preço’.

Princípios construtivos básicos, facilmente observáveis nas alvenarias resistentes tradicionais – prumo e alinhamento dos painéis de alvenaria, esquadro, nivelamento das fiadas e regularidade das juntas de assentamento – vão sendo progressivamente abandonados e a tradição construtiva, até então, preservada no interior das corporações de ofício pela transmissão de conhecimentos dos mestres de obras para seus aprendizes, vai-se perdendo junto com seus antigos construtores, dominantes do “saber fazer”.

As estruturas reticuladas de concreto armado e vedações em alvenaria de componentes cerâmicos maciços ou outros que surgiram no mercado ao longo desse período – tijolos cerâmicos de oito furos (1935), blocos de concreto celular autoclavado (1948), blocos vazados de concreto (1950) e os sílico-calcários (1974) (Barros, 1998) – passaram a predominar em todas as cidades em desenvolvimento, sendo atualmente reconhecido como o processo construtivo tradicional de edificações caracterizando-se, como já conceituado anteriormente, pelo uso intensivo de mão de obra desqualificada e pela baixa mecanização nas etapas de produção nos canteiros, resultando em elevados índices de desperdício (mão de obra, materiais, tempo e recursos energéticos), poluição e degradação ambiental.

O pior reflexo deste período, perceptível hoje nos canteiros de obra até mesmo em São Paulo e no sul do país, parece ser a perda progressiva (irreparável?) no domínio e primor técnicos que recaiu sobre a mão-de-obra da construção civil, deste que a qualidade executiva das alvenarias passou a ser irrelevante, dado ao seu papel de “coadjuvante” num cenário onde as grandes estrelas passaram a ser as estruturas de grande porte em concreto armado.

De profissionais respeitados, artesãos habilidosos e guardiões da “boa técnica de construir”, o enorme contingente presente atualmente em nossos canteiros são profissionais, em geral, de baixa ou nenhuma qualificação, baixa remuneração, baixa ou nenhuma estima social e pessoal.

A partir da adoção maciça do processo construtivo tradicional pelo setor de edificações, destaca-se apenas, como fator de alteração desse quadro, a criação do BNH em 1964 que buscou responder à demanda crescente de habitações nos grandes centros urbanos em um mercado praticamente paralisado pela falta de recursos financeiros. Essa demanda massiva proporcionou condições para a expansão do setor de edificações e dos setores produtores de materiais e componentes que se voltou para a industrialização e a pré-fabricação com uso de mecanização intensiva.

Esta expansão teve como pano de fundo, na década de 70 e início de 80, o chamado “milagre brasileiro”, período marcado, no plano econômico, pela facilitação dos acessos a financiamentos devido ao aquecimento do mercado por empréstimos estrangeiros e pela política de empregos que encontrou no setor da construção civil,

um campo favorável para a sua aplicação devido à sua grande capacidade de absorção de mão-de-obra não qualificada e à presumida independência em relação ao trabalhador qualificado alardeada pelos defensores de ‘sistemas construtivos inovadores’. Respalgadas pelas políticas oficiais de combate simultâneo às demandas habitacionais e de empregos nos grandes centros urbanos, as ‘tecnologias alternativas’ eram utilizadas para a produção de conjuntos habitacionais sem o crivo de qualquer avaliação técnica de desempenho (CETEC-MG, 1986).

Segundo Lima (1987) “é comum dizer-se que a construção demanda mão-de-obra não qualificada, da qual se exige não mais que força física. Essa afirmação, embora correta, é entretanto parcial. Em que pese a forte incidência do trabalho braçal na construção – fundamentalmente nas operações de transporte e processamento de materiais – esta tem uma relação proporcional com a demanda de trabalho qualificada”. A desconsideração desta dependência propiciou, em fins da década de 70, a proliferação de processos construtivos – principalmente para a produção de habitações “sociais” que incluíam no seu “rol de vantagens” prescindir de mão-de-obra qualificada.

Em crítica às políticas oficiais de incentivo à autoconstrução que surgiram no Brasil desde fins da década de 70, Lima (1987) afirma que “o trabalho da construção, ao contrário do que se pensa, depende de mão-de-obra qualificada, ou seja, que o trabalho qualificado é que regula a produção na construção (...) o nó produtivo das obras resta, portanto, nas mãos dos trabalhadores profissionais, isto é, o trabalho qualificado é que regula o volume de produção na construção”.

Como observa Farah (1988), no desenvolvimento do capitalismo, para quase todos os ramos da atividade produtiva, registra-se o deslocamento progressivo do controle do processo de trabalho para o capital, ou seja, para os detentores dos meios de produção. No entanto, com o foco voltado para a produção habitacional brasileira até o início da década de 80, a autora afirma que “esta passagem não se efetuou. A indústria da construção ainda mantém características de manufatura. A produção se organiza em torno de especializações, verdadeiros ofícios que requerem da mão-de-obra o domínio de um saber, de um ‘savoir-faire’ relativo a partes do processo produtivo global” e apresentando “(...) como contrapartida, a absorção de um

contingente de trabalhadores não-qualificados, cujo trabalho no canteiro de obras é essencialmente braçal, não requerendo o domínio do ‘savoir-faire’ controlado pelos oficiais, encarregados e mestres”.

Aponta a autora, portanto, para uma particularidade da indústria da construção civil frente a outras indústrias: ainda que nela perceba-se certo grau de “cientificação da produção, embutida nos projetos arquitetônico e complementares, os trabalhadores intervêm com sua experiência prática, traduzindo e adaptando os projetos na fase de execução (...), projetos estes que “indicam apenas a forma final do edifício ou as características técnicas de elementos da edificação, não descendo a detalhes da execução, nem estabelecendo prescrições relativas ao modo de executar e à sucessão das etapas de trabalho”. Para a autora, traço marcante desta estrutura produtiva revela-se por trás da expressão “tocar a obra”, função exercida por mestres e encarregados já que “os profissionais, engenheiro e arquiteto, a quem cabe a concepção científica do produto não têm, de um modo geral, domínio sobre a atividade concreta, sobre cada tarefa realizada no canteiro de obras”, sendo que o “engenheiro de obras”, exerce “um controle meramente administrativo de produção”.

Não obstante algumas iniciativas por parte do capital no sentido de formalizar o processo de aquisição do setor requerido pela atividade de construção, prevalece na formação do trabalhador o aprendizado estabelecido na relação direta entre oficiais e ajudantes: “através da iniciação e da colaboração direta na execução das tarefas, há nesse sistema uma transmissão por ‘empatia’, por ‘impregnação’ dos conhecimentos produtivos e da bagagem gestual, do trabalhador de ofício para seu ajudante. De uma certa forma, portanto, a relação da dupla oficial-ajudante de hoje é uma herança, uma reminiscência daquela entre mestre e aprendiz no passado...” (Lima, 1987).

Estas considerações respondem, em parte, pela defasagem organizacional, tecnológica e mesmo gerencial observável hoje na indústria da construção civil em relação aos demais setores produtivos da indústria e, principalmente, frente aos avanços em todas as áreas do conhecimento experimentados pela humanidade neste início de século XXI.

Além do controle precário exercido pelo capital sobre o trabalho, neste setor produtivo devido à forte participação do trabalhador no controle da produção, Farah

(1988) destaca ainda como fatores responsáveis pelo atraso do setor: a dependência da atividade com relação à terra e o longo período de rotação do capital investido na construção. Para a superação destes obstáculos, a indústria submete-se ao capital de promoção que assume a hegemonia no processo no qual, mais uma vez, os investimentos não são dirigidos à modernização e evolução do setor: “os lucros obtidos por atividades não produtivas acabam por subordinar o capital produtivo ao capital de promoção, desestimulando a busca de ganhos de produtividade, através de inovações técnicas ou da racionalização do processo de produção”. Para a indústria da construção civil, a autora exemplifica o enunciado: “face aos lucros obtidos com o terreno, qualquer redução de custo na produção propriamente dita, tende –no limite – a ser irrelevante.”

Somente com a recessão econômica, na década de 80, e a retração do mercado serão perceptíveis as iniciativas de introdução de mudanças organizacionais na indústria, quando “a racionalização da produção de edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional passa a ser uma das estratégias de ação das empresas construtoras para enfrentar a concorrência” (Barros, 1998).

2.2 Racionalização do processo construtivo tradicional: a experiência dos Convênios de Desenvolvimento Tecnológico Universidade-Empresa.

A racionalização do processo construtivo tradicional foi a diretriz básica para a concretização de um convênio de desenvolvimento tecnológico universidade-empresa⁶, objetivando desenvolver metodologias e procedimentos adequados à realidade das obras da empresa contratante e que permitissem racionalizar as atividades construtivas e melhorar o desempenho dos edifícios construídos por ela, em inúmeras cidades do país. O objeto da pesquisas eram as alvenarias de vedação e revestimentos argamassados de paredes, pisos e tetos e que consistiam, à época, a prática corrente da empresa que atuava, ao final dos anos 80, em todo o Brasil.

⁶ Convênio de Desenvolvimento Tecnológico para o Processo Construtivo Tradicional, firmado em 1988 entre o CPqDCC - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Construção Civil do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP com uma grande empresa construtora que atuava no mercado de edifícios em inúmeras cidades brasileiras.

A partir das experiências empreendidas nos canteiros de obras, produziu-se uma série de documentos contemplando temas muito pouco explorados pela literatura técnica, até então:

- Recomendações para definição, produção e execução de revestimentos de pisos – Doc.1F (Sabbatini et al., 1988a).
- Recomendações para construção de paredes de vedação em alvenaria – Doc.1D (Sabbatini et al, 1988b);
- Metodologia para o controle da qualidade e procedimentos para a caracterização dos componentes da alvenaria – Doc. 1B (Sabbatini et al, 1989a);
- Metodologia para o controle da qualidade e procedimentos para a caracterização dos materiais constituintes das argamassas – Doc. 1A (Sabbatini et al 1989b)
- Diretrizes para a produção e controle de dosagem das argamassas de assentamento e revestimento e recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes e tetos – Doc. 1C/E (Sabbatini et al, 1989c);

Nesse convênio, o documento relativo à construção das paredes de vedação, do qual a autora participou ativamente, abordou, sinteticamente: suas funções, principais propriedades e técnicas de execução e sugeriu a continuidade dos trabalhos através do desenvolvimento de novo projeto de pesquisa tendo por objeto o estabelecimento de diretrizes para a elaboração dos projetos das paredes de vedação, planejamento e controle da produção dessas.

Propunha-se, assim, intervir no processo de produção das alvenarias de vedação desde a fase de sua concepção, apontando-se a necessidade de incorporar, à etapa de projetos, procedimentos que pudessem conduzir as equipes de projetistas ao desenvolvimento de projetos executivos mais corretos quanto à suficiência de conteúdo e compatibilidade das informações técnicas.

Em 1990, o estabelecimento de uma metodologia aplicável ao desenvolvimento, apresentação e avaliação de projetos executivos para paredes de vedação em alvenaria para edifícios estruturados em concreto armado concretizou-se como objeto

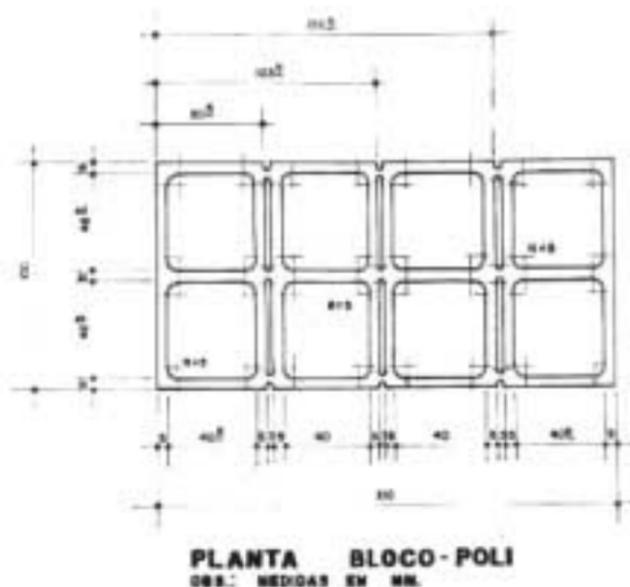


FIG. 2.35a BLOCO POLI

Componente cerâmico para alvenarias de vedação concebido e produzido experimentalmente em 1990 pela equipe do EP.EN-7. De seção quadrada (210x210 mm), seu assentamento poderia se dar tanto na horizontal quanto na vertical, ampliando as opções de projeto para seu emprego.

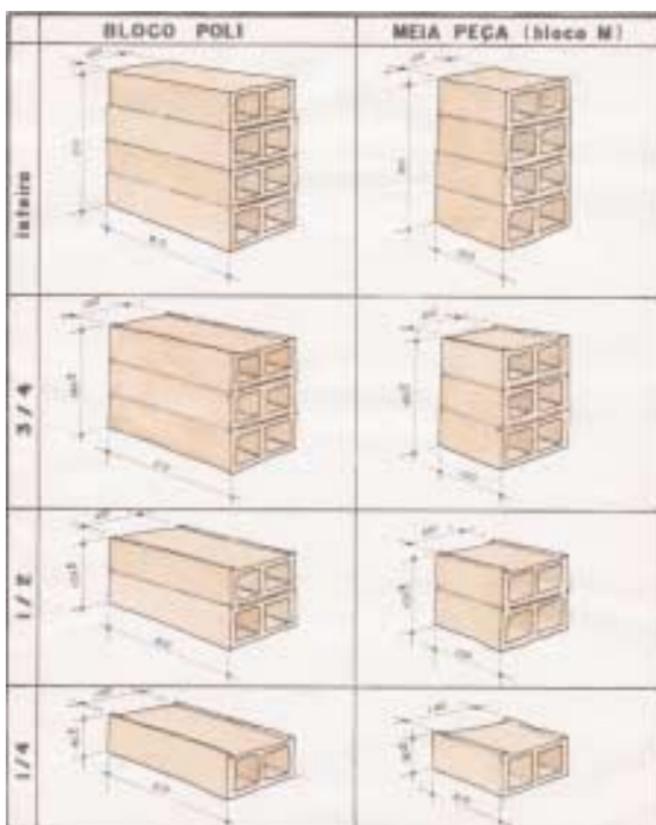


FIG. 2.35b

Quadro ilustrativo do processo de obtenção de submódulos a partir do componente inteiro ou do meio-bloco. Golpeando-se com a colher de pedreiro, nas seções de fragilidade induzida são obtidos os submódulos, sem geração de perdas.



FIG. 2.36b
Produção de Blocos Poli: antes e após a queima.



FIG. 2.36a
Boquilha para a produção dos componentes cerâmicos extrudados.



FIG. 2.36b



FIG. 2.37 *Bloco cerâmico seccionável produzido em escala comercial.*

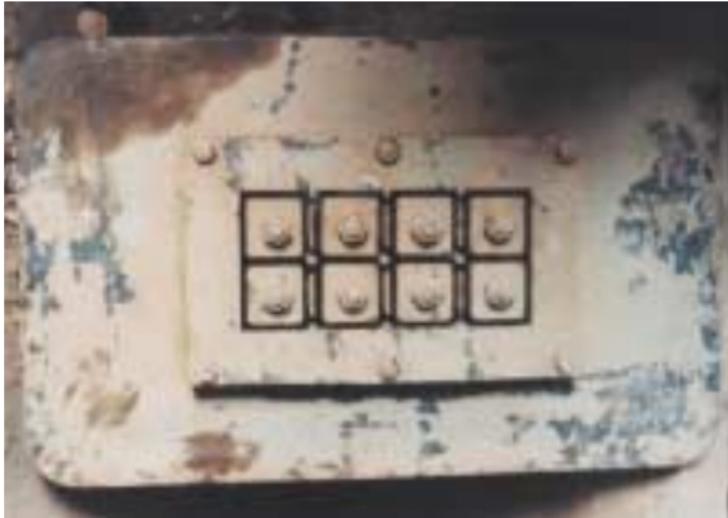
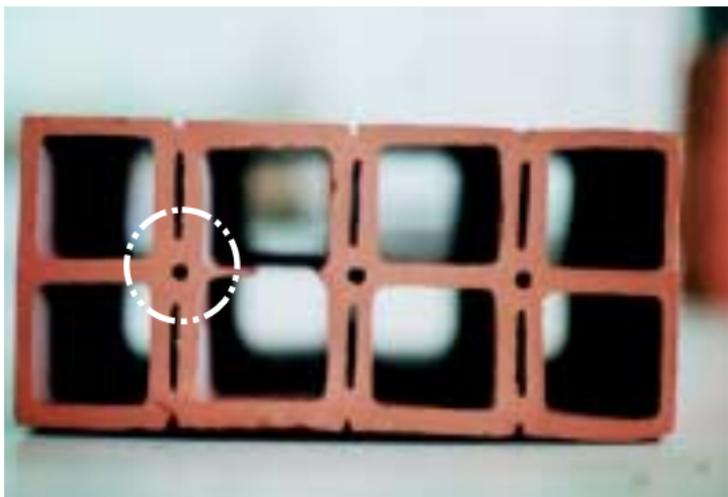


FIG. 2.38

Testemunho: o primeiro desenho do Bloco Poli foi reprovado pela irrefutável estabilidade das formas curvas.



de nova proposta de pesquisa apresentada à empresa conveniada (Convênio de Desenvolvimento Tecnológico EPUSP-ENCOL/7: EP-EN/7).

Buscando-se trabalhar em consonância com a realidade produtiva da empresa, que atuava à época em quase todo o território nacional, propôs-se o desenvolvimento piloto de três projetos executivos de alvenaria em obras de distintas cidades para que se pudesse também avaliar a influência de características regionais no processo.

Um produto relevante deste trabalho foi o desenvolvimento em escala experimental de um componente cerâmico especial para a produção das alvenarias, batizado de “Bloco Poli”. Dotado de seções de fragilidade induzida, podia ser facilmente seccionado com um golpe de colher de pedreiro gerando submódulos e facilitando o fechamento de vãos estruturais de quaisquer dimensões, ainda que não modulares, sem a geração de perdas e entulho (Figuras 2.35 a 2.42).

A partir da experiência prática, seriam também propostos os procedimentos metodológicos para a elaboração de projetos a serem contratados posteriormente, o padrão de apresentação e conteúdo destes projetos, além do estabelecimento de critérios para o controle da qualidade dos mesmos.

Durante essa experiência, enfrentou-se a resistência dos profissionais envolvidos no processo de produção, nas várias instâncias de decisão da empresa. Projetistas contratados, coordenadores de projeto da própria empresa, profissionais de canteiro e da administração, frente aos questionamentos suscitados pelo projeto de alvenaria ainda na fase de estudos preliminares, julgavam-nos prematuros, habituados à rotina de transferir definições essenciais ao desenvolvimento do processo de projeto para a fase de projetos executivos, quando não para os canteiros de obras.

No entanto, segundo avaliação da própria empresa, expressa em documento de circulação interna (ENCOL-DIPRO, s.d.), o processo e as práticas de projetar vigentes apresentavam sérias deficiências, sendo caracterizados da seguinte forma:

- “os projetistas trabalham num nível de integração abaixo do necessário e suficiente, o que resulta em projetos com muitos problemas de interação, que vão refletir negativamente no custo, no prazo, na qualidade e imagem da empresa junto ao cliente”;

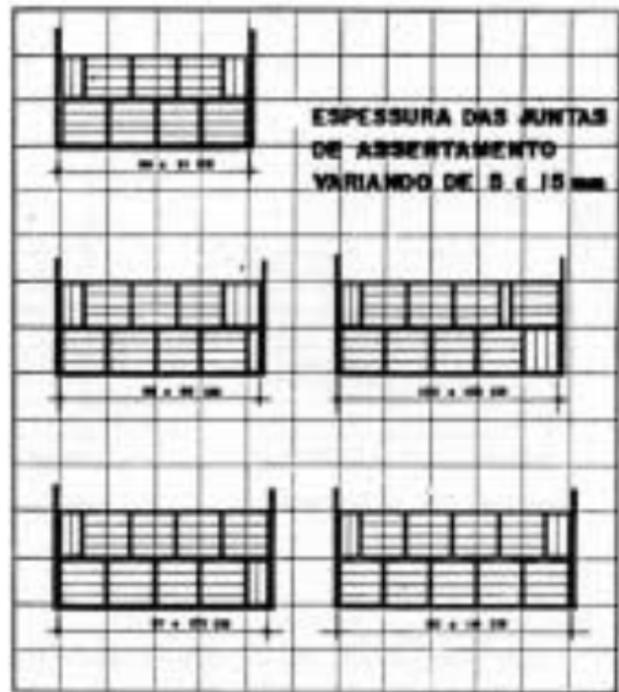


FIG. 2.39 Exemplos de arranjos possíveis com o Bloco Poli para a constituição de painéis de alvenaria. "O emprego do bloco Poli e de seus submódulos, associado às variações possíveis na espessura das juntas de assentamento permite preencher mais facilmente vãos estruturais e de alvenaria de quaisquer dimensões, ainda que estes não sejam modulares" (Sabbatini; Silva, 1991)

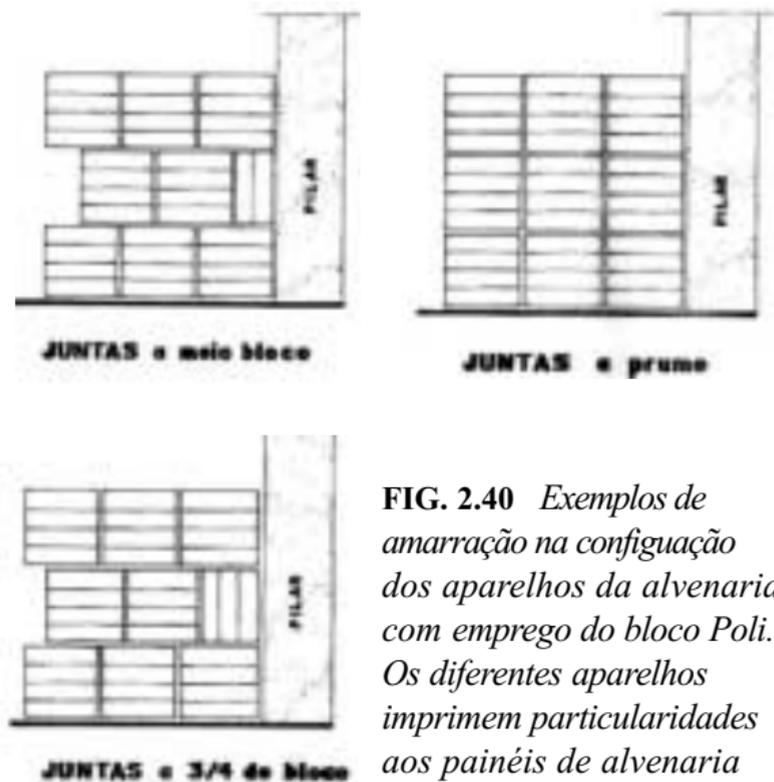


FIG. 2.40 Exemplos de amarração na configuração dos aparelhos da alvenaria, com emprego do bloco Poli. Os diferentes aparelhos imprimem particularidades aos painéis de alvenaria que devem ser avaliados pelo projetista.

- “os projetistas arrolam um número insuficiente de variáveis no processo decisório sobre projetos, o que caracteriza a postura estritamente técnica”;
- “as informações para a criação são incompletas e o processo de comunicação entre a empresa e o projetista, deficiente”;
- “os cronogramas de projetos, de execução da obra e de pagamento dos projetistas não estão compatibilizados entre si”;
- “a falta de padronização dos materiais de acabamento dificulta o processo de especificação e administração de materiais, onerando o custo final de construção”.

Diante dessa realidade e não obstante ter tido, inicialmente, sua utilidade questionada pela quase totalidade dos profissionais envolvidos na experiência piloto, o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria iria, em curto espaço de tempo, demonstrar seu potencial como instrumento de compatibilização das informações técnicas oriundas e dispersas nos vários documentos de obra, tais como projetos arquitetônicos e complementares, caderno de especificações, planilhas orçamentárias, cronogramas de obras e outros.

Além disto, os pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos experimentais, diante da necessidade de levantar informações adicionais para a viabilização dos projetos de alvenaria, mantinham um diálogo permanente, não só com o arquiteto projetista, quanto com os projetistas de estrutura e instalações, com os responsáveis pela produção e até com fabricantes e fornecedores de materiais e componentes, promovendo – de forma indireta – uma integração maior entre a equipe.

Como ressaltado por Novaes (1996), na fase de estudos preliminares, em que são lançadas as soluções básicas para cada projeto, a importância das reuniões “com vistas a compatibilização de soluções afins” é mais acentuada, “seja por propiciar, posteriormente, desenvolvimento harmônico do processo de projeto, pela possibilidade de identificação precoce de eventuais falhas ou incoerências entre soluções afins de projetos distintos, pelos menores custos incorridos, nesta fase, para as eventuais correções que se fizerem necessárias.”

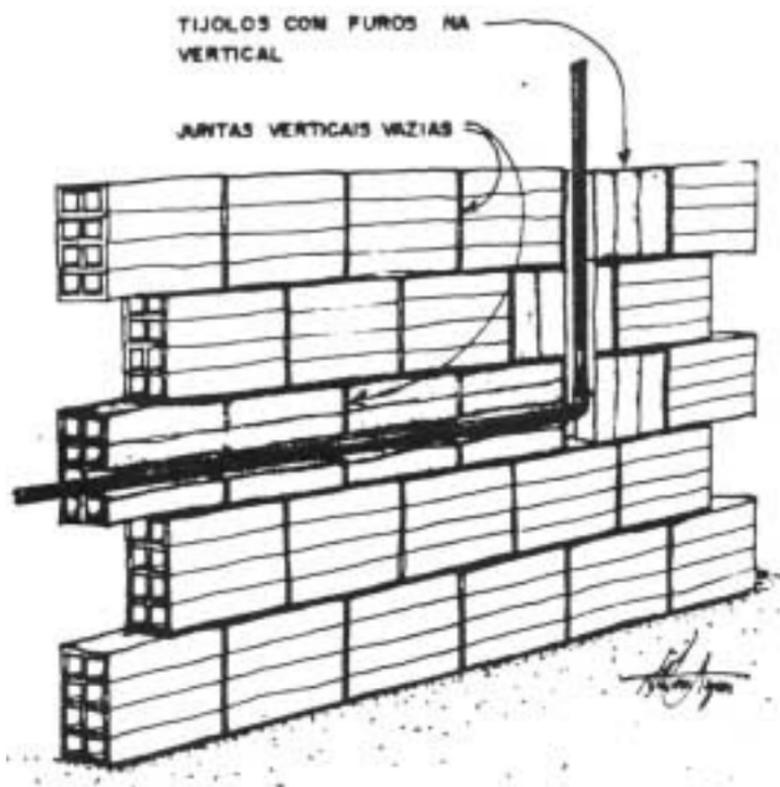


FIG 2.41
Exemplos de interação entre componentes dos subsistemas instalações hidráulicas e vedações verticais.

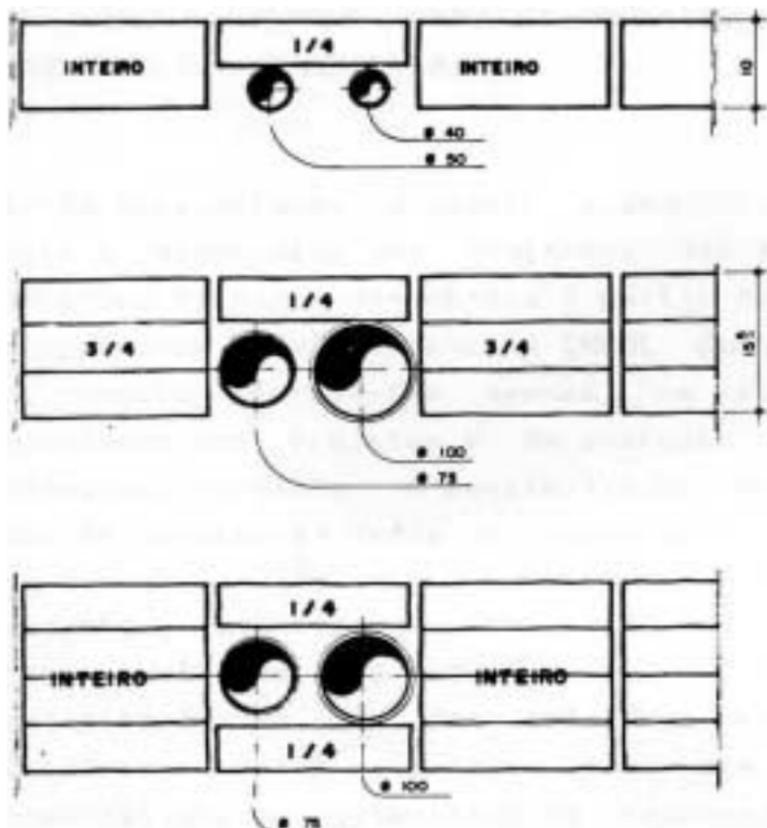


FIG 2.42
A interação entre componentes de subsistemas distintos deve resultar de uma concepção integrada para que o produto apresente-se como um sistema harmônico.

Nas reuniões para desenvolvimento dos projetos experimentais, um número significativo de questões, não detectadas através da metodologia para coordenação entre os projetos adotada pela empresa, era apontado pelo projeto de alvenaria.

Na medida em que se buscava caracterizar as paredes de alvenaria para a consecução do seu projeto construtivo, eram evidenciadas incompatibilidades entre exigências contidas em projetos distintos, ou insuficiência de informações, incongruências com o produto desejado, incorreções técnicas que, quase sempre, só seriam percebidas nos canteiros de obras, no momento da execução, ficando sua solução dependente da experiência e criatividade dos profissionais de obras e circunscrita ao canteiro de obras, ou seja, não contribuía para a retroalimentação do processo e para a melhoria da qualidade de novos projetos, que voltariam a apresentar as mesmas falhas e erros de concepção.

No relatório final, além de sugerir-se diretrizes para os projetos de alvenaria, buscou-se apresentar o conjunto de soluções adotadas nos projetos experimentais e, ainda, algumas soluções recomendadas pela bibliografia especializada. Com a inclusão dessas, objetivou-se evidenciar a necessidade de incorporar-se alternativas que, pela grande interferência na imagem final do produto, deveriam comparecer, mais apropriadamente, no anteprojeto arquitetônico, e não no projeto de alvenaria, tais como elementos de proteção de fachada (descontinuidades nos panos de fachada, dispositivos de descolamento da película d'água, peitoris, pingadeiras, etc.).

O conjunto de soluções apresentado pretendia, além de refletir o estágio tecnológico - "estado da arte" - da empresa, evidenciar e propor alternativas para as situações percebidas como prejudiciais ao processo de execução das alvenarias, além daquelas determinantes de manifestações patológicas posteriores.

Para as manifestações patológicas identificadas, buscou-se discutir seus agentes, mecanismos de formação e desenvolvimento e, principalmente, os recursos de projeto para evitá-las.

Como objetivo geral, estabeleceu-se o resgate, para as etapas de concepção, da responsabilidade pela correção técnica e exequibilidade das propostas enviadas aos canteiros de obra, dotando-os de instrumentos reguladores do processo de execução dos edifícios e definidores da qualidade final do produto.

A adoção dos projetos construtivos para as paredes de vedação funcionou, portanto, no primeiro momento, como instrumento de compatibilização e de coordenação não só entre os projetos arquitetônico e complementares e demais documentos de obra, mas também como elemento de integração entre a fase de concepção e a de produção, ao buscar incorporar soluções construtivas consoantes com a realidade dos canteiros.

Após a conclusão dos projetos-piloto e sua implantação parcial, as diretrizes foram consolidadas no documento intitulado: “Recomendações para o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria: procedimentos para elaboração e padrão de apresentação” (Sabbatini; Silva, 1991) e difundiram-se, posteriormente, no mercado principalmente através dos projetistas da empresa contratante que, como profissionais autônomos, passaram a desenvolver “projetos construtivos” – como denominados à época - para a produção de alvenarias de vedação para outras empresas construtoras. Desde então, diversas outras iniciativas visando a racionalização do processo construtivo tradicional foram efetivadas, estendendo a abordagem para outros subsistemas da edificação, como vedações horizontais, revestimentos e impermeabilização, cabendo destacar os convênios EPUSP/SCHAIN CURY (1994), EPUSP/SICAL (1994) e EPUSP/G5 (1995), que envolveu o repasse de tecnologia para um grupo organizado de pequenas e médias empresas construtoras.

Todos esses projetos contribuíram para a ampliação do conceito de projeto, agregando a eles atribuições relativas ao processo de produção do edifício e de suas partes, estabelecendo uma clara distinção entre projeto do produto e projeto da produção

2.3 O conceito de projetos voltados à produção

Tradicionalmente, os projetos que orientam a execução dos serviços nos canteiros de obras são conhecidos como projetos executivos. Constituem-se numa “edição” – revisada e ampliada – dos denominados projetos básicos. Estes são, em geral, a edição remetida aos órgãos competentes para apreciação. Na prática dos escritórios de projeto, é comum iniciarem-se as atividades de detalhamento construtivo que compõem os projetos executivos apenas após a aprovação dos projetos básicos ou,

caso os prazos para conclusão dos projetos e início das obras estejam comprimidos, simultaneamente à remessa destes projetos aos órgãos de aprovação. Os projetos executivos seriam as ordens de serviços remetidas às obras através das quais tornar-se-ia factível o objeto projetado. Pressupõe, portanto, um nível de informações clara e suficiente à consecução do produto.

Eichler (1977) utiliza-se da expressão “projetos de obra corretamente redigidos” para designar projetos que cumprem sua função reguladora do processo de produção até à consecução do produto conforme concebido.

Na última década, dado à rapidez sem precedentes históricos com que as mudanças tecnológicas têm-se processado, sobretudo na indústria de materiais, componentes e equipamentos para a construção civil, registra-se, entre os profissionais envolvidos nos processos de projeto e de produção de edifícios, uma maior especialização do conhecimento. Se, por um lado, esta tendência pode favorecer o incremento da qualidade do produto e assegurar o desempenho satisfatório de partes do edifício, por outro tem contribuído para a segmentação dos projetos de obras em inúmeros documentos técnicos, a princípio, estanques, segmentando também o domínio e controle do processo de produção e a própria visão global do produto.

Uma avaliação crítica desse processo de especialização profissional, efetuada por uma empresa construtora ainda na década de 90, classifica como vantajosa a formação de “profissionais com um denso e detalhado conhecimento dos assuntos a que se dedicam”, mas admite que “esse ganho de conhecimento específico tem provocado uma perda na visão mais global e sistêmica onde as questões de seu trabalho se inserem”(ENCOL-DIPRO, s.d).

A especialização de funções no processo de produção dos edifícios, embora indispensável à evolução do setor, não pode comprometer a concepção integrada de seus elementos constituintes, para que o produto apresente-se como um sistema harmônico.

Para Novaes (1996), esta condição só será alcançada a partir da “adoção de uma visão sistêmica do comportamento dos subsistemas de um edifício, através da

elaboração dos projetos para cada subsistema, e seus componentes, compatibilizada com as dos demais, em respeito às necessidades particulares de cada um e globais do edifício, visto como um organismo em funcionamento.” Além disto, o mesmo autor alerta que “a complexidade existente nas interações entre componentes dos vários subsistemas que compõem os elementos construtivos impõe que, nos momentos de concepção e elaboração dos projetos, sejam observadas outras exigências, relativas às atividades da produção”.

O mesmo autor, ao discutir o papel do projeto na produção de edifícios habitacionais, pesquisou o conceito de projeto na acepção de vários autores, particularizando o enfoque adotado por dois deles pois “além de relacionar arquitetura com a construção do objeto projetado, enfatiza a necessidade de observação de aspectos construtivos, durante a elaboração dos projetos”. Para Gama (1987) apud Novaes (1996), o projeto “é um conjunto de idéias, de hipóteses, de suposições, mas a arquitetura tem que se materializar, ela vale depois de construída.”, conceito este reforçado pela crença de Artigas (1989) apud Novaes (1996) de que “não existe arquitetura no papel, só existe arquitetura construída; sem construção é projeto e não arquitetura”.

Estes conceitos expressam o distanciamento atualmente observável entre projeto e produto no âmbito da produção de edifícios e freqüentemente manifesto nas próprias relações profissionais entre engenheiros e arquitetos e destes com os profissionais da produção, indicando a urgência de reconceituação do projeto, tanto em termos técnicos quanto estratégicos, para que estes possam efetivamente conduzir à produção de um objeto com as características expressas na concepção.

A freqüente e progressiva dissociação entre projeto e produção tem-se refletido na redução da eficácia do projeto enquanto instrumento para a condução do processo de produção dos edifícios.

Silva; Pereira Jr.; Santos (2001) observam que “o projeto tem-se esvaziado das questões afetas à sua própria materialidade (...) muitas das decisões que deveriam estar incorporadas na fase de projeto foram transferidas para a fase de construção dos edifícios e os aspectos materiais do construir, que deveriam orientar a idéia arquitetônica do edifício, estão fora das considerações de projeto”.

A banalização das funções dos projetos executivos, com a conseqüente desconsideração de prescrições técnicas neles contidas, sobretudo pelos profissionais de canteiro, é o reflexo imediato da transferência da instância de decisão sobre a materialidade do produto da fase de projetos para a fase de produção. Assim, “decisões relativas à exequibilidade do produto – ou seja, como, quando e com o quê fazer – são transferidas para o canteiro de obras, recaindo em uma prática onde mestres e encarregados de obra assumem responsabilidades incompatíveis com sua capacitação e função, e no momento inadequado” (Silva, Pereira Jr. & Santos, 2001).

O conteúdo dos projetos tradicionais, ordinariamente enviados às obras, não tem assegurado a consecução de um produto de qualidade presumível por insuficiência de dados ou mesmo por incorreções ou incongruências contidas nas prescrições técnicas. Além das dificuldades e prejuízos que pode representar para as fases de execução, um projeto mal redigido ou incompleto pode determinar o envelhecimento precoce das edificações através de manifestações patológicas que podem comprometer sua estabilidade ou condições de habitabilidade ou, no mínimo, representar gastos extras para sua reabilitação.

Segundo Meseguer (1991), o projeto é responsável, em média, por 40 a 45% pelas “falhas de serviço” em edifícios. Suas investigações, para comprovação desta afirmativa, foram estendidas a vários países e sistematizadas conforme a Tabela I.

TABELA I: Origem das falhas de serviço em edifícios (%)

	Bélgica	Reino Unido	R.F. Alemanha	Dinamarca	Romênia	Espanha	Média
Projeto	46-49	49	37	36	37	41	40-45
Execução	22	29	30	22	19	31	25-30
Materiais	15	11	14	25	22	13	15-20
Uso	8-9	10	11	9	11	11	10
Causas Naturais imprevisíveis						4	

FONTE: Meseguer, 1991.

Eichler (1977), estudioso dos problemas patológicos que afetam as construções, reconhece que parte das deficiências observadas pode ter sua origem associada à

qualidade da execução ou dos materiais, mas o autor opta por direcionar seus estudos para “os defeitos devidos ao projeto e que são para os edifícios como enfermidades herdadas desde o nascimento”.

Para o autor, a principal finalidade de sua obra: “*Patología de la Construcción, detalles constructivos*” é levar o leitor a reconhecer “a importância dos problemas físicos nos projetos de obra corretamente redigidos (...) e da íntima relação que deve existir entre a ciência e a prática”. Através do estudo de edificações construídas a partir de materiais e técnicas tradicionais ou contemporâneas, o autor busca evidenciar os erros mais frequentes e as regras que podem ser deduzidas a partir da observação e estudo das condições de ocorrência de determinado evento e considera “suma responsabilidade” do arquiteto ao redigir seus projetos, o conhecimento e a consideração dos processos físicos que afetam as construções como forma de evitar equívocos e prejuízos.

Thomaz (1990), discorrendo a respeito de problemas patológicos decorrentes de erros de concepção, afirma que “muito poderia ser feito para minimizar-se o problema, pelo simples reconhecimento de que os solos, os materiais e os componentes das edificações movimentam-se: em função desta verdade irrefutável, muitas fissuras são projetadas conjuntamente com a obra, para surpresa dos projetistas e desespero dos empreendedores”.

Rainville já alertava, em 1880, que “tão necessário como o conhecimento dos materiais no momento do seu emprego, é o conhecimento das mudanças a que ficam sujeitos no correr do tempo; porque conforme seu emprego e uso, as qualidades mudam ora em sentido favorável ora em sentido prejudicial e desfavorável. Só por meio do estudo, combinado com a observação e a experiência, pode adquirir-se o conhecimento preciso dos materiais (...) o engenheiro ou arquiteto nunca pode conhecer tão a fundo a pedra, a madeira, o ferro, etc., como o faz o pedreiro, o carpinteiro, o ferreiro; mas todavia é indispensável fazer-se um estudo especial sobre os materiais, e o conhecimento destes ficará completo pela prática que se adquire no continuado trabalho” (Rainville, 1880).

Segundo Melhado (1994), o projeto deve ser entendido como “uma atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra” e deve ser encarado “como processo estratégico, visando atender às necessidades e exigências do empreendedor, portanto voltado à definição de características do produto final do empreendimento” e “como processo operacional, visando à eficiência e à confiabilidade dos processos que geram o mesmo produto”.

Considerações dessa natureza têm conduzido o meio técnico ao conceito de projetos voltados para a produção, cujo entendimento assumido neste trabalho é aquele proposto por Barros (1996):

“um conjunto de elementos de projeto elaborado segundo características e recursos próprios da empresa construtora, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições dos itens essenciais à realização de uma atividade ou serviço e, em particular: especificações dos detalhes e técnicas construtivas a serem empregados, disposição e seqüência de atividades de obra, frentes de serviço, uso e características de equipamentos”

Este conceito evidencia que o desenvolvimento dos projetos para produção deve estar, necessariamente, vinculado ao estágio tecnológico e organizacional das empresas construtoras e, a partir desse patamar, será possível incorporar progressivamente medidas e soluções para o aprimoramento dos aspectos que se apresentarem como deficientes. A adoção dos projetos para produção constitui-se, pois, em um elemento motivador do avanço contínuo das atividades de projeto e de produção.

As propostas construtivas contidas nos projetos precisam ser exequíveis na realidade específica a que se destinam. Ou seja: os projetos devem refletir o estágio tecnológico do canteiro de obras onde será empregado. Todos os recursos necessários à conformação do produto conforme projetado devem estar disponíveis no momento da execução. Se isto não ocorre, há falhas no processo de compatibilização entre as atividades de concepção e execução.

No entanto, como salienta Sabbatini (1998), a indústria da construção civil no Brasil não se utiliza, ou utiliza-se ainda muito timidamente dos projetos voltados à produção – que definam precisamente não só o que produzir, mas também como e quando produzir.

Segundo esse entendimento, o projeto não deve incluir apenas informações dirigidas às especificações do produto a ser construído, mas também eleger os meios estratégicos, físicos e tecnológicos necessários para executar o seu processo de construção, de modo a “integrar projeto e construção dentro de uma visão holística, adotar prioritariamente em todas as etapas os dados provenientes das operações construtivas e considerar que a solução ótima é a de maior construtibilidade”, sendo esta “uma propriedade inerente ao projeto de um edifício ou de uma sua parte e que exprime a aptidão que este edifício (ou parte) tem de ser construído” (Sabbatini, 1989).

Franco (1998) reforça esta afirmativa, considerando impositivo contemplar, desde a fase de projetos, o conceito de construtibilidade, entendida como “o uso otimizado do conhecimento das técnicas construtivas e da experiência nas áreas de planejamento, projeto, contratação e da operação em campo para se atingir os objetivos globais do empreendimento”.

Sabbatini (2003)⁷, ao discorrer sobre o papel do projeto na produção de edifícios, considera que projetar “é definir previamente o quê, como e quando produzir” , sendo atribuição do projeto do produto a definição do quê produzir e do projeto para a produção, de como e quando produzir.

Assim distintos, o projeto do produto “objetiva definir o produto concebido”, sendo “um registro gráfico-descritivo do produto a ser produzido” e o projeto para a produção “objetiva definir como e quando deverá ser produzido o produto”, sendo “uma ferramenta organizacional, de caráter essencial para o planejamento da produção”.

⁷ Workshop: “O projeto na produção de edifícios”, São Paulo, 2003 – Palestra.

Contrapostos à realidade produtiva da construção civil brasileira, estes conceitos denunciam que tanto o projeto do produto quanto o projeto para a produção estão aquém de suas responsabilidades ao não fornecerem o conjunto de informações suficientes para a caracterização completa do produto a ser executado e para a definição completa de todas as atividades necessárias para produzi-lo.

2.4 Os projetos para a produção de alvenarias de vedação

A pesquisa de campo indicou que, ainda que não estejam sendo aplicados em toda a sua plenitude, os projetos para a produção de alvenarias exercem, já, a importante função de ferramenta auxiliar na coordenação de projetos, constituindo-se em um instrumento efetivo para a compatibilização e integração entre as disciplinas de projeto e entre estas e as atividades de produção, uma vez que seu desenvolvimento favorece a troca freqüente e continuada de informações entre os diversos intervenientes no processo de concepção.

As equipes responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos para a produção das alvenarias de vedação têm assumido uma parcela bastante significativa das definições necessárias à caracterização geral do produto, pertinente ao projeto do produto (tais como especificações do produto e de suas interfaces, parâmetros de desempenho e definição do padrão de qualidade, dentre outras), em detrimento das definições relativas ao planejamento da execução, à gestão e ao controle do processo de produção, inclusive orçamento.

No entanto, à importante função de equacionamento das interferências e proposição de técnicas e processos construtivos racionalizados, somam-se outros relevantes benefícios advindos de sua utilização: induz à racionalização de todos os demais subsistemas que lhe fazem interface; propicia a implantação e divulgação de tecnologias racionalizadas ou de inovações tecnológicas e contribui para a qualificação da mão-de-obra envolvida.

Como afirma Franco (1998), “a racionalização da produção da vedação vertical é fundamental para a racionalização de todos os demais subsistemas que compõem o edifício, propiciando diminuição de desperdícios e economia de materiais e de mão-de-obra, proporcionando o aumento da produtividade das atividades” e funcionando

também como peça fundamental para a implantação das tecnologias construtivas racionalizadas para a produção desta etapa dos serviços.

A adoção de projetos para produção de alvenarias tem gerado um efeito bastante salutar para a construção civil como um todo, além dos evidentes saltos organizativos e de gestão: o aprimoramento de sua capacidade produtiva, através da qualificação de sua mão-de-obra.

As atividades de execução não devem abrigar, como tradicionalmente ocorre na construção civil, tomadas de decisões definidoras da qualidade do produto. Essa deve estar definida nas etapas anteriores, nas atividades de concepção e planejamento.

Meseguer (1991) destaca o fato de que o profissional – no momento da execução – deve-se ocupar apenas da atividade produtiva conforme prescrições contidas no projeto, concentrando nessa ação todo seu potencial. Para tal é necessário que o operário saiba o que deve ser feito a partir de especificações claras e precisas, o que está fazendo através da verificação sistemática e utilização de instrumentos adequados e ainda que ele possa atuar num sentido conveniente quando as condições anteriores não ocorrerem simultaneamente, a partir de recomendações genéricas para solução de situações típicas.

Distintamente dos processos tradicionais de produção, onde os operários diretamente envolvidos na produção raramente têm acesso a projetos ou a outros documentos de obra, para a produção racionalizada das alvenarias de vedação é impositivo o atendimento às três condições propostas por Meseguer (1991).

Como será discutido no capítulo 5, tanto o conteúdo quanto o padrão de apresentação adotados para os projetos de alvenaria devem ser fixados a partir da estrutura produtiva da empresa, sendo fortemente influenciados pela capacitação da mão-de-obra – não apenas para a produção da parede – mas também para a compreensão da redação técnica do projeto, o que permitirá ao executor extrair dele as informações necessárias para a sua atividade produtiva.

A execução de paredes de vedação, quando orientada pelo projeto, permite que a mão-de-obra concentre-se em sua atividade de execução, valorizando-a e estimulando-a ao aprimoramento e otimização de sua capacidade produtiva e do

exercício do “autocontrole”. Esse, conforme definido por Meseguer (1991), consiste no controle exercido pelas pessoas ao longo de sua atividade produtiva e em alguns casos, como na indústria japonesa, predomina sobre o controle interno independente⁸ consoante com a conhecida filosofia de que mais do que controlar a qualidade, o que deve ser feito é produzi-la.

A forma de apresentação e de utilização dos projetos para a produção de alvenarias tem exercido um efeito “desmistificador” da representação gráfica junto à mão-de-obra: o operário não só pode – mas deve – ter acesso a ele como forma de assegurar o cumprimento das prescrições técnicas. Cada pedreiro deve consultar sempre as plantas de fiadas, elevações e detalhes construtivos das paredes que executa e esta prática de leitura de projetos confere a ele maior autonomia, além de funcionar sempre como um canal para novas informações e conhecimentos.

Os projetos para a produção de alvenarias deverão ser encarados como projetos para a produção de alvenaria de vedação racionalizada, conceituada como o "**elemento usualmente empregado como vedado de edifícios construídos com estrutura de concreto armado moldado no local, com um elevado grau de organização e otimização das atividades envolvidas na sua produção**" (Barros, 1998), e que visam assegurar às paredes de vedação o desempenho satisfatório de suas funções, frente a condições específicas a que estarão expostas, em serviço, ao longo da vida útil do edifício.

O processo de desenvolvimento do projeto para a produção de alvenarias será, pois, uma etapa do detalhamento construtivo de uma parte do edifício, onde as informações contidas nos diversos documentos técnicos serão apuradas de modo a fornecer especificações claras sobre o produto final e sobre seu processo de produção.

2.5 Considerações sobre o detalhamento construtivo

O detalhamento construtivo de qualquer objeto revela a intimidade do projetista com a natureza dos materiais, componentes e técnicas construtivas empregados na sua

⁸ Controle exercido por pessoas da própria empresa produtora que, não participando do processo de produção, se dedicam exclusivamente à atividade de controlar.

confecção, inclusive seu comportamento presumível em serviço. Em geral, reflete o conjunto de conhecimentos prevalecente no seu setor produtivo.

“É a explicitação em escala conveniente de qualquer situação construtiva, elucidando a idéia projetada, especificando materiais e técnicas a serem adotados para a perfeita compreensão do objeto a ser construído. Enfim, detalhamento é o próprio desenvolvimento do projeto em suas várias fases” (Malard et al, 1981).

Segundo o Dicionário da Arquitetura Brasileira (Lemos; Corona, 1989), o detalhe é “um elemento indispensável na consecução do projeto para conseguir objetividade e maior clareza técnica. Ordinariamente é desenhado em escala maior que o projeto (...) para maior compreensão da idéia e maior facilidade de execução”.

É um recurso utilizado pelo projetista para evidenciar aspectos do projeto cuja execução deve ser particularizada, “chamando assim a atenção do construtor sobre os pontos delicados e, sobre os quais, na fase de execução deve-se empreender uma campanha de informação preliminar junto aos pedreiros e um controle regular e freqüente”. (Bernstein, 1985).

Eichler (1977) considera que um projeto de obra “corretamente redigido” deve conter, necessariamente, detalhes construtivos “irrepreensíveis” de todos os pontos suscetíveis ao desenvolvimento de patologias construtivas, alertando que grande parte das ‘enfermidades’ correntes nos edifícios tem sua origem no desrespeito a leis físico-construtivas, situações nas quais pequenas modificações nos detalhes construtivos seriam suficientes para evitar equívocos e prejuízos.

Outro aspecto a se destacar é o caráter dinâmico do processo de detalhamento construtivo e a impossibilidade de adoção de detalhes padronizados aplicáveis a qualquer projeto.

Handisyde (1978) coordenou uma interessante iniciativa no *Architects's Journal* de publicação seriada de artigos⁹ abordando “os detalhes corretos (e algumas vezes os incorretos) de cada elemento do edifício, mediante breves notas explicativas, ilustradas com desenhos destacando os pontos especialmente conflitivos”.

⁹ Os artigos foram reunidos posteriormente sob a forma de livro com o sugestivo título, na edição inglesa de 1976, *Everyday details*.

A ampla discussão que se seguiu ao início das publicações - com inúmeros comentários acerca da eficiência, custos, condições favoráveis ao emprego, dificuldades construtivas, etc. das soluções apresentadas – evidenciou a importância na preparação e avaliação minuciosas dos detalhes em um projeto e a necessidade de “considerar-se todas as fases do trabalho para que, na medida do possível, se inclua toda a informação de obra, para que os detalhes sejam de aplicação prática para aqueles que irão empregá-los, apropriados aos distintos casos e tenham um funcionamento técnico e estético satisfatório”.

Não se propunha catalogar soluções estandardizadas, aplicáveis a qualquer projeto, mas “assinalar aquelas partes do edifício que, ainda que pequenas em si mesmas, são sem dúvida uma causa freqüente de problemas”, cabendo ao projetista debruçar-se sobre estes pontos e discernir entre as soluções vantajosas e desfavoráveis, admissíveis ou inaceitáveis e, a cada projeto, buscar as soluções construtivas que mais se adequem às condições de contorno.

Malard et al (1981) enfocam o detalhamento construtivo sob os seguintes aspectos:

- formal: coerência e unidade com a obra, atributos que devem estar explícitos em termos plásticos, técnicos e econômicos; proporcionalidade entre os elementos do objeto detalhado, assim como a proporcionalidade entre o objeto detalhado e a obra como um todo.
- funcional: potencial construtivo de cada material e dos processos e técnicas construtivas para sua aplicação frente às solicitações mecânicas, potencial de combinação com outros materiais segundo suas propriedades físico-químicas; potencial do mercado de materiais e equipamentos para construção; disposições normalizadoras da ABNT e/ou normas internacionais sobre os materiais e técnicas empregados e comportamento frente aos agentes geofísicos e ambientais agressivos à construção, como: ventos, umidade relativa do ar, chuvas, sol, radiações, maresia, poluição atmosférica, temperatura, etc.

Para Sabbatini (1989), a extensão e a qualidade do detalhamento construtivo de um edifício serão determinantes na qualidade final do produto, devendo ser adotados como parâmetro para a avaliação do desempenho e do grau de construtibilidade

presumíveis do edifício, verificáveis ainda na etapa de projeto, e propõe a associação desses dois importantes conceitos como diretriz básica para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos construtivos.

Estas considerações pretendem evidenciar a importância do aprimoramento do detalhamento construtivo de um edifício devendo, portanto, orientar as atividades referentes ao projeto das paredes de vedação e nortear a tomada de decisões acerca dos pontos a serem detalhados, forma e local de apresentação no projeto, escala adequada à leitura da informação e outros aspectos que poderão determinar a eficácia do detalhe construtivo quanto à sua adequação funcional e formal, desempenho e construtibilidade, economia e durabilidade.

Por fim, registra-se o conceito transmitido pelo professor Vanderley John¹⁰ aos alunos do curso de Pós-Graduação da EPUSP: “tecnologia é detalhe!”

¹⁰ Disciplina: PCC 5861 – Análise de Desempenho de Edificações, Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP, no ano de 2000.

3 DESEMPENHO DAS VEDAÇÕES VERTICAIS

O conceito de desempenho de um produto deve ser entendido como sua adequação ao uso ou função a que se destina, sendo avaliado, conforme propôs o CIB (1983), a partir de sua adequação às necessidades dos usuários e às condições de exposição a que estará submetido, ao longo de sua vida útil.

O subsistema de vedação vertical tem como principal função a proteção dos ambientes contra a ação de agentes externos a eles tais como chuva, sol, vento, fogo, ruídos, poeiras, raios visuais, etc. Outros requisitos funcionais estão relacionados, nos processos construtivos tradicionais, ao suporte de componentes de outros subsistemas tais como esquadrias, tubulações, quadros de luz, peças suspensas, elementos decorativos, dentre outros e, em situações específicas, ao contraventamento estrutural, quando também resistirá, em conjunto com os componentes estruturais, a esforços.

A metodologia para avaliação de desempenho de um edifício ou de suas partes “consiste em prever o comportamento potencial de um edifício e dos sistemas que o complementam, quando submetidos a condições normais de exposição e avaliar se tal comportamento satisfaz às exigências do usuário preconizadas na ISO 6241¹¹” (ABNT/CB-02, 2001).

O subsistema de vedação vertical deverá, portanto, atender aos vários requisitos funcionais relacionados às exigências dos usuários e frente às condições de exposição e que, em alguns aspectos, serão distintas para paredes externas e divisórias internas. O projeto de Norma Brasileira, elaborado no âmbito dos ABNT/CB e ONS¹², propõe a consideração das exigências do usuário apresentadas na Tabela 3.1, para a avaliação de desempenho de edifícios habitacionais de até 4 pavimentos. Este projeto estabelece, em sua Parte 4, diretrizes para a avaliação de desempenho de fachadas e, na Parte 5, para divisórias internas.

¹¹ ISO 6241:84 Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered.

¹² Os projetos de Norma Brasileira estão em circulação para consulta pública entre os associados da ABNT e demais interessados, sendo veiculados pelo site <http://www.cobracon.org.br/desempenho> (acesso em 15/08/2002).

TABELA 3.1: Exigências dos usuários segundo a ABNT		
SEGURANÇA	HABITABILIDADE	SUSTENTABILIDADE
<ul style="list-style-type: none"> • segurança estrutural • segurança contra o fogo • segurança no uso e operação 	<ul style="list-style-type: none"> • estanqueidade • conforto higrotérmico • conforto acústico • conforto lumínico • saúde, higiene e qualidade do ar • funcionalidade e acessibilidade • conforto tátil 	<ul style="list-style-type: none"> • durabilidade • manutenibilidade • adequação ambiental
<p>Fonte: ABNT/CB-02 – Projeto 02:136.01.004 – Julho 2001.</p>		

Além destas, as exigências de desconstrução e reciclabilidade já comparecem nas recomendações para projeto veiculadas por entidades de pesquisa dos países desenvolvidos, como o CSTB, na França, que recomendam a adoção preferencial de componentes construtivos intercambiáveis entre sistemas construtivos distintos visando à sua reutilização para a produção de novas edificações, após o cumprimento da vida útil da edificação original (John, 2001).

Esta é, no entanto, uma ação – de médio prazo - a ser empreendida junto aos fabricantes de componentes construtivos e em conjunto com outros profissionais, entidades de classe, institutos de pesquisa e universidades, para a padronização de dimensões, sistemas de acoplamento e de fixação e outras características dos componentes que possam torná-los utilizáveis em sistemas construtivos distintos.

Deve-se atentar, ainda, para as exigências de produção com baixo impacto ambiental, buscando-se sempre soluções que contribuam para a redução ou eliminação da geração de entulho, poeiras e ruídos e outros poluentes do solo, das águas e do ar ou que possam causar incômodos às pessoas.

Franco (1998) alerta que o conceito de desempenho deve estender a análise das características dos componentes da vedação vertical para além de sua quantificação absoluta, ou seja, o estudo do comportamento destes deve ser considerado no conjunto da vedação e no conjunto de todos os demais componentes e subsistemas do edifício. Nesse sentido, assume grande importância o estudo do desempenho das paredes enquanto vedação de estruturas de concreto, cujo comportamento e características intrínsecas poderão impor àquelas requisitos que ultrapassem suas funções apenas enquanto “vedos”, podendo assumir também a função de contraventamento das estruturas, desempenhando função auxiliar frente às solicitações mecânicas.

Para cada exigência constante da Tabela 3.2, estão associados requisitos funcionais, aos quais, por sua vez, correspondem critérios e métodos de avaliação.

Os requisitos funcionais deverão ser estabelecidos no projeto, cujo atendimento dependerá das características atribuídas às paredes, aos componentes de conformação e fechamentos de vãos contidos nas alvenarias e aos componentes empregados na interface com os outros subsistemas. Os níveis de exigência são variáveis e caberá ao projetista ponderar sobre a importância de cada requisito, priorizando o atendimento daqueles imprescindíveis a cada situação específica.

Para as paredes de vedação, tanto externas quanto internas, serão sucintamente apresentados os principais requisitos de desempenho contemplados pela literatura técnica e normativa. Para os demais componentes do subsistema – esquadrias de portas e janelas, juntas ou outros - as propriedades prioritárias ao seu adequado desempenho dependerão de sua natureza e das funções específicas, devendo serem estudadas pelo projetista de alvenaria juntamente com profissionais especialistas ou fabricantes e fornecedores do produto em questão.

No entanto, ressalta-se a obrigatoriedade do projeto de alvenaria em equacionar os pontos de conjugação entre componentes de natureza ou função distintas que são, sem dúvida, causa frequente de problemas. Cabe ainda reafirmar que o desempenho especificado em projeto deverá ser assegurado nas etapas de execução, ressaltando-se a importância de se especificar não somente o produto, mas todo o processo de produção.

3.1 Segurança estrutural

Os requisitos de segurança estrutural são analisados considerando-se os conceitos de estado limite último, entendido como aquele que determina a ruína e estado limite de utilização que determina a formação de fissuras, deformações, falhas localizadas e outras avarias que possam comprometer a utilização do componente ou elemento, comprometendo a durabilidade do edifício ou os níveis de satisfação do usuário.

A TABELA 3.2 apresenta os principais fatores a se considerar frente a este requisito.

TABELA 3.2 REQUISITOS DE DESEMPENHO ESTRUTURAL FATORES A CONSIDERAR: Fachadas e Divisórias Internas	
Estado limite de utilização	Estado limite último
<ul style="list-style-type: none"> • Deformações • Ações do vento* • Alterações volumétricas • Impactos • Cargas concentradas • Interação com instalações • Interação com portas • Peças suspensas 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidade e resistência • Ação do vento* • Alterações volumétricas • Impactos
<p>*Ação normalmente desconsidera para divisórias internas.</p> <p>Fonte: ABNT/CB-02 - Projeto 02:136.01.004 – Julho 2001</p>	

Todos os requisitos constantes na Tabela 3.2 influenciam, em grau diferenciado para situações específicas, o desempenho final do subsistema vedações verticais, objeto do projeto para a produção de alvenarias racionalizadas. Assim, a cada requisito corresponderá um número variável de resoluções construtivas destinadas a alcançar-se o desempenho estabelecido relativamente ao requisito em questão.

3.1.1 Estabilidade e resistência mecânica

Este requisito deve ser entendido como a capacidade da parede em manter sua integridade física quando solicitada por ações mecânicas previstas em projeto e que podem resultar de seu peso próprio, de deformações da estrutura de concreto à qual estão confinadas, efeitos de cargas de vento, punção, cargas suspensas, choques, esforços de arrancamento, etc.

A resistência mecânica das paredes de alvenaria depende, basicamente, das características intrínsecas de seus componentes – unidade de alvenaria e junta de argamassa – da resistência de aderência do conjunto, do tipo de aparelho adotado¹³, das características geométricas da parede e do tipo de vínculo entre essa e a estrutura de concreto.

Parte das solicitações a que estarão sujeitas refere-se aos esforços de compressão e serão respondidas, basicamente pela resistência à compressão dos blocos. Esforços de tração, flexão, flambagem e cisalhamento exigirão resistência de aderência entre blocos e a argamassa de assentamento compatível com o nível de solicitações sendo, em situações determinadas, indispensável a incorporação de componentes que possam conferir às paredes capacidade para resistir a estes esforços, ou seja, em regiões onde são previsíveis a ocorrência de tensões deletérias, deve-se prever o uso de componentes resistentes à tração, para absorvê-las, tais como barras e telas de aço.

Embora a resistência mecânica possa, a princípio, não ser considerada como propriedade fundamental ao desempenho de paredes com funções de vedação, deve-se atentar para as características de deformabilidade das estruturas contemporâneas de concreto armado, uma vez que o planejamento e o ritmo que vêm sendo impresso às obras, nem sempre têm respeitado procedimentos básicos e prazos recomendados para execução dos serviços.

Medeiros e Franco (1999) alertam que “a deformação da estrutura nas primeiras idades somadas às deformações ao longo do tempo devido aos fenômenos de fluência e retração da estrutura têm atingido magnitudes suficientes para impor solicitações não previstas nas paredes, provocando o surgimento de diversos tipos de

¹³ O aparelho da alvenaria é definido pelo posicionamento relativo das juntas verticais conformadas entre as unidades de alvenaria, em fiadas sucessivas.

problemas. As paredes de vedação, construídas de modo confinado entre os elementos da estrutura, acabam sendo carregadas pelas ações oriundas dos deslocamentos destes elementos. Esta situação mostra-se ainda mais crítica quando os prazos e seqüências de construção não são observados de modo a minimizar esta transferência de carregamento”.

Franco (1998) alerta ainda para a ausência de procedimentos de controle de recebimento de componentes de alvenaria frente à qualidade dos componentes disponibilizados pelo mercado que nem sempre apresentam os valores de resistência à compressão mínima individual prescritos na Normalização Brasileira.

3.1.2 Características de deformabilidade da alvenaria

A capacidade de acomodar deformações é entendida como “a capacidade que a parede de alvenaria possui de manter-se íntegra ao longo do tempo, distribuindo as deformações internas ou externas impostas em microfissuras não prejudiciais ao seu desempenho” (Sabbatini, 1989).

Como destacado no item anterior, a incompatibilidade das condições de deformação das estruturas de concreto com a capacidade de acomodar deformações e a resistência apresentada pelas vedações verticais são responsáveis por inúmeros problemas nas edificações, desde pequenas fissuras e trincas a esmagamento e ruptura da alvenaria e até mesmo o colapso total da parede.

Sabbatini (1998) observa que “desde meados da década de setenta, até o momento atual, as fissuras e trincas nas vedações em alvenaria de edifícios multipavimentos com estrutura de concreto armado têm aumentado continuamente, em termos de freqüência de manifestações, intensidade de ocorrências e gravidade” e aponta como motivos a evolução nas características das estruturas reticuladas e das alvenarias de vedação sem o equacionamento satisfatório da relação de interação alvenaria-estrutura.

Segundo esse autor, esta evolução significou, para as alvenarias, a redução tanto volumétrica quanto de massa a partir de sua constituição com o uso de componentes mais leves e de menores espessuras como, por exemplo, a substituição progressiva de tijolos cerâmicos maciços deitados por tijolos cerâmicos vazados, sem espelho.

Fotos: Liana Valle



FIG. 3.1
Ed. Acaiaca, 1947, BH

FIG. 3.2
Ed. Martinelli, 1925, SP

Foto: Rogério Palhares



FIG. 3.1, 3.2 e 3.3 Se comparadas às estruturas de concreto armado empregadas nas primeiras experiências de verticalização, as estruturas contemporâneas apresentam, como decorrência da redução progressiva tanto volumétrica quanto de massa, maior esbeltez e menor grau de rigidez tornando-se potencialmente mais deformáveis. Ocorrências, cada vez mais frequentes, de queda de revestimento cerâmico em fachadas podem indicar a incompatibilidade entre as características de deformabilidade dessas estruturas e de suas vedações verticais. Outros fatores predisponentes são: infiltração de águas pluviais pelas juntas, ausência de juntas de controle, espessura excessiva do revestimento de argamassa, qualidade dos materiais, condições de assentamento, etc.

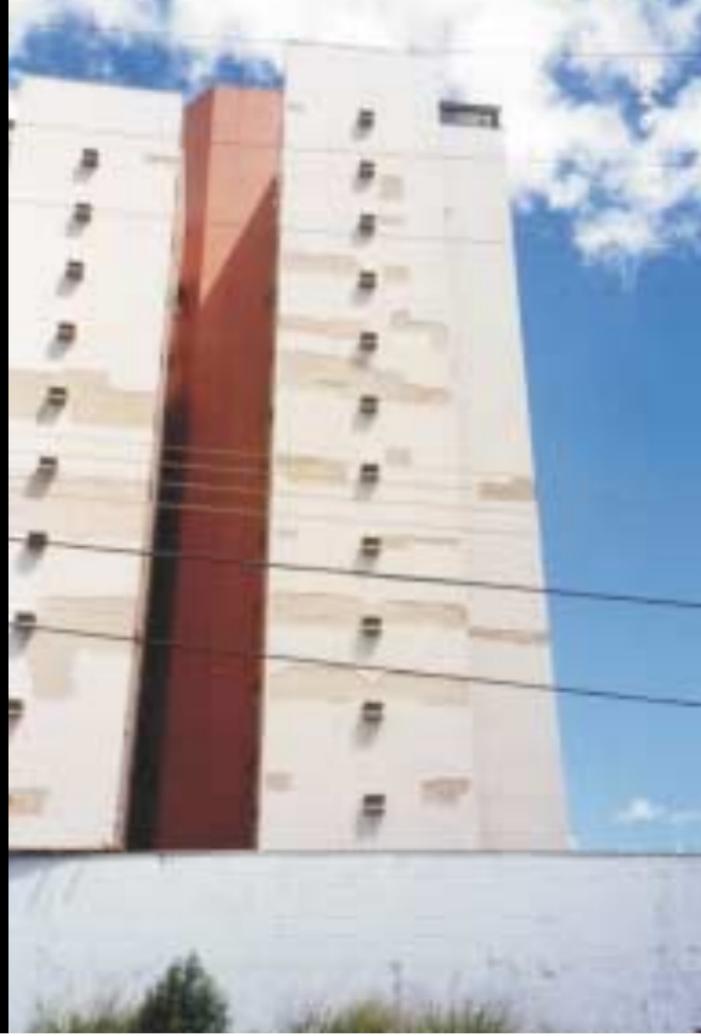


Foto: Arquivo Mércia Barros

FIG. 3.3

Para a estrutura de concreto, este alívio somado ao seu desenvolvimento tecnológico resultou em estruturas reticuladas mais esbeltas, com menor grau de rigidez e potencialmente mais deformável, ela própria e seus elementos.

Por sua vez, estas alterações impuseram às alvenarias maiores deformações induzidas pelo edifício, pela estrutura e pelos elementos estruturais e maiores tensões decorrentes dessas deformações (Figuras 3.1 a 3.5).

Franco (1998) observa que estas “novas” estruturas não se fizeram acompanhar por “novos” critérios e limites de deformação: estes permanecem os mesmos empregados para as estruturas tradicionais. “Os limites estabelecidos pela norma brasileira utilizada como parâmetro pelos projetistas é da limitação das flechas dos elementos estruturais em **L/300** ou **L/500**. Estes níveis de deformação, entretanto, são incompatíveis com a grande maioria dos sistemas empregados para a vedação vertical”. Ensaio de laboratório (Franco; Barros; Sabbatni, 1994) demonstraram que, a se limitar as flechas pelos valores de deformação que provocaram o início da fissuração nas alvenarias, este novo limite aproximar-se-ia de **L/4000** que, se adotado como critério, resultaria em estruturas anti-econômicas. “Entretanto fica claro que os critérios tradicionais para a limitação da deformação das estruturas já não apresentam respostas adequadas para as novas situações de concepção frente aos sistemas de vedação vertical disponíveis”. (Franco, 1998).

Recomenda-se, portanto, aos projetistas de alvenaria e de estrutura considerarem criticamente estes valores, ainda que não tenham sido revistos pela ABNT, para que o projeto de alvenaria possa apresentar detalhes construtivos da interface alvenaria/estrutura compatíveis com o vínculo desejado entre as paredes e os elementos estruturais.

A capacidade de acomodar deformações é definida na alvenaria pelo seu módulo de deformação, pelas características de aderência entre as juntas de argamassa e os blocos, pela espessura das juntas de assentamento e pelo preenchimento das juntas verticais e pelos cuidados com a execução das paredes. Estes fatores devem estar especificados no projeto para a produção, considerando-se que (Franco, 1998):

- quanto maior o módulo de deformação da alvenaria, maior será o nível de tensões frente ao mesmo nível de deformações impostas. Assim, quanto

FIG. 3.4

"A deformação da estrutura nas primeiras idades somadas às deformações ao longo do tempo devido aos fenômenos de fluência e retração da estrutura têm atingido magnitudes suficientes para impor solicitações não previstas nas paredes, provocando o surgimento de diversos tipos de problemas" (Medeiros e Franco, 1999).





FIG. 3.5

"As paredes de vedação, construídas de modo confinado entre os elementos da estrutura, acabam sendo carregadas pelas ações oriundas dos deslocamentos destes elementos. Esta situação mostra-se ainda mais crítica quando os prazos e seqüências de construção não são observados de modo a minimizar esta transferência de carregamento" (Medeiros e Franco, 1999).

maior o módulo de deformação dos blocos ou das juntas de assentamento, maior o da alvenaria; juntas conformadas a partir de argamassas com elevada resistência e rigidez conferem às paredes baixa capacidade de absorver deformações;

- “a resistência de aderência é responsável pela transmissão dos esforços, componente a componente, distribuindo tensões por todo o painel, sem surgimento de fissuras nas interfaces”;
- a espessura da junta de assentamento deve ser suficiente para transmitir adequadamente as tensões; juntas horizontais de pequena espessura podem desenvolver deformações específicas ao longo de sua própria espessura;
- o não preenchimento das juntas verticais diminui o módulo de deformação das paredes de alvenaria, aumentando sua capacidade de absorver deformações;
- a execução é etapa preponderante para o desempenho futuro das vedações verticais devendo-se seguir as prescrições contidas no projeto, incluindo a verificação da qualidade dos componentes a serem empregados e a qualidade de execução dos elementos estruturais.

No cenário evolutivo da produção de edifício, tem-se ainda que considerar a influência das técnicas construtivas sobre as características das estruturas e das vedações. As exigências de maior eficiência e rapidez nas construções resultaram na redução de prazos para a retirada do escoramento das peças estruturais e, por conseqüência, no carregamento precoce da estrutura e também na redução do intervalo entre a execução da estrutura e das vedações verticais, uma vez que a abertura de várias frentes de trabalho, possibilitada pelo início dos trabalhos de alvenaria, pressiona os construtores a comprimirem os prazos no cronograma de obra, em detrimento das recomendações técnicas.

Recomenda-se o planejamento integrado da execução das vedações verticais, das estruturas e demais subsistemas de modo a minimizar os efeitos nocivos decorrentes do equacionamento insatisfatório da interface alvenaria/estrutura. As recomendações acerca dos prazos, seqüência de execução de serviços e detalhes de ligação estão apresentadas no capítulo 4.

3.2 Estanqueidade à água

Inúmeros são os problemas associados à presença da água nas construções, proveniente de várias fontes: águas de chuva que se infiltram através dos componentes de vedação ou das interfaces com a estrutura, vazamentos em tubulações ou conexões dos sistemas de instalações hidro-sanitárias, águas de lavagem e de serviços de manutenção, águas do solo que, por capilaridade, ascendem pelos componentes construtivos e a água remanescente das próprias atividades de execução do edifício, que tende a diminuir com o tempo, tanto mais rápido quanto melhores forem as condições de ventilação e insolação dos ambientes.

Os efeitos da ação da água – quando não controlados – irão sempre representar um certo grau de comprometimento da estabilidade ou das condições de habitabilidade do edifício, podendo-se destacar:

- efeitos decorrentes da variação dimensional dos materiais e componentes construtivos pela variação de seu conteúdo de umidade, podendo originar fissuras ou frestas pelas quais a água se infiltrará;
- proliferação de microorganismos, surgimento de manchas e eflorescências;
- aumento na capacidade de transmissão de calor e ou redução da resistência de componentes;
- deterioração de revestimentos ou de outros componentes porosos;
- descolamentos de placas cerâmicas;
- corrosão de metais;
- condensação sobre as superfícies;
- desencadeamento de processos químicos, etc.

Como bem afirma Sabbatini (1998), “a maioria dos autores que estudaram a ação da água nas vedações verticais destaca a qualidade do projeto como principal fator para tornar uma parede resistente à penetração de água. É no projeto que se compatibilizam as condições de exposição definidas para cada caso, com as características que a parede deve apresentar para um desempenho adequado” sendo necessário, ao projetista, o conhecimento dos mecanismos de penetração da água nos edifícios através de suas fachadas, para bem projetar.

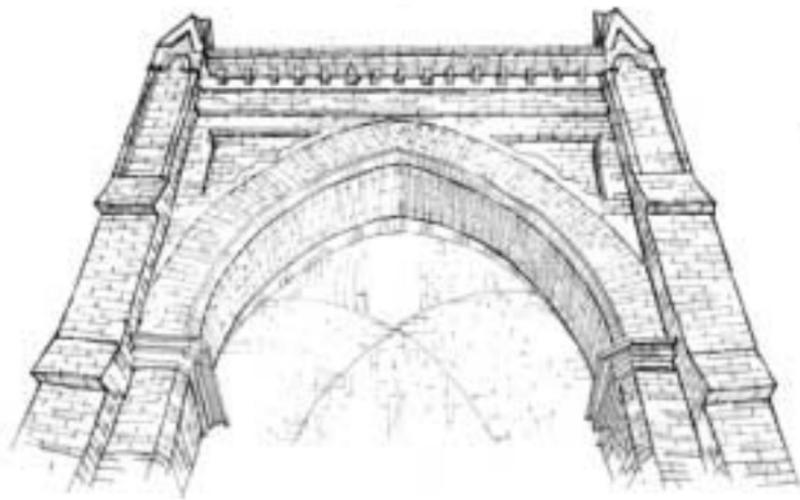


FIG. 3.6

Detalhe da fachada da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo: observar os ressaltos no plano dos pilares de alvenaria para o descolamento da lâmina d'água.

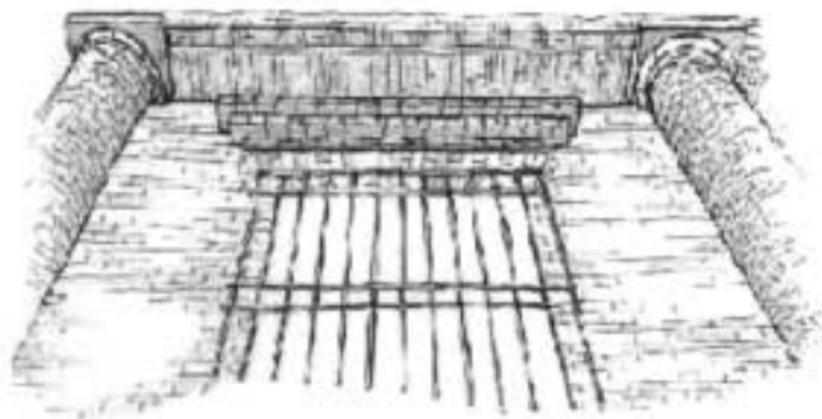


FIG 3.7

Detalhe da fachada da Pinacoteca do Estado de São Paulo: observar o recuo do plano da parede em relação ao plano dos pilares e a conformação da pingadeira, como um anteparo, sobre o vão de esquadria.

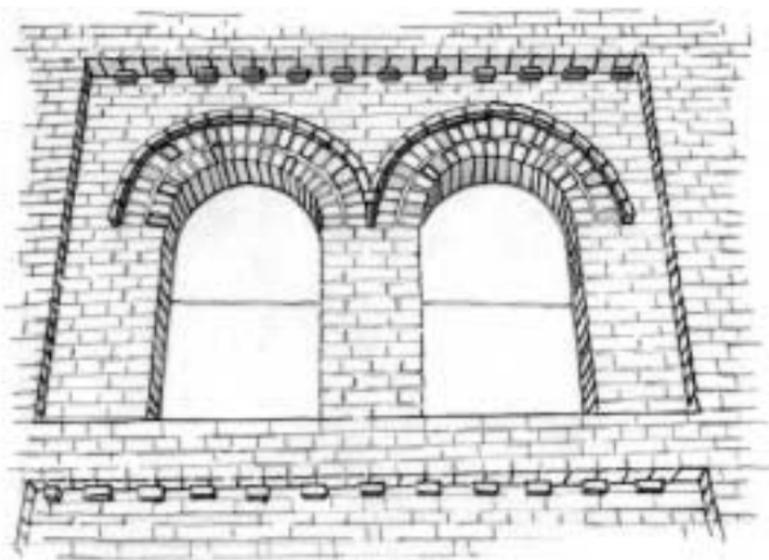


FIG 3.8a

Detalhe da fachada do Centro Cultural de São Paulo (antigo Gasômetro, também conhecido como Casa das Retortas - 1889): em todo o edifício, o plano de paredes que contem as esquadrias é recuado em relação ao plano mais externo da fachada. Da mesma forma, sobre o vão das esquadrias, o efeito das águas pluviais é minimizado pela incorporação de pingadeiras salientes.



FIG. 3.8b

FIG. 3.8c



Medeiros (1998) sintetizou, a partir de vários autores¹⁴ as condições necessárias para a ocorrência de infiltrações através das fachadas e que devem ocorrer simultaneamente:

- lâmina de água escorrendo pelas fachada;
- aberturas que permitam a passagem tais como juntas não estanques, frestas, fissuras ou poros; e
- forças que promovam a migração da água para o interior: pressão do vento, sucção capilar ou ação gravitacional.

Ao conceber, projetar e detalhar construtivamente as fachadas deve-se, pois, atentar para as situações que possam favorecer a ocorrência simultânea das condições listadas acima, prevendo-se dispositivos para o controle do fluxo d'água sobre elas, de modo a direcioná-lo ou descolá-lo dos planos verticais reduzindo a possibilidade de formação de película d'água ou reduzindo sua extensão.

Ressalta-se aqui, o extenso repertório de alternativas construtivas presentes nas edificações construídas no Brasil até meados do século passado para redução do grau de exposição de seus componentes à ação das águas de chuva. Estes detalhes construtivos não caracterizam apenas estilos arquitetônicos diversos, mas traduzem a preocupação de arquitetos e construtores com a durabilidade das construções e a atenção e respeito à natureza dos materiais e componentes construtivos. Não são apenas ornamentos, mas dispositivos eficientes para assegurar o desempenho das vedações externas quanto à estanqueidade às águas pluviais (Figuras 3.6 a 3.10).

Perez (1986) cataloga vários exemplos para demonstrar os efeitos benéficos da utilização de dispositivos de descolamento da película d'água tais como pequenas saliências e pingadeiras (20 a 40mm) que podem reduzir sensivelmente o volume de água sobre os componentes por eles protegidos (Figuras 3.11 a 3.13).

¹⁴ FISHBURN (1942), GRIMM (1982), BIA (1985) E SABBATINI (1988)



FIG. 3.9a e 3.9b Detalhe de pilar na Pinacoteca do Estado de SP, também dotado de ressaltos para descolamento e expulsão da película d'água.



FIG. 3.10 Igreja São José (Belo Horizonte/MG)

Medeiros (1998) admite que “além de termos perdido mão-de-obra qualificada para a execução destes serviços, parece que perdemos também o senso de preocupação com a durabilidade devido à ação da água”, e complementa: “não é de se estranhar, portanto, que as edificações mais novas, sem beirais e pingadeiras, por exemplo, apresentem, com frequência, sinais de deterioração precoce”.

Também o detalhamento correto das juntas entre componentes e nas interfaces de subsistemas distintos e seu tratamento serão fundamentais para melhorar o desempenho das vedações externas, inclusive a especificação do processo de produção, destacando-se os cuidados para assegurar a aderência entre os componentes da alvenaria e entre os painéis de alvenaria e demais componentes de outros subsistemas.

Grimm (1982) apud Medeiros (1998) observou que a infiltração através das paredes não ocorre através dos blocos ou tijolos. O caminho preferencial é através dos canais existentes na interface bloco-argamassa, caracterizando falhas de ligação, sendo o ponto de maior incidência o encontro entre juntas horizontais e verticais.

Neste aspecto, serão preponderantes a especificação correta das argamassas para assentamento e a qualidade da mão-de-obra para a obtenção da aderência entre as unidades de alvenaria e as juntas de argamassa. A capacidade da parede de resistir à passagem de água será, então determinada, pela resistência e pela extensão de aderência na interface entre os componentes da alvenaria entendendo-se resistência de aderência como “a força necessária para separar a unidade de alvenaria da argamassa, por unidade de área” e a extensão de aderência como “a medida da área de contato na interface” (Sabbatini et al, 1998).

Perez (1986) constatou que, no Brasil, a maior parte dos problemas associados à ação da água tem origem na infiltração das águas de chuva pelas vedações externas (40 a 70%), mas são também notáveis os problemas associados a falhas de projeto (5 a 10%) no equacionamento da ventilação e circulação de ar nos ambientes internos, sobretudo em banheiros e cozinhas, propiciando a condensação do vapor d'água sobre as superfícies e favorecendo a proliferação de microorganismos ou o aparecimento de manchas sobre superfícies porosas como os revestimentos de argamassa e juntas entre componentes cerâmicos para revestimento de paredes e

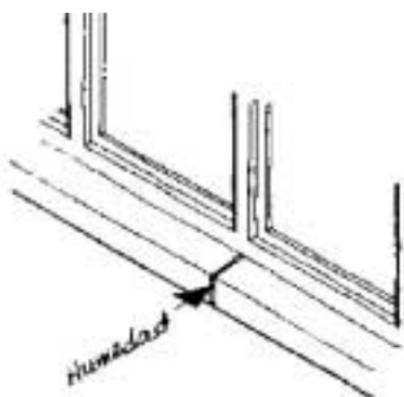
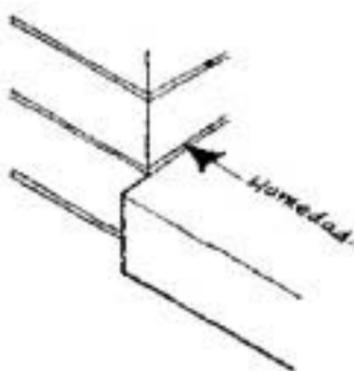
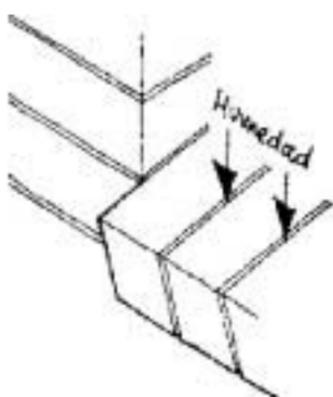


FIG. 3.11

Alerta aos projetistas: aspectos construtivos destacados pela literatura técnica, assinalando os principais aspectos a serem observados para o correto equacionamento de pontos vulneráveis à penetração de águas pluviais.

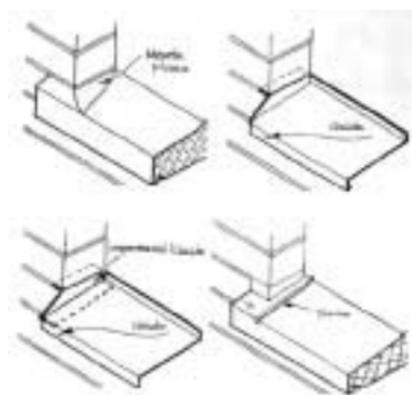


FIG. 3.12

Exemplos de peitoris constituídos a partir de materiais distintos: pedra, zinco, alumínio e madeira. Observar o acabamento lateral dos componentes, protegendo a junta que se conforma no encontro do peitoril com o paramento vertical do vão.

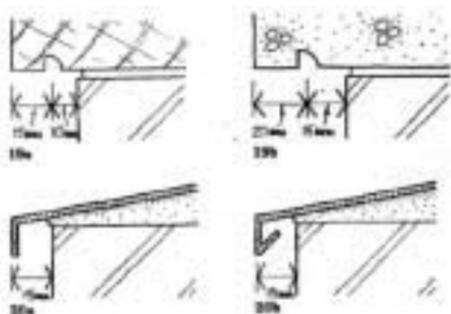


FIG. 3.13

Pequenas saliências e pingadeiras (20 a 40mm) podem reduzir sensivelmente o volume de água sobre os componentes por eles protegidos.

pisos. Também os revestimentos de argamassa, muito empregados no processo construtivo tradicional, têm exercido papel fundamental no grau de estanqueidade apresentado pelas paredes externas mas estes “possuem capacidade limitada de garantir a estanqueidade ao longo do tempo, pois a ocorrência de fissuras nas paredes quase sempre implica em fissuras nos revestimentos e mesmo nas pinturas, através das quais haverá a penetração da água” (Perez, 1986).

Para que o revestimento possa desempenhar papel auxiliar no cumprimento desta exigência, este “deve ser capaz de acomodar pequenas movimentações da base sem apresentar fissuras prejudiciais (...) revestimentos de pequena espessura apresentam menor capacidade de absorver deformações (...) revestimentos com espessuras muito elevadas, também podem apresentar fissuras devido à retração elevada e problemas de aderência” (Sabbatini et al, 1998).

Os mesmos autores consideram que “um passo importante para equacionar os problemas de penetração de água, corrosão, fissuras e deterioração dos ambientes internos das edificações devido à ação da água foi o advento das paredes duplas com vazios internos (*cavity walls*), e compostas (*barrier* ou *vennered wall*)”, onde o espaço entre duas folhas é preenchido ou não existe. Embora de uso generalizado em vários países da Europa e nos Estados Unidos, há mais de 50anos, soluções como esta são raramente utilizadas no Brasil.

3.3 Conforto térmico

O desempenho térmico das paredes de vedação, assim como as demais propriedades diretamente associadas às condições de conforto e habitabilidade da edificação, deve ser avaliado considerando-se todos os demais componentes do subsistema vedação vertical e também das vedações horizontais, inseridos no conjunto do edifício.

A avaliação de desempenho térmico é complexa, pois envolve o edifício como um todo e está intimamente ligada às suas condições de implantação. Ainda que o comportamento dos painéis de alvenaria exerça grande influência sobre a resposta térmica do edifício, o arranjo global e as características de outros componentes, tais como localização e dimensões de aberturas, tipos de revestimento, materiais e componentes das vedações horizontais também interferem, conduzindo a avaliação de desempenho para a abordagem sistêmica das variáveis intervenientes.

São vários os conceitos associados ao desempenho térmico de materiais e componentes e que definem suas principais propriedades (Sabbatini et al, 1998):

- condutibilidade térmica: capacidade da substância em transmitir calor e que a classifica como isolante ou condutora; o coeficiente de condutibilidade térmica de um material varia conforme a densidade, porosidade, temperatura e umidade apresentadas por ele;
- resistência térmica: correlaciona a espessura com a condutibilidade térmica do material;
- calor específico: grandeza utilizada para avaliar a inércia e o atraso térmico do material;
- inércia térmica: propriedade que faz com que o processo de transmissão do fluxo de calor através de um elemento não seja instantâneo; é caracterizada pelo coeficiente de amortecimento térmico e pelo atraso térmico;
- transmitância térmica: capacidade de um elemento de ser atravessado por um fluxo de calor induzido por uma diferença de temperatura entre os ambientes que o elemento separa;
- amortecimento térmico: capacidade de amortecer parte da onda de calor; varia exponencialmente com a espessura do componente;
- atraso térmico: tempo que o fluxo de calor leva para atravessar um elemento “retardando” sua transmissão de um ambiente para outro; varia linearmente com a espessura do material;
- fator de calor solar: relação entre a energia solar absorvida por um componente e a energia solar total incidente sobre a superfície do mesmo.

O desempenho térmico do conjunto edifício está relacionado a todo o contexto do projeto, devendo-se relacionar as características térmicas dos materiais citadas com as demais variáveis que interferem no conforto ambiental, atentando-se para:

- condicionantes climáticas: umidade do ar, precipitações, amplitude térmica, velocidade e direção dos ventos, vegetação;
- condições de implantação do edifício relativamente ao relevo local;
- ocupação de topos de morro, encostas ou fundos de vales;
- condições de entorno: intervenções antrópicas que possam alterar as condições locais tais como obstáculos à insolação ou aos movimentos de ar; e

- exigências dos usuários.

O Projeto 02: 135.07-003 que compõe o conjunto de Normas de Desempenho Térmico de Edificações da ABNT (1998) considera que a avaliação do desempenho térmico de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção, neste caso através de medições “in-loco” das variáveis representativas do desempenho.

Na fase de projeto, esta avaliação poderá ser feita através de simulações computacionais ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas, sendo esta última o objeto da Norma em questão que, no entanto, restringe sua aplicação a edificações destinadas a habitações unifamiliares de interesse social de, no máximo, três pavimentos. As diretrizes propostas não são, portanto, diretamente aplicáveis à avaliação em projetos de edifícios multipavimentos por sua maior complexidade de análise, mas demonstram os aspectos relevantes a serem considerados pelos projetistas.

O primeiro aspecto evidencia a impossibilidade de se estabelecer diretrizes genéricas para todo o país. Propôs-se, então, a divisão territorial em oito zonas bioclimáticas relativamente homogêneas, formulando-se um conjunto de recomendações para otimização do desempenho térmico aplicável a cada uma.

O segundo aspecto refere-se aos parâmetros e condições de contorno julgados necessários para a análise e envolve o tamanho e as proteções das aberturas para ventilação, as características das vedações externas (tanto verticais quanto horizontais)¹⁵ e as estratégias de condicionamento passivo previstas no projeto.

As considerações acima pretendem, mais do que fornecer parâmetros para o projetista das paredes de vedação, evidenciar a extensão e complexidade do assunto para seu tratamento apenas no âmbito do projeto de um edifício, já que não é possível estabelecer-se correlações diretas entre o desempenho térmico de uma parede de vedação ou da edificação a partir apenas das propriedades térmicas de seus materiais constituintes.

¹⁵ As propriedades térmicas consideradas para as vedações verticais são: Transmitância Térmica, Atraso Térmico e Fator de calor Solar.

Cabe aos projetistas o acompanhamento dos estudos e pesquisas em desenvolvimento nas universidades e centros de pesquisa do país e a aplicação, sempre que possível, dos resultados destas investigações para a melhoria da qualidade de seus projetos.

Como recomenda Sabbatini et al (1998), “deve-se buscar sempre boas condições de habitabilidade internas, sem que se lance mão do emprego de equipamentos de condicionamento de ar, através de recursos que levem em conta a troca do ar interno, a correta distribuição dos fluxos de ar pelo local, o aproveitamento das temperaturas radiantes das superfícies dos espaços, dentre outros”.

3.4 Desempenho acústico

O desempenho acústico das vedações verticais é também uma propriedade de avaliação complexa como a anterior. Apesar de depender intimamente das características dos seus materiais constituintes, é sensivelmente alterada pela qualidade das interfaces com outros componentes e pelas esquadrias ou outros elementos de fechamento de aberturas nelas contidas.

Os problemas ocasionados pelo equacionamento insatisfatório do conforto acústico nas edificações contemporâneas são bastante freqüentes, sobretudo pela tendência de redução de massa incorporada aos componentes construtivos constituintes das vedações, com a preferência crescente pelo emprego de componentes leves e de menores espessuras, contrapondo-se ao aumento dos níveis de exigência em relação ao isolamento acústico com a elevação crescente de ruídos provenientes de várias fontes, nos meios urbanos.

Também neste aspecto, a progressiva redução de massa incorporada às paredes de alvenaria (e aos demais componentes do edifício) que caracteriza as edificações contemporâneas compromete o desempenho do edifício. Como conceitua Sabbatini et al (1998), “todo material é possível de ser atravessado pelo som, em maior ou menor intensidade, em função do seu peso (...) quanto mais pesados forem os materiais constituintes de um elemento construtivo, maior será a dificuldade do som de atravessá-los, pois será mais difícil de serem vibrados”, já que o percentual que é transmitido através do componente ocorre pela propagação das ondas vibratórias de um componente a outro.

Baring (1998) propõe a classificação dos níveis de proteção acústica dos imóveis em classes “A especial”, “A” e “B”.

Na classe “A especial”, estariam incluídos os imóveis de qualidade mais apurada exigíveis, por exemplo, para “um hotel de primeira linha, no exterior, vizinho a um aeroporto. Vêm-se os aviões decolando mas não se ouve nada, quando muito um rumor quase imperceptível, de baixa frequência. Não se nota também a descarga do sanitário do andar de cima, ou os ruídos hidráulicos de duchas e torneira. O ar condicionado só se escuta muito discretamente, junto à grelha de insuflamento. As paredes são mudas. O teto só transmite algum ruído muito ocasional de queda de algum objeto pesado no andar de cima, ou o impacto dos pés de alguém que tenha dado um pulo, por uma razão qualquer”. Esta minuciosa descrição evidencia o alto nível de exigência estabelecido conceitualmente no projeto do empreendimento o qual, necessariamente, demandaria um consultor de acústica.

Para as classes “A” e “B”, os níveis de exigência são abrandados e são apresentados os requisitos a serem atendidos em relação às Classes de Transmissão de Som Aéreo (CTSA) e de Transmissão do Som do Impacto (CTSI) para as paredes externas incluindo esquadrias, divisórias internas à mesma unidade ou comuns a unidades geminadas e pisos, distinguindo-se para uma e outra classe apenas os valores que, em geral, são reduzidos entre 5 a 15 unidades para a classe “B”. Para a classe “A” são, ainda, impostas restrições quanto aos ruídos hidráulicos ou de equipamentos do edifício como casa de máquinas, elevadores, bombas de recalque e outros.

Na classe “B”, segundo o autor, inclui-se a quase totalidade dos imóveis residenciais e comerciais atualmente no mercado que apresentam, além dos baixos valores de CSTB e CSTI resultantes do emprego de componentes construtivos com baixa capacidade de amortecimento acústico¹⁶, “furos de isolamento sonora” caracterizados por falhas principalmente na estanqueidade das junções entre componentes distintos.

É importante destacar que a utilização de projetos-padrão para implantação em áreas distintas conduz à não observância de alternativas potencialmente capazes de minimizar os efeitos da exposição a fontes de poluição sonora, como um melhor

direcionamento das aberturas ou arranjo internos que conduzam a uma disposição de ambientes mais condizentes com as condições de entorno.

O projeto deverá orientar-se no sentido de dotar as paredes de vedação de características que possam contribuir para atenuar as perturbações provenientes do meio externo e as interferências sonoras internas provocadas pelas atividades de seus usuários ou por vibrações de máquinas e equipamentos hidráulicos que, transmitidos por componentes construtivos, manifestam-se sob a forma de ruído.

3.5 Segurança contra ao fogo

O desempenho das vedações verticais frente ao fogo influencia fortemente o desempenho do edifício como um todo, dado à sua participação significativa em eventos desta natureza, favorecendo ou retardando o desenvolvimento e propagação das chamas nas construções.

O estabelecimento de requisitos que possam resultar em níveis adequados de segurança contra incêndios envolve a regulamentação aplicável tanto a aspectos construtivos dos edifícios quanto ao seu uso. Estas duas classes são complementares e ambas devem ser consideradas nas fases de projeto, construção, operação, uso e manutenção dos edifícios. (Berto; Tomina, 1988)

No que se refere aos aspectos construtivos dos edifícios, assim como as demais exigências consideradas anteriormente, o atendimento às exigências de segurança contra incêndios dependerá da conjugação de vários fatores relacionados não apenas à natureza dos materiais e componentes empregados mas, também, às características geométricas dos recintos e do edifício, proximidade entre edificações, posicionamento e dimensionamento de aberturas, dentre outros.

Berto (1988) destaca os principais fatores a serem considerados:

- quantidade, tipo e distribuição dos materiais combustíveis no interior do recinto e que constituem a “carga térmica” ou “carga incêndio”;
- suprimento de ar na unidade de tempo: ventilação;
- porosidade e forma dos materiais combustíveis;

¹⁶ Amortecimento acústico: índice de enfraquecimento ou perda de transmissão sonora que é a quantidade de energia sonora, por unidade de área, que não atravessa um determinado material sendo, portanto, por ele retido. (Sabbatini et al, 1998)

- forma do recinto; e
- características térmicas dos materiais constituintes do recinto.

Quanto ao uso dos edifícios, Kato (1988) ressalta que o projetista de edifícios deve estar atento aos códigos específicos de proteção contra incêndio onde estão detalhadas as especificidades relativas ao uso e ocupação de edifícios, materiais empregados, sinalizações, saídas de emergência e rotas de fuga, proteção contra a fumaça, alarmes, equipamentos e equipes de combate a incêndios.

Para a avaliação de desempenho do edifício, o comportamento presumível dos seus componentes e elementos é verificado a partir da análise, principalmente, da resistência e reação ao fogo dos mesmos.

3.5.1 Resistência ao Fogo

Segundo Berto (1988), a resistência ao fogo pode ser conceituada como “o tempo durante o qual os elementos da construção, sujeitos a uma elevação padronizada de temperatura, mantêm a sua estabilidade ou integridade não permitindo, no caso de elementos separadores de ambientes, a elevação acentuada de temperatura no lado não exposto ao fogo, nem a passagem de gases quentes ou chamas”.

Na avaliação da resistência ao fogo, os corpos de prova representativos dos elementos da construção são expostos a uma elevação de temperatura, em uma de suas faces, sendo verificados os seguintes aspectos (ver Tabela 3.3):

- Estabilidade: não sofrer ruptura ou deslocamento transversal superior ao estipulado para cada caso (aplicável a elementos estruturais);
- Integridade: não entrar em colapso nem apresentar trincas ou deformações excessivas;
- Estanqueidade: não apresentar trincas ou aberturas suficientes para permitir a passagem de gases quentes ou chamas (aplicável somente a elementos que têm função de separação de ambientes);
- Isolação térmica: não elevar a temperatura média, na face exposta, acima de 140°C ou, em qualquer ponto, acima de 180°C.

TABELA 3.3: Resultados de ensaios de resistência ao fogo de paredes construídas com materiais e técnicas nacionais						
Paredes ensaiadas			Duração do Ensaio (min)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação		
	Argam. Revest.	Esp. Final (cm)		Integridade	Estanqueidade	Isolação térmica
Tijolos comuns de barro cozido ^(*) ; 05x10x20cm; 1,5Kg;	não	10	120	≥ 2	2	1 1/2
	não	20	395 ^(**)	≥ 6	≥ 6	≥ 6
	1:2:9	15	300	≥ 4	≥ 4	4
	1:2:9	25	300 ^(**)	≥ 6	≥ 6	≥ 6
Blocos vazados de concreto ^(*) ; 14x19x39cm; 13Kg; 19x19x39cm; 17kg	Não	14	100	≥ 1 1/2	≥ 1 1/2	1 1/2
	Não	19	120	≥ 2	≥ 2	1 1/2
	1:2:9	17	150	≥ 2	≥ 2	2
	1:2:9	22	185	≥ 3	≥ 3	3
Tijolos cerâmicos ^(*) , 8 furos, 10x20x20cm 2,9Kg	1:2:9	13	150	≥ 2	≥ 2	2
	1:2:9	23	300 ^(**)	≥ 4	≥ 4	≥ 4
Concreto armado (1:2,5:3,5), Aço CA-50A (Ø ¼”), 15x15cm); sem revestimento		11,5	150	2	2	1 1/2
		16	210	3	3	3
(*) Argamassas de assentamento: (1) 1:5 – cal:areia; (2) 1:1:8 – cim:cal:areia; (3) 1:4 – cal:areia. (**) Ensaio encerrado sem ocorrência de falência em nenhum dos 3 critérios de avaliação A resistência ao fogo dos elementos é determinada pelo menor valor entre os 3 critérios, destacado em negrito.						
Fonte: Laboratório de ensaios de fogo da Divisão de edificações do IPT (1988)						

A TABELA 3.3 apresenta os resultados de ensaios realizados no IPT (SP) para paredes conformadas a partir de componentes distintos e é aqui apresentada apenas em caráter ilustrativo, devendo-se analisar os resultados apenas comparativamente. Resultados aplicáveis a situações práticas só são possíveis a partir de ensaios com emprego dos componentes que se deseja utilizar e com a reprodução – tanto quanto possível - das condições de execução encontradas no canteiro.

Os resultados desta avaliação são expressos pelo tempo que o elemento atende os critérios para cada parâmetro, ou seja, tempo em que o componente ou elemento mantém um nível de desempenho aceitável.

Segundo o projeto da Norma Brasileira (ABNT/CB-02, 2001), a resistência ao fogo dos elementos construtivos deve ser comprovada em ensaios realizados conforme as normas NBR 10636 – Determinação da resistência ao fogo de paredes e divisórias sem função estrutural e atender ao disposto na Tabela 3.4:

TABELA 3.4 – Critério relativo à resistência ao fogo de elementos construtivos de compartimentação						
Elemento construtivo	Resistência ao fogo (horas)					
	Sistema Construtivo Tipo I			Sistema Construtivo Tipo II		
	Isolante térmico	Estanqueidade	Estabilidade	Isolante térmico	Estanqueidade	Estabilidade
Fachadas (excluindo portas e janelas)	1/2	1/2	1/2	1	1	1
Fachadas cegas	1/2	1/2	1/2	–	–	–
Paredes entre habitações	1/2	1/2	1/2	–	–	–

FONTE: ABNT/CB-02. Projeto 02:136.01.004 – Desempenho de edifícios habitacionais de até 4 pavimentos. Local, 2001.

3.5.2 Reação ao fogo

Segundo Kato (1988), o conceito de reação ao fogo “exprime a contribuição dos materiais, componentes e elementos da construção ao alimentar e propagar o fogo, assim como desenvolver fumaça e gases nocivos”.

A avaliação de desempenho é determinada a partir da verificação dos seguintes aspectos:

- Ignescência

- Propagação da chama
- Desenvolvimento de fumaça
- Resistência à chama
- Desenvolvimento de calor

O projeto de Norma Brasileira para a avaliação de “desempenho de edifícios habitacionais de até 4 pavimentos” recomenda a adoção dos valores apresentados nas Tabelas 3.5 e 3.6 para os índices máximos de propagação superficial de chamas e densidade ótica de fumaça máxima, respectivamente.

TABELA 3.5: Índices Máximos de Propagação Superficial de Chamas			
Elemento Construtivo	Cozinhas	Outros locais dentro das habitações	Outros locais fora das habitações
Paredes	75	150	25

Fonte: NBR 9442: Determinação do Índice de Propagação Superficial de Chamas pelo Método do Painel Radiante para paredes divisórias

Tabela 3.6: Densidade Ótica de Fumaça Máxima		
Elemento construtivo	Cozinhas	Outros locais dentro e fora das habitações
Fachada (face interna) Divisórias internas	300	450

Fonte: ASTM E-662: *Specific Optic Density of Smoke Generated by Solid Materials*

3.6 Durabilidade

Cada material é sensível a diferentes fatores de degradação.

Na fase de projeto é que será determinada grande parte dos fatores de degradação a que o material estará sujeito. Pode-se também definir a proteção ou exposição de um material a determinados fatores de degradação, desde a seleção correta de cada material frente às solicitações e às condições de exposição, em serviço, até à



FIG. 3.14.



FIG. 3.15

Pequenos ressaltos ou saliências no plano das fachadas podem reduzir sensivelmente o grau de exposição de seus componentes à ação de agentes deletérios.



FIG. 3.16 *Edifício construído por Artaxo Jurado, na década de 50, em São Paulo: na composição das fachadas estão presentes importantes elementos de proteção e minimização do grau de exposição de seus componentes às intempéries.*

concepção de detalhes que possam prolongar a vida útil do material e da construção como um todo.

A análise deverá levar em consideração as condições de serviço e o grau de exposição ao meio ambiente circundante, como um todo e também, na escala micro como, por exemplo, a orientação de uma parede ou a existência de fontes localizadas de umidade, etc.

Para alguns componentes da edificação, a durabilidade determina a vida útil do edifício, para outros vai determinar os custos de manutenção e condições de habitabilidade, que podem ser prejudicadas pela ação destes agentes como, por exemplo, a existência de componentes ou regiões úmidas, não insoladas, podendo tanto reduzir a resistência de componentes com alguma responsabilidade estrutural a níveis comprometedores da estabilidade global, quanto favorecer a proliferação de microorganismos, gerar superfícies frias, etc.

A durabilidade enquanto uma propriedade associada à manutenção de determinadas características ao longo da vida útil do edifício pode ser entendida como a síntese resultante do desempenho deste edifício frente às demais exigências já apresentadas podendo ser, portanto, definida pelo tempo de permanência de suas propriedades acima dos limites mínimos admissíveis no cumprimento de suas funções.

O comprometimento do desempenho frente à ação da água, ou o desempenho estrutural ou termo-acústico ou qualquer outro, em maior ou menor escala, estará reduzindo a durabilidade do edifício enquanto atendimento às necessidades de seus usuários.

Importante frisar, novamente, que diante da premente necessidade de redução de impactos ambientais provocados pela produção de edifícios em todas as etapas de seu ciclo, a durabilidade das edificações não pode mais ser considerada apenas do ponto de vista econômico e dos prejuízos circunscritos aos seus usuários diretos, pois o empreendimento precisa também cumprir sua função social, resgatando todos os custos envolvidos em sua concretização, incluindo os ambientais.

4 DIRETRIZES PARA OS PROJETOS DE ALVENARIA

Este capítulo propõe a sistematização das práticas de projetos para a produção de alvenarias de vedação racionalizadas identificadas no transcorrer deste trabalho. Resultam, basicamente, das consultas a registros em projeto de pesquisa, da vivência profissional da autora desde a década de 90 e das práticas apreendidas durante as atividades de campo, junto a construtoras e escritórios de projeto da cidade de São Paulo, entre 2000 e 2002.

Registre-se que, muito embora tenha-se efetuado os trabalhos de revisão bibliográfica sobre o assunto, aos objetivos do presente capítulo, mostraram-se mais apropriadas as informações obtidas junto ao setor produtivo por melhor representarem o processo evolutivo e atual estágio de desenvolvimento do projeto e produção de alvenarias de vedação racionalizadas.

Por esta razão, as diretrizes aqui apresentadas apóiam-se preponderantemente nos resultados obtidos em campo, nas proposições expressas em projetos de pesquisa, especialmente aqueles desenvolvidos no âmbito do CPqDcc da Poli USP e do DAU PUC Minas, além das experiências profissionais da autora. São, portanto, escassas as referências a publicações técnicas de circulação formal e as fontes de consulta utilizadas serão referenciadas segundo a procedência da informação.

4.1 Condições contratuais

A adoção dos projetos para a produção de alvenarias de vedação racionalizadas por parte de empresas construtoras na cidade de São Paulo tem sido crescente¹⁷, podendo-se registrar a ocorrência de duas condições distintas na contratação dos mesmos. Estas condições irão determinar metodologias de desenvolvimento também distintas e que, por sua vez, resultarão em projetos de conteúdo diferenciado, com maior ou menor potencial de regulação e de racionalização sobre o processo de produção das alvenarias de vedação e do produto final.

¹⁷ Em Belo Horizonte/MG, segundo depoimento da Arq. Cássia Villani, pelo menos 03 empresas construtoras têm contratado projetos para a produção de alvenarias racionalizadas.

A primeira condição, e a mais desejável, ocorre quando existe a possibilidade de compatibilização do projeto de alvenaria com as demais disciplinas de projeto, ainda na fase do anteprojeto.

A segunda, passível de ser encontrada, ainda que não desejada, ocorre quando o desenvolvimento do projeto de alvenaria dá-se numa fase posterior à elaboração dos demais projetos do edifício, ou seja, após o desenvolvimento dos projetos executivos. Seu potencial de racionalização do projeto e da produção das alvenarias e do edifício é limitado, não sendo objeto de discussão das diretrizes aqui propostas. Caso ocorra, os princípios estabelecidos para a primeira situação poderão ser adaptados, buscando-se o máximo grau de racionalização, dentro das restrições impostas pelos demais projetos, já finalizados.

Além do aspecto relativo ao momento mais adequado para ao início das atividades de projeto, outra discussão de grande interesse refere-se à definição sobre o profissional (ou equipe de profissionais) que deverá desenvolvê-lo.

A prática verificada nos trabalhos de campo tem sido a terceirização deste serviço a um escritório de projetos, cujos profissionais participam das reuniões de coordenação com os demais profissionais envolvidos no empreendimento. De acordo com o grau de intimidade destes projetistas com a estrutura organizacional e produtiva da empresa contratante são dimensionados os recursos necessários para que este disponha de todas as informações necessárias à concretização do projeto, sendo que esses escritórios não estão, necessariamente, prestando este tipo de serviço apenas para uma única empresa construtora.

Na fase de execução, o projetista fará o acompanhamento das obras, resolvendo junto aos responsáveis eventuais ajustes e correções que se fizerem necessários.

Sabbatini (1998) defende que os projetos para a produção constituem-se num importante diferencial da empresa em relação às suas concorrentes, sendo fator decisivo de competitividade devendo, portanto, serem desenvolvidos no âmbito da própria empresa, por equipe constituída para este fim.

Uma prática particular foi identificada nos trabalhos de campo, onde um dos escritórios de projetos pesquisado é contratado para o fornecimento dos projetos e

também da equipe para a produção das alvenarias. Segundo os entrevistados¹⁸, durante um período, o volume de trabalho demandado por uma única empresa determinou a exclusividade na prestação dos serviços deste escritório à empresa contratante.

Independente da forma e momento da contratação dos projetos para o empreendimento – se terceirizados ou desenvolvidos na própria empresa; contratados ainda na etapa de elaboração de anteprojetos ou após a conclusão dos projetos de obra – a condição inicial básica é o domínio da estrutura organizacional e produtiva da empresa, ou seja, do seu sistema de produção.

As diretrizes de projeto aqui apresentadas contemplam a hipótese de contratação dos projetos para a produção ainda durante a elaboração dos anteprojetos arquitetônico e complementares. Como já salientado, este é considerado o momento ideal para que se obtenha os maiores benefícios advindos da adoção de medidas de racionalização da construção e de regulação do processo de produção.

Para as situações de início dos projetos para a produção após a conclusão dos projetos arquitetônicos e complementares, as diretrizes propostas deverão ser contemporizadas e adaptadas.

Por fim, cabe registrar os relatos de Meseguer (1991) acerca da ocorrência, em alguns países, de profissionais ou organizações contratados pelas construtoras ou pelos proprietários, para exercerem o controle da qualidade sobre os projetos do empreendimento. Na Alemanha, existe a figura, legalmente instituída, denominada “engenheiro verificador”, que “são pessoas de grande experiência e prestígio na profissão, que em um momento da sua vida passam da área de produção de projetos para a de seu controle”.

Também na Espanha, segundo o mesmo autor, existem algumas organizações que efetuam o controle de projeto, às quais recomenda que os proprietários sempre recorram, “já que o custo correspondente sempre resulta em compensação em termos de qualidade, inclusive custo, por eliminação de problemas posteriores (além de que)

¹⁸ Arq.Nilton Aizner e Eng. Valério Paz, da Technologys (SP).



FIG. 4.1 *Através de visitas aos canteiros de obras da empresa construtora é possível conhecer e registrar as práticas construtivas empregadas para, progressivamente, incorporar aos projetos para produção procedimentos e soluções inovadoras àquela realidade. No exemplo, além da geração de entulho e do consumo adicional de argamassa e mão-de-obra para a recomposição do painel de alvenaria, a superfície resultante é heterogênea o que, em geral, compromete o desempenho adequado da alvenaria e do revestimento argamassado aplicado sobre esta base, sendo freqüente o aparecimento de fissuras nestes pontos.*



FIG. 4.2 *Registro em obra: quebra de componentes; geração de entulho e consumo de mão-de-obra para sua retirada; retrabalho na reconstituição dos rasgos e consumo extra de argamassa; comprometimento da produtividade; probabilidade de aparecimento de fissuras na interface dos componentes cerâmicos com a argamassa de assentamento que, em geral, transferem-se para a camada de revestimento, especialmente se forem utilizadas argamassas rígidas para a reconstituição dos rasgos.*

o mero fato de que um projetista saiba que será controlado posteriormente se traduz em um maior esmero na realização do mesmo”.

4.2 Estágio tecnológico da empresa construtora

Aos projetistas da alvenaria será indispensável o conhecimento da cultura construtiva da empresa construtora, responsável pelo empreendimento, relativamente ao subsistema vedações verticais que, para os processos construtivos convencionais estende-se praticamente a todo o edifício. Recomenda-se, pois, o estreitamento de suas relações com a produção, através de visitas aos canteiros de obras da empresa, buscando conhecer e registrar os procedimentos e soluções construtivas empregadas, disponibilidade de materiais e de equipamentos, equipes de produção e capacitação da mão-de-obra, relações hierárquicas no corpo executivo da empresa e demais informações que favoreçam a inserção do projeto como regulador efetivo do processo de produção.

Tanto quanto conhecer obras em execução, faz-se necessário visitar edifícios prontos, preferencialmente de diferentes idades, consultar registros da empresa quanto a avaliações pós-ocupação e ou de serviços de manutenção e correção após entrega, reclamações de clientes, etc., a fim de se conhecer as tipologias, padrões construtivos e de acabamentos dos edifícios e seu comportamento em uso e, principalmente, atentar para os pontos que têm favorecido a manifestação de problemas patológicos e defeitos sistemáticos, registrando-os, buscando identificar suas origens e mecanismos de degradação e investigando as possibilidades do projeto em equacioná-los.

Não se trata, certamente, de uma atividade simples o diagnóstico correto das origens e desenvolvimento de uma manifestação patológica, sendo essa uma área de concentração que exige conhecimentos especializados que podem envolver a física, a química, a biologia ou outras áreas especializadas e que, sobretudo, exige do profissional visão e abordagem sistêmicas do problema. Naturalmente, não se deve esperar que os profissionais de projeto possuam sempre esta larga experiência. No entanto, a simples identificação e o registro sistemático das manifestações patológicas em edifícios já em uso, certamente desencadearão um processo de investigação que poderá se estender aos demais integrantes do processo produtivo.

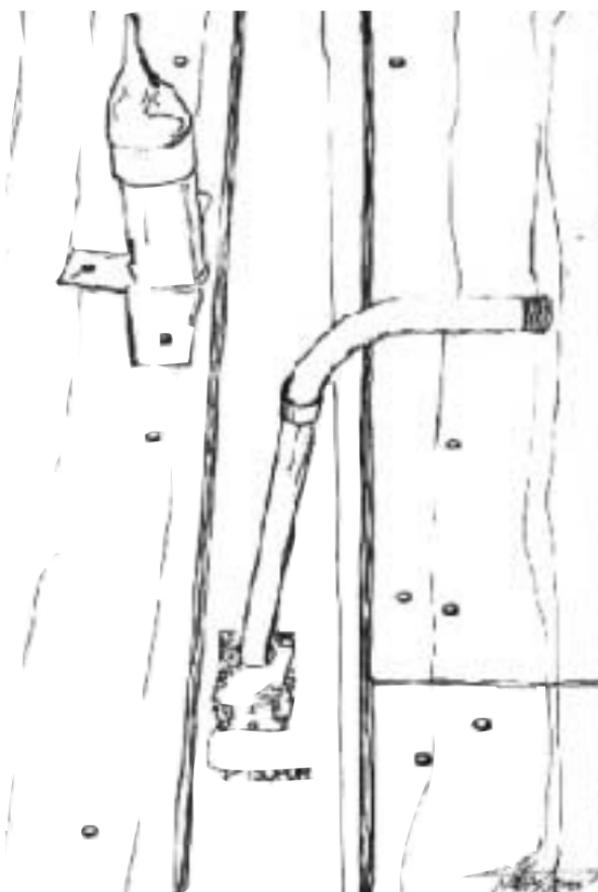


FIG. 4.3
Registro em obra: montagem de formas para a concretagem de lajes e vigas com a instalação de componentes que conformarão os furos para a passagem de tubulações ou a introdução dos eletrodutos que ficarão embutidos na estrutura.



FIG. 4.4
Tanto quanto conhecer obras em execução, faz-se necessário visitar edifícios prontos, preferencialmente de diferentes idades, consultar registros da empresa de avaliações pós-ocupação e/ou de serviços de manutenção e correção após entrega, reclamações de clientes, etc., a fim de conhecer as tipologias, padrões construtivos e de acabamentos dos edifícios e seu comportamento em uso e, principalmente, atentar para os pontos favoráveis à manifestação de problemas patológicos e defeitos sistemáticos, registrando-os em bancos de dados, buscando identificar suas origens e mecanismos de degradação e investigando as possibilidades do projeto em equacioná-los.

Suscitar a discussão sobre os problemas identificados nas obras será sempre um caminho salutar para o seu equacionamento e evolução da construção civil.

Não obstante possa-se identificar a postura historicamente predominante, na construção civil, de omissão, dissimulação e, até mesmo, de desinteresse frente à divulgação de ocorrências patológicas e defeitos sistemáticos entre seus profissionais, atualmente os problemas que mais freqüentemente têm acometido as construções tradicionais estão razoavelmente documentados e discutidos na literatura técnica nacional e internacional e os projetos para a produção podem ser o veículo de introdução e divulgação desse conhecimento acadêmico no meio técnico responsável pela produção.

Todo esse processo visa capacitar os projetistas de alvenaria a conceberem, não só os detalhes construtivos que poderão assegurar às paredes de vedação o melhor desempenho de suas funções como também o seu processo de produção, possibilitando “a agregação ao projeto da máxima eficiência tecnológica e racionalização construtiva, atendendo aos requisitos de desempenho e funcionalidade da edificação” (Melhado e Violani, 1992).

As figuras 4.1 a 4.4 ilustram a atividade inicial de sistematização de dados para a caracterização do estágio tecnológico da empresa construtora à qual se destinam os projetos para a produção de alvenarias de vedação racionalizadas. Os exemplos apresentados referem-se ao desenvolvimento desta etapa no primeiro Convênio Universidade-Empresa, já mencionado anteriormente.

4.3 Levantamento das informações técnicas necessárias ao projeto para a produção das alvenarias de vedação racionalizadas

Esta etapa compreende o levantamento sistemático das informações técnicas que caracterizarão o produto contidas, principalmente, nos anteprojetos arquitetônico e complementares, mas que também podem estar presentes em outros documentos utilizados pela empresa tais como, manuais de procedimentos de execução, especificações padronizadas de componentes ou mesmo fichas de descrição do empreendimento (*briefing*).

O desenvolvimento desta etapa visa verificar a suficiência e clareza das informações imprescindíveis ao desenvolvimento do projeto de alvenaria e, a partir do lançamento

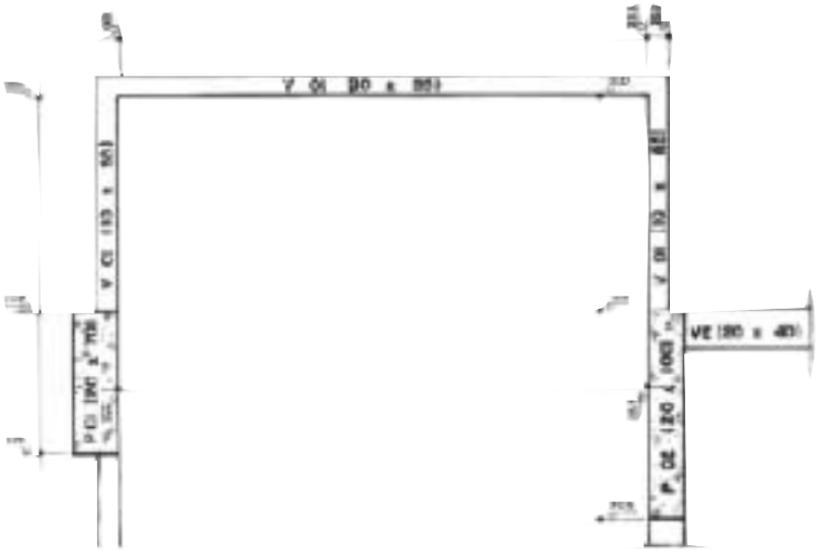


FIG. 4.5 *Matriz de estrutura (EP/EN-7): base sobre a qual eram lançados, progressivamente, os dados dos projetos arquitetônicos e complementares para a verificação da compatibilidade entre eles e explicitação de aspectos conflitantes entre os subsistemas. Elaborada a partir da planta do pavimento-tipo, adotou-se o sistema de cotas acumuladas a partir dos elementos estruturais. Atualmente, a compatibilização das informações é feita com emprego de recursos da informática, com a sobreposição de camadas (layers) e checagem das interferências. O sistema de cotas acumuladas permanece mas as medidas referenciam-se a eixos auxiliares, ortogonais, lançados em projeto e em obra.*

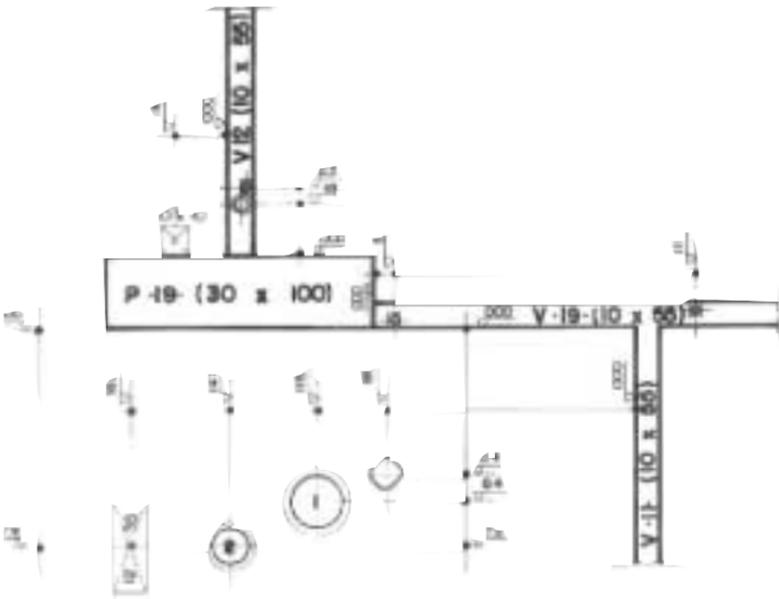


FIG. 4.6 *Nos projetos experimentais, os elementos estruturais foram adotados como elementos de referência para a locação dos demais componentes construtivos, sendo os pontos de origem para um sistema de cotas acumuladas. Esta proposição objetivava a redução de imprecisões na locação de paredes, vãos de esquadrias e demais componentes originadas do acúmulo progressivo de erros de medidas eventualmente ocorridos em obra. No entanto, sua aplicação mostrou-se imprópria por transferir pequenas distorções comumente presentes na execução dos componentes estruturais para a locação de outros componentes.*

dos dados técnicos sobre uma mesma base, verificar também os conflitos, interdependências e interferências entre as exigências expressas em cada documento.

Nos projetos experimentais desenvolvidos no âmbito do convênio EP/EN-7, a compatibilidade dos dados era verificada a partir do lançamento progressivo dos mesmos sobre uma base denominada “matriz de estrutura” contendo a planta do pavimento tipo, elaborada a partir das informações contidas no projeto estrutural e onde eram evidenciados os aspectos conflitantes originados das interferências mútuas entre os subsistemas do edifício. Em reuniões periódicas com os diversos projetistas e com profissionais da produção, estes conflitos eram apresentados buscando-se seu equacionamento (Fig.4.5 e 4.6) .

Atualmente, a compatibilização das informações é feita com o emprego de recursos da informática, com a sobreposição de camadas (*layers*) e checagem das interferências.

Com o emprego massivo dos recursos de informática para o desenvolvimento de projetos, esta etapa de verificação das interferências entre os diversos atributos característicos das alvenarias efetiva-se a partir de procedimentos bastante simplificados, mais rápidos e com um maior grau de confiabilidade desde que os diversos desenhos tenham sido gerados em ambiente computacional previamente ajustado, uniformizando-se entre os projetistas desde a escolha do software até à configuração básica das ferramentas de auxílio ao desenho, tais como padronização de *layers*, estilos de textos, sistema de cotas, criação e inserção de blocos para componentes, dentre outros.

Nas entrevistas realizadas na etapa de pesquisa de campo, verificou-se a preferência dos projetistas de alvenaria pelo emprego do AutoCAD, da AutoDesk, como ferramenta de projeto. Igual tendência foi verificada no universo investigado por pesquisadores da Universidade Católica de Minas Gerais (Silva et al, 2000) envolvendo profissionais de arquitetura e de engenharia atuantes em várias cidades brasileiras. No entanto, ainda que trabalhando a partir de um mesmo software, a ausência de critérios e rotinas próprias tem dificultado uma real integração entre os projetos dos diversos escritórios e retardado o processo de troca de informação, além de reduzir a confiabilidade dessas informações.

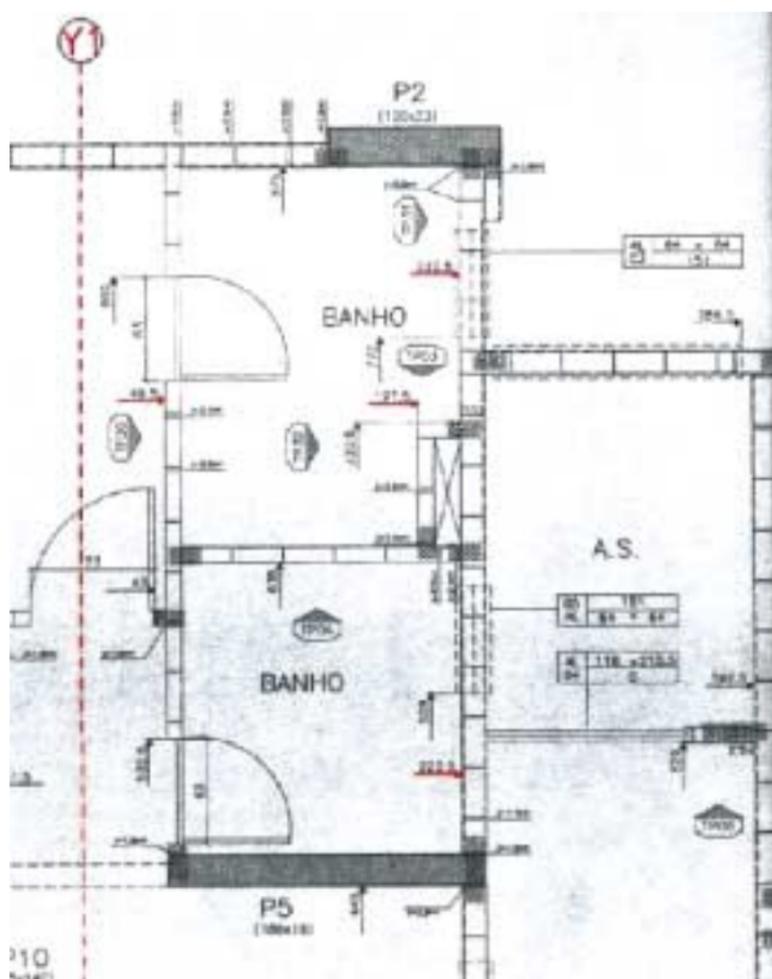


FIG. 4.7

Atualmente, a compatibilização das informações é feita com emprego de recursos da informática, com a sobreposição de camadas (layers) e checagem das interferências. Os projetos de alvenaria mantêm o sistema de cotas acumuladas, mas adotando como referência os denominados "eixos auxiliares" que constituem-se, em planta, no ponto de origem para todas as linhas de cotas (cota 0,00); são ortogonais entre si (eixo "X" e eixo "Y"), podendo-se estabelecer outros eixos paralelos a esses (eixos "X1", "X2", etc. ou eixos "Y1", "Y2", etc.) para evitar-se a ocorrência de distâncias superiores a 20m, desaconselháveis à locação com o uso das trenas usualmente empregadas nos canteiros de obra. Os eixos auxiliares não devem ser coincidentes com paredes ou quaisquer outros componentes que impeçam sua plena utilização.

A AsBEA – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura – considera que a rápida evolução da informática na área de projetos não permitiu a adequação correta dos escritórios às suas potencialidades restringindo o uso do computador nos programas em CADD (*Computer Aided Drawing Design*) a “instrumento de desenho e não utilizando-o como uma ferramenta fantástica para integração e compatibilização das diversas especialidades de projeto”¹⁹. Para a maximização dos benefícios oriundos do seu emprego, a AsBEA vem coordenando uma campanha para a padronização de *layers*, diretórios, arquivos, além da definição de responsabilidades entre todas as atividades do projeto baseando-se, inicialmente, nos modelos de normas Americanas/Canadenses (AIA, CSI, NBSI) e Européias (ISO), e objetivando, a médio prazo, transformá-los em normas da ABNT.

Recomenda-se, pois, ao início dos trabalhos a prévia unificação de linguagem e critérios entre os diversos projetistas, de modo a propiciar a transferência consistente e clara de informações entre toda a equipe de projetos, reduzindo ou mesmo eliminando o tempo de preparo para tradução de arquivos e dados entre diversos *softwares*, o tempo de formatação e organização de dados e arquivos, além da redução das discrepâncias e erros potenciais.

Importante também nesta etapa é o estabelecimento do sistema de eixos auxiliares a partir dos quais todos os elementos serão cotados. Os eixos devem ser estabelecidos no anteprojeto arquitetônico e utilizados como referência nos demais anteprojetos e posteriormente na obra, onde eles serão materializados no início dos trabalhos de locação e permanecerão, sendo transferidos pavimento a pavimento, até à conclusão dos trabalhos. (Fig. 4.7 a 4.9)

Nos projetos experimentais, propôs-se a utilização dos elementos estruturais como elementos de referência para a locação dos demais componentes construtivos, adotando-os como pontos de origem para um sistema de cotas acumuladas, conforme ilustrado nas figuras 4.5 e 4.6. Esta proposição objetivava a redução de imprecisões na locação de paredes, vãos de esquadrias e demais componentes originadas do acúmulo progressivo de erros de medidas eventualmente ocorridos em obra. No

¹⁹ <http://www.asbea.org.br>, acesso em janeiro de 2003.

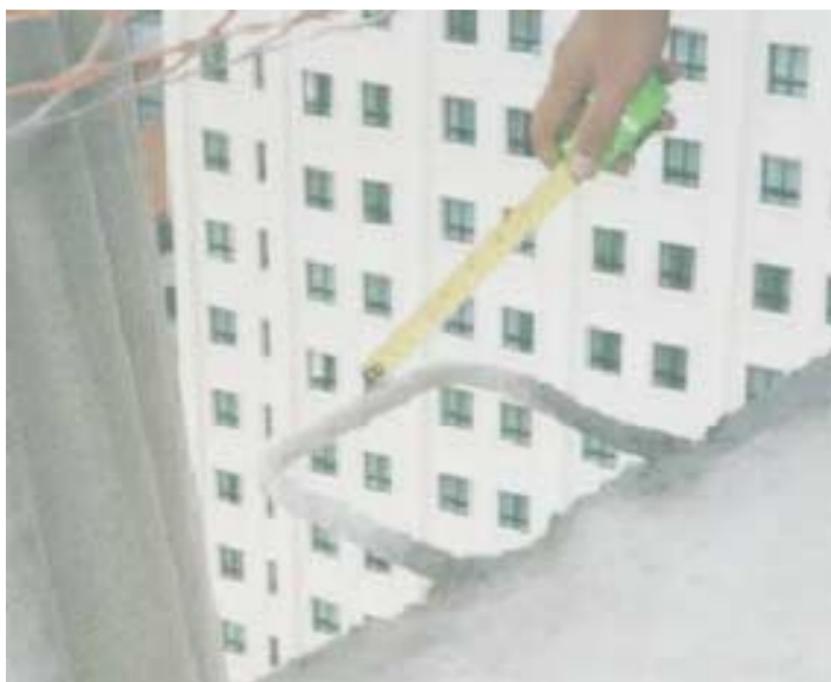


FIG. 4.8

O sistema de eixos deve ser estabelecido no anteprojeto arquitetônico e utilizado como referência nos demais anteprojetos e etapas projetuais. Posteriormente, na obra, onde os eixos serão materializados no início dos trabalhos de locação e permanecerão, sendo transferidos pavimento por pavimento, até à conclusão dos trabalhos.



FIG. 4.9

Todos os elementos construtivos são locados a partir dos eixos auxiliares que, materializados na obra, são transferidos progressivamente para todos os pavimentos.

entanto, sua aplicação mostrou-se imprópria por transferir pequenas distorções comumente presentes na execução dos componentes estruturais para a locação de outros componentes.

Atualmente, os projetos de alvenaria mantêm o sistema de cotas acumuladas, mas adotam como referência os denominados “eixos auxiliares”, ilustrados pelas figuras 4.7 a 4.9 e que apresentam as seguintes características:

- constituem-se, em planta, no ponto de origem para todas as linhas de cotas (cota 0,00);
- são ortogonais entre si (**eixo “X”** e **eixo “Y”**), podendo-se estabelecer outros eixos paralelos a esses (eixos **“X₁”**, **“X₂”**, etc. ou eixos **“Y₁”**, **“Y₂”**, etc.) para evitar-se a ocorrência de distâncias muito grandes (superiores a 20 cm), desaconselháveis à locação com o uso das trenas usualmente empregadas nos canteiros de obra;
- são propostos pelo anteprojeto arquitetônico e devem ser materializados na obra através de marcos topográficos que permaneçam incólumes desde a sua implantação - na fase de locação das fundações – até ao final dos serviços de alvenaria (ou de outros serviços que prevejam sua utilização);
- são transferidos para todos os pavimentos, progressivamente; e
- não devem ser coincidentes com paredes ou quaisquer outros componentes que impeçam sua plena utilização.

No ambiente computacional, a partir da sobreposição das informações advindas de cada anteprojeto, são assinaladas as interferências relevantes para a análise e discussão com todos os projetistas e profissionais da área de produção.

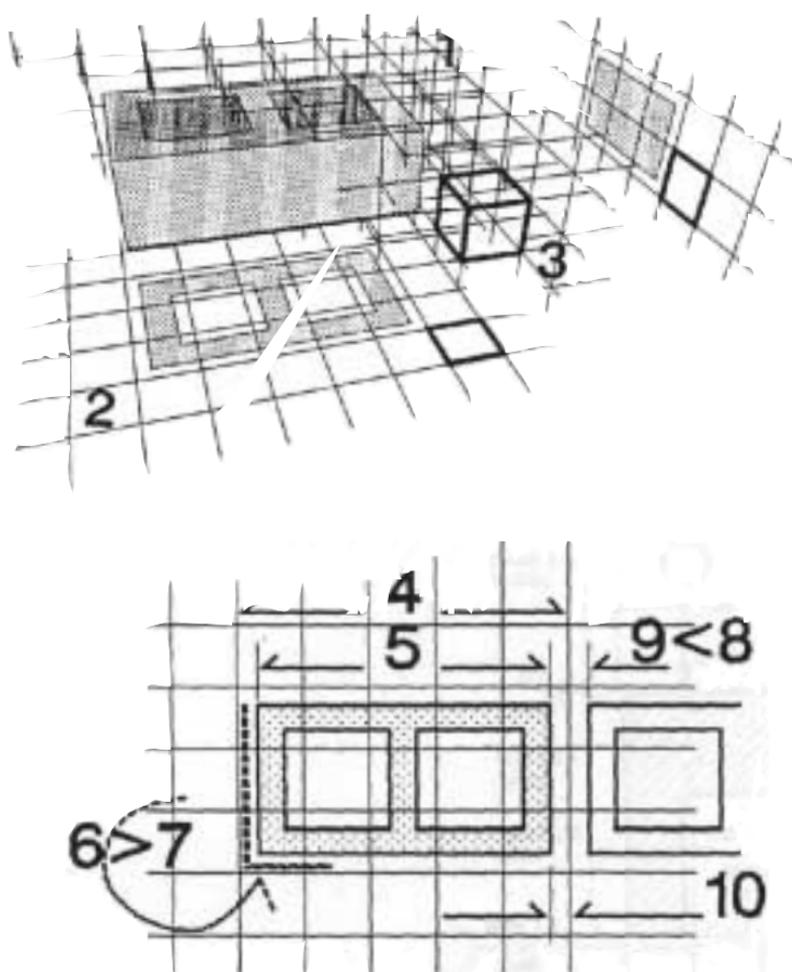
A interação do projeto de alvenaria com as demais disciplinas de projeto constitui-se no primeiro momento do processo de desenvolvimento do projeto para a produção das alvenarias de vedação, compreendendo o levantamento sistemático das informações técnicas, e a análise crítica das interferências para a posterior compatibilização dos dados contidos nos diversos anteprojetos. Esta fase objetiva identificar, o quanto antes, as interferências existentes entre os diversos anteprojetos, situações favoráveis à execução racional da alvenaria, seleção e detalhamento

daquelas que poderão conferir às alvenarias o maior grau de construtibilidade e seu adequado desempenho futuro.

A Tabela 4.1 apresenta as informações básicas a serem colhidas nesta etapa para a elaboração do anteprojeto para a produção da alvenaria:

TABELA 4.1: Levantamento Preliminar de Dados Técnicos para o Anteprojeto de Produção de Alvenarias Racionalizadas	
Anteprojeto de arquitetura	<ul style="list-style-type: none"> • espessuras e localização das paredes; • leiaute das áreas molhadas; • tipo e espessuras de revestimentos de paredes e pisos; • pé-direito previsto, altura de peitoris, bancadas e forros; • localização e dimensões de esquadrias; • desníveis entre ambientes;
Anteprojeto de estrutura	<ul style="list-style-type: none"> • disposição e dimensões de pilares e vigas; • espessuras das lajes; • características dos vãos estruturais; • localização das juntas estruturais (de dilatação); • características de deformabilidade da estrutura e do vínculo entre as paredes e a estrutura.
Anteprojeto de instalações prediais	<ul style="list-style-type: none"> • posicionamento, diâmetro e concentração das tubulações: prumadas, ramais e sub-ramais; • pontos de alimentação e esgotamento de aparelhos hidráulico-sanitários; • previsão de “shafts”, paredes hidráulicas, paredes duplas com câmaras centrais ou outras soluções; • localização de quadros de distribuição de luz, equipamentos de condicionamento de ar, aquecedores, incêndio, caixas e medidores de gás e outros, especificações e recomendações técnicas de instalação de equipamentos; • localização dos pontos de luz, interruptores, tomadas, interfonos, RTV e outros nas paredes e tetos; • sistemas de distribuição previstos para as redes de água fria, água quente, elétrica, telefônica, de circuitos internos, cabos, gás, etc.
Outras interferências	<ul style="list-style-type: none"> • tipos de esquadria, com suas características de execução e sistema de fixação para previsão das folgas necessárias e definição dos vãos na alvenaria; • tipos de revestimento e acabamentos, técnicas de execução e espessuras finais; • tipo e dimensões de rodapés; • áreas a serem impermeabilizadas, tipo e espessura total do sistema de impermeabilização (camadas de regularização, impermeabilização e proteção) • previsão de peças suspensas tais como armários, ganchos para redes, corrimãos, etc.
<p>Observação: Revisão e complementação da tabela proposta por Sabbatini e Silva (1991) no relatório final do Convênio de Desenvolvimento Tecnológico EPUSP-ENCOL/7.</p>	

Após o levantamento das informações básicas necessárias ao desenvolvimento do anteprojeto, o projetista deverá definir preliminarmente os materiais e técnicas



- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. Reticulado Modular Espacial de Referência | 4. Medida Modular |
| 2. Quadricula Modular de Referência | 5. Medida Nominal |
| 3. Módulo | 6. Medida Real |
| | 7. Tolerância de Fabricação |
| | 8. Junta Nominal |
| | 9. Junta Real |
| | 10. Ajuste Modular |

FIG. 4.10

Ilustração das definições propostas por Hugo Lucini para implantação de Sistema de Coordenação Modular de Projeto em empresa construtora. O documento, de circulação interna, objetiva normatizar o processo de produção de edifícios a partir das atividades de projeto. As figuras 4.11 a 4.13 exemplificam algumas diretrizes para o desenvolvimento dos projetos contratados pela empresa.

construtivas passíveis de utilização, estabelecendo como diretriz um sistema de coordenação modular que regerá todo o processo de desenvolvimento do projeto.

4.4 Adoção de um sistema de coordenação modular

Conceitualmente, o módulo é a unidade básica de um sistema cujo padrão de forma e de dimensões referencia todos os demais componentes deste sistema.

Segundo o Dicionário da Arquitetura Brasileira (Corona e Lemos, 1989), módulo é “o elemento comum de medida que se emprega para assegurar ao edifício, à construção, um processo normativo, lógico de desenvolvimento. Pode ser constituído por simples medida corrente, por exemplo 1,00 m, 1,50 m etc. ou também pelas dimensões de determinado material a ser empregado na obra: um tijolo premoldado, uma parede premoldada, painéis predimensionados e industrializados, etc”.

Esta definição explicita a capacidade potencial de normatização do processo de produção de um edifício pela introdução de um módulo regulador não apenas das atividades de produção, como também das definições projetuais.

Segundo Lucini (2002) “entende-se por coordenação modular ao sistema que, a partir de medidas com base num módulo predeterminado, compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra sem sofrer modificações” (Figuras 4.10 a 4.13).

A adoção de um sistema de coordenação modular em um projeto é um instrumento que pode propiciar grande alcance nos níveis de racionalização da construção, especialmente pela redução de perdas e aumento da produtividade obtidos a partir da compatibilização dimensional de componentes construtivos dentro de um mesmo subsistema ou entre componentes de subsistemas distintos.

No Brasil, a aplicação desse conceito de forma sistemática tem se restringido quase que exclusivamente às construções industrializadas, com emprego de componentes pré-fabricados.

Lucini (2002) afirma que “na Europa, na década de 50, realizaram-se esforços importantes na tentativa de definir sistemas de coordenação modular que auxiliassem na produção maciça de construções habitacionais, principalmente pré-fabricadas e industrializadas”, resultando daí a incorporação “na prática produtiva e construtiva a

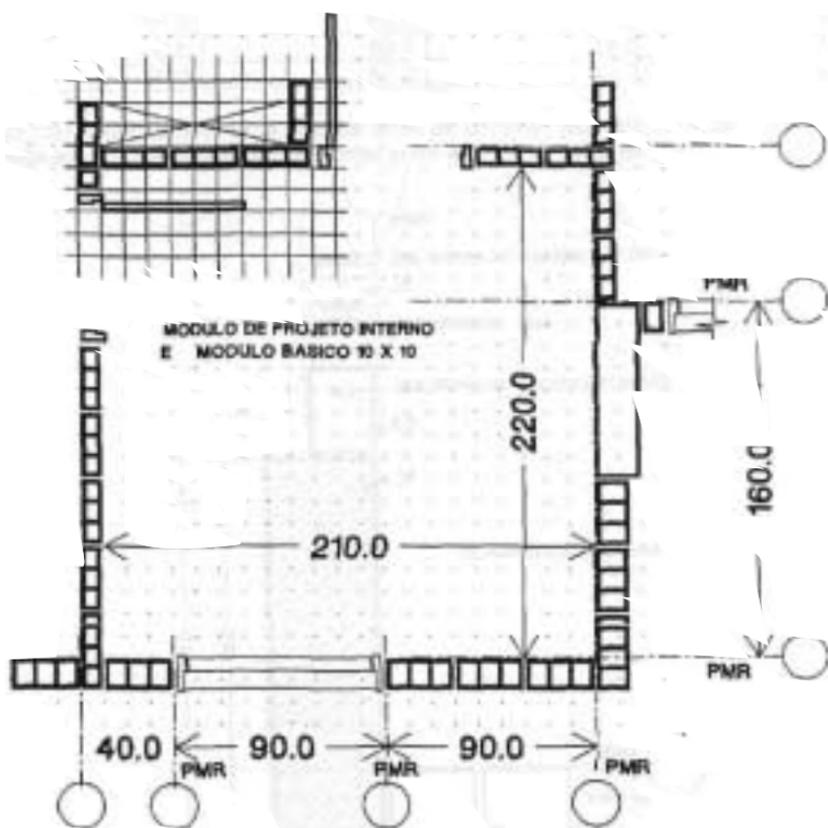


FIG. 4.11

Organização modular horizontal da construção: diretrizes para o posicionamento modular de elementos e componentes sobre a Quadricula Modular.

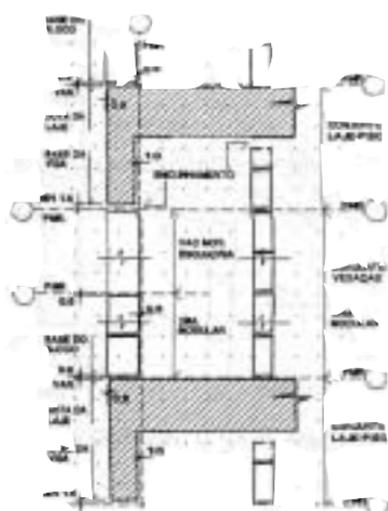


FIG 4.12

Organização vertical modular da construção.

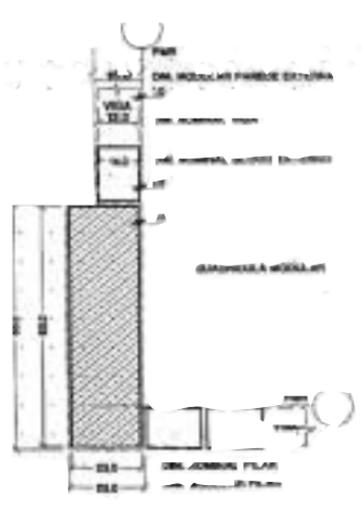


FIG 4.13

Diretrizes para o ajuste dimensional dos pilares em planta.

Fonte: Lucini, H.C. Cyrela. Coordenação Modular de Projetos - conceitos básicos de coordenação modular aplicada e processo de lançamento de projeto. Cyrela, São Paulo, s.d. (documento de circulação interna)

preocupação pela compatibilização dimensional, com grande participação de produtores e componentes diferenciados”, em países como a Holanda, Dinamarca, França e Inglaterra. “No Brasil, ainda que contando com normas sobre o assunto desde os anos 70, a prática não vingou. A produção maciça de habitação de interesse social na década de 70 introduziu algumas alternativas de sistemas construtivos racionalizados, mas a precariedade das soluções tecnológicas adotadas não permitiu a consolidação da prática”.

A proposição de racionalização da construção a partir da década de 70, trouxe o assunto à discussão tendo motivado, inclusive, a formulação de inúmeras normas brasileiras abordando temas como a “coordenação modular da construção” (NBR 5706/82 e NBR 5731/82), “princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente” (NBR 5729/82), “ajustes modulares e tolerâncias” (NBR 5725/82), “série modular de medidas” (NBR 5726/82), “multimódulos” (NBR 5709/82), “alturas modulares de piso a piso, de compartimento estrutural” (NBR 5710/82), “posição de compartimentos da construção em relação à quadrícula de referência” (NBR 5707/82), além de outras dirigidas à coordenação modular das dimensões de componentes para a construção, tais como forro (NBR 5723/82), cobertura (NBR 5720), componentes para confecção de lajes (NBR 5716/82), tijolos (NBR 5711/82), divisórias internas (NBR 5721), dentre outras.

Esta exaustiva listagem de normas pretende evidenciar que, não obstante a intenção expressa de padronização de componentes e procedimentos para a construção, a indústria de materiais e componentes e os projetistas mantiveram-se alheios a esse esforço, dificultando a implementação de um sistema de coordenação modular aplicável à produção de edifícios pelo processo construtivo tradicional.

Identificou-se nos levantamentos de campo, no entanto, um crescente investimento direcionado à implantação de processos construtivos de alvenarias de vedação racionalizadas fundados em bases conceituais onde a coordenação modular é uma premissa básica ao desenvolvimento dos projetos. Lucini (2002) observa que “hoje, devido às mudanças econômicas no contexto da produção de edificações, os processos de racionalização e compatibilização construtiva e dimensional voltam a

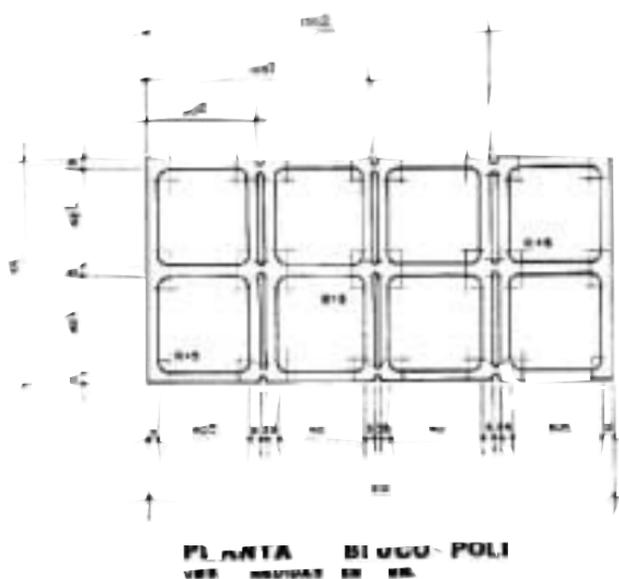


FIG 4.14 Componente cerâmico seccionável para produção de alvenarias de vedação concebido para permitir a obtenção de submódulos correspondentes a 1/4, 1/2 e 3/4 do componente inteiro e, assim, possibilitar o preenchimento de vãos estruturais de quaisquer dimensões. Suas dimensões guardam a relação de proporcionalidade onde o comprimento é igual a 2 vezes a largura do bloco acrescido de 1 junta ($C = 2L + 1J$), sendo a altura igual ao comprimento ($C=H$).

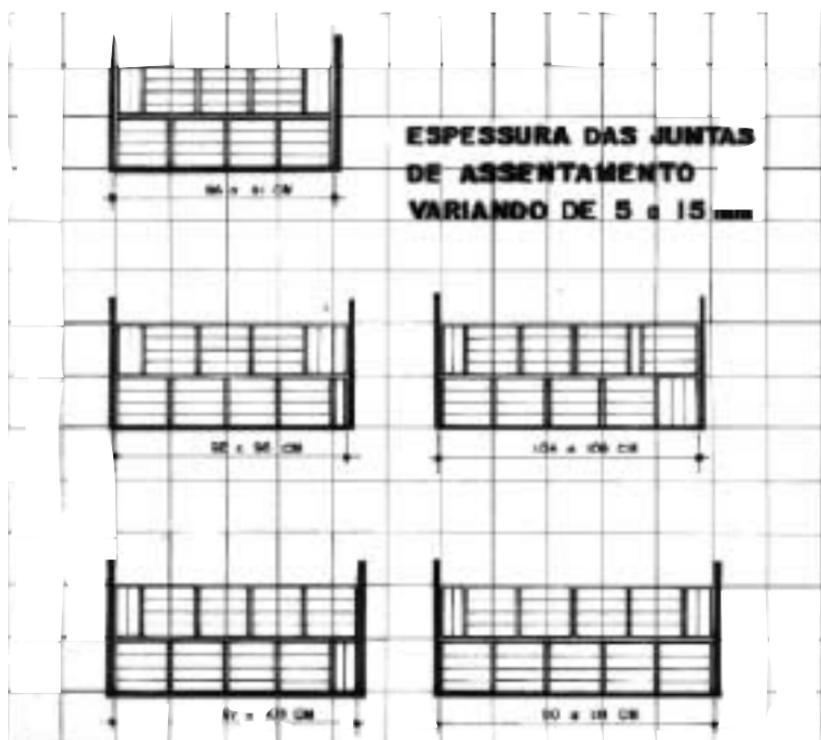


FIG 4.15 Exemplos de arranjos, com o uso dos sub-módulos do Bloco Poli e variações na espessura da junta vertical para a conformação de vãos estruturais cujas dimensões não são múltiplas do módulo básico, especialmente em paredes de pequena extensão. O emprego dos sub-módulos possibilita a "correção" da amarração, fazendo a compensação necessária para que as juntas possam se propagar a meio-bloco.

considerar-se como alternativa para a necessária redução de custos e aumento da produtividade, aliados dessa vez, à qualidade construtiva e ambiental”.

Melhado (1994) considera que para a racionalização da construção “é básica a utilização de componentes padronizados e coordenados dimensionalmente, através da qual atingem-se maiores níveis de produtividade e tem-se redução de desperdícios pela eliminação de cortes e ajustes de componentes”.

Observa-se, por exemplo, que no processo construtivo tradicional é usual o seccionamento de tijolos e blocos de alvenaria com a colher de pedreiro para obtenção do “sub-módulo” necessário ao preenchimento de vãos estruturais cujas dimensões não guardam relação de proporcionalidade com as dimensões modulares dos componentes empregados. Dado à impossibilidade de, através desta prática, obter-se “sub-módulos” geometricamente regulares e com a dimensão precisa o resultado é, além da geração de entulho e do consumo adicional de argamassa e mão-de-obra, a conformação de um painel de alvenaria heterogêneo quanto às características de seus componentes o que, em geral, compromete seu desempenho adequado sendo freqüente o aparecimento de fissuras nestes pontos.

No desenvolvimento dos projetos para a produção de alvenarias de vedação, constata-se, logo nas primeiras atividades, a dificuldade na definição da unidade de alvenaria a ser empregada devido à baixa qualidade dos produtos geralmente disponíveis no mercado brasileiro (sobretudo fora da cidade de São Paulo), à variabilidade de suas características físico-geométricas e, como agravante, à ausência de coordenação dimensional entre os mesmos e os demais componentes da construção.

Indefinições básicas quanto às características dimensionais ou geométricas das unidades de alvenaria podem invalidar proposições contidas nos projetos, como registrado nos dois primeiros projetos experimentais desenvolvidos no âmbito do convênio de pesquisa já mencionado.

Para a elaboração do terceiro projeto-piloto, dado à impossibilidade de mudar radical e prontamente a cultura da empresa construtora quanto à necessidade de adoção de um sistema de coordenação modular, desenvolveu-se um componente cerâmico para constituição dos painéis de parede que melhor se adequasse às práticas de projeto e



FIG. 4.16 e 4.17
Emprego do Bloco Poli com furos na vertical para passagem de tubulações de pequeno diâmetro.

FIG 4.18
Emprego de submódulos de espessura correspondentes a $\frac{1}{4}$ da dimensão modular da unidade de referência para a conformação de shafts hidráulicos.





FIG. 4.19
A possibilidade de assentamento dos blocos com os furos na horizontal ou na vertical evita situações como esta, com a exposição dos furos e a necessidade de preenchimento posterior com argamassa.

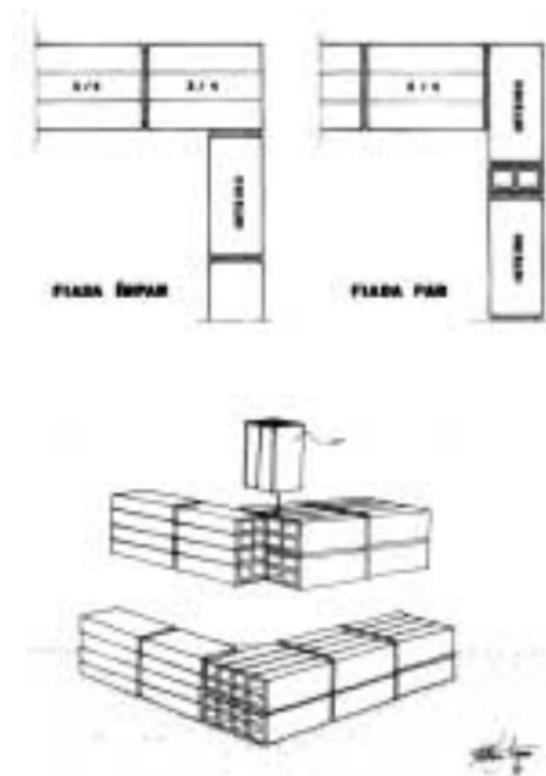


FIG 4.20 *Exemplos de aparelhamento de alvenaria com emprego do Bloco Poli: a proposição de desenvolvimento de um componente de iguais dimensões no comprimento e na altura objetivou ampliar as opções de seu emprego e de seus sub-módulos pela versatilidade obtida com seu posicionamento de acordo com as necessidades do projeto e da produção.*

de produção. Buscava-se, assim, auferir maiores benefícios da adoção dos projetos de alvenaria e dar-lhes maior credibilidade no meio técnico e produtivo, avaliando seu real potencial como indutor de medidas de racionalização no processo construtivo tradicional.

Esse componente cerâmico, conhecido como “Bloco Poli”, de dimensões reais iguais a 10 x 21 x 21 (cm) permitia o seccionamento da peça inteira, golpeando-se com a colher de pedreiro em regiões de fragilidade induzida, para a obtenção de sub-módulos correspondente a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ de seu comprimento (Fig. 4.14 e 4.15).

Suas dimensões (comprimento = altura) possibilitavam o assentamento dos componentes tanto com os furos na posição horizontal, quanto também na vertical, recurso utilizado para o emprego dos sub-módulos, para o embutimento dos ramais verticais das tubulações de pequeno diâmetro e para o arremate de paredes (nas extremidades ou cruzamentos) evitando a exposição dos furos e, assim, a necessidade de seu preenchimento com argamassa antes do revestimento das paredes (Fig.4.16 a 4.20) .

Com o recurso adicional de variar a espessura das juntas verticais promovendo ajustes, tornou-se viável o preenchimento de vãos estruturais de quaisquer dimensões, mesmo com a inexistência de coordenação modular e dimensional entre os subsistemas.

Além disto, suas dimensões guardavam entre si relações de proporcionalidade que possibilitavam variações no aparelhamento das peças em quaisquer das três dimensões, sendo o comprimento (e a altura) igual ao dobro da largura do bloco, acrescido da espessura de uma junta de assentamento, ou seja:

$$C = 2L + J \quad e \quad H = 2L + J$$

O componente foi produzido, a princípio, em escala experimental e, posteriormente, tendo suas dimensões alteradas para a modulação de 25x25cm, passou a ser produzido comercialmente por vários fabricantes. Durante os trabalhos de campo, verificou-se sua ampla utilização por empresas construtoras de São Paulo, sempre orientada por projetos de alvenaria, o que corrobora a hipótese de que os projetos

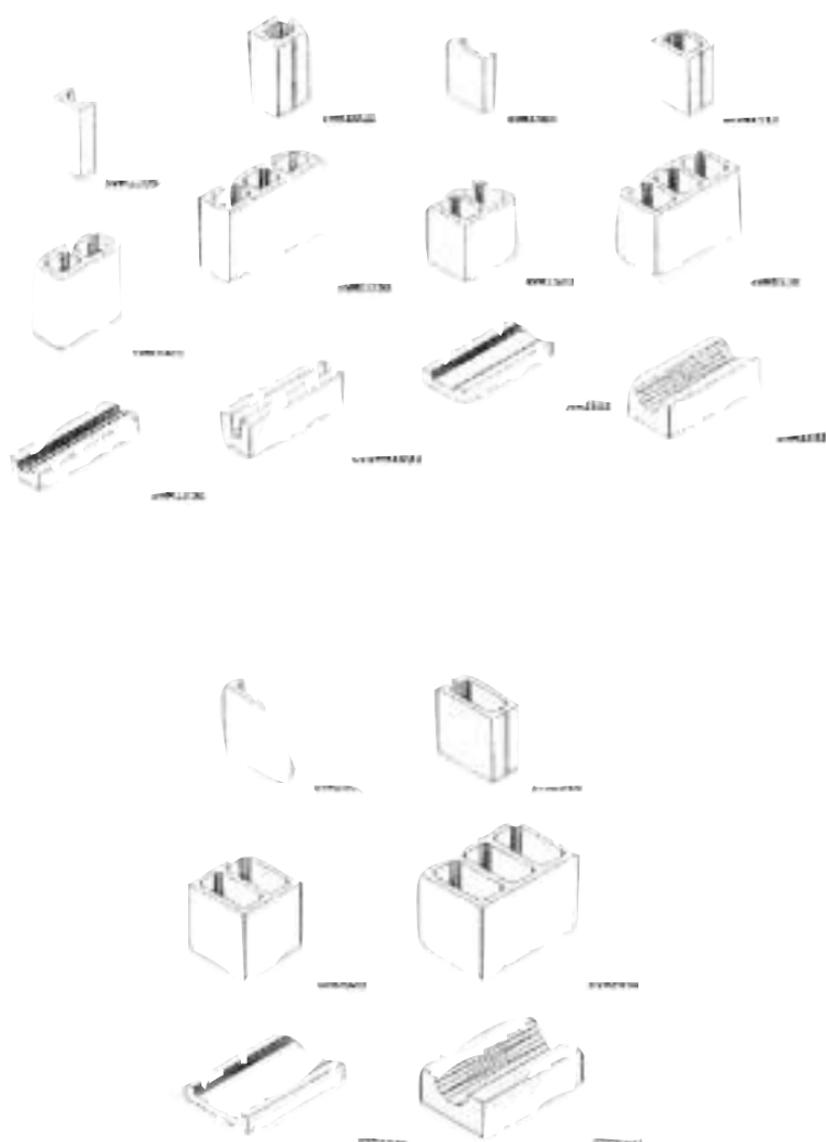


FIG 4.19

A imagem refere-se às três "famílias" de unidades para alvenaria do Sistema Glasser de Vedação Modular. Uma linha com largura nominal de 10cm, outra de 15cm e outra de 20cm, sendo que cada linha dispõe de 6 unidades: a unidade básica, unidades correspondentes a 2/3, 1/3 e 1/6 da unidade básica, além de 2 canaletas, denominadas "alta" e "baixa". Além das unidades de alvenaria fazem parte do sistema as telas para ancoragem das paredes aos pilares ou entre paredes; elementos pré-moldados para vergas e contravergas e argamassas para assentamento e fixação.

Segundo o documento Diretrizes para os projetos de Alvenaria (Sistema Glasser de Vedação Modular), (2002) "o módulo básico do sistema glasser de vedação modular é de 30 x 20 (cm), nas direções horizontal e vertical respectivamente. A unidade básica tem dimensões de 30 x 20 (cm) e as demais unidades possibilitam o projeto modular com variação de 5cm nas direções horizontal e vertical. Mesmo em obras cujo projeto não seja modular é possível o uso racional do sistema (...) utilizando as juntas de argamassa para compatibilizar as dimensões modulares com as reais."

para a produção têm desempenhado papel fundamental na evolução tecnológica e na racionalização do processo construtivo tradicional.

No entanto, o emprego de componentes cerâmicos seccionáveis evidencia a dificuldade de adoção, pelo mercado, da coordenação modular como diretriz para o projeto e produção de edifícios. Um avanço importante nesta direção ocorreu através de um convênio de desenvolvimento tecnológico entre o CPqDCC e uma empresa fabricante de componentes de concreto²⁰, na cidade de São Paulo. O sistema de vedação modular desenvolvido adotou o módulo M-10 como unidade modular básica e referencial não só para as famílias de blocos propostas, como também para o desenvolvimento de todos os projetos com utilização do sistema. (Fig. 4.21).

Ressalta-se a necessidade da visão sistêmica na escolha das alternativas para que a proposição do sistema de coordenação modular possa contemplar as peculiaridades do processo construtivo do edifício.

Ao se estabelecer um sistema de coordenação que conjugue as características dimensionais dos materiais e componentes constituintes do sistema e o processo de produção, pode-se auferir os seguintes benefícios (Franco, 1992):

- Simplificação da atividade de elaboração do projeto;
- Padronização de materiais e componentes;
- Possibilidade de normalização, tipificação, substituição e composição entre componentes padronizados;
- Diminuição dos problemas de interface entre componentes, elementos e subsistemas;
- Facilidade na utilização de técnicas pré-definidas, facilitando inclusive o controle da produção;
- Redução dos desperdícios com adaptações;
- Maior precisão dimensional; e

²⁰ Convênio de Desenvolvimento Tecnológico EPUSP-Glasser



FIG. 4.22 e 4.23
Os exemplos ilustram algumas das alternativas disponíveis no mercado, evidenciando a diversidade de componentes para a produção de alvenarias de vedação. Caberá ao projetista de alvenaria e demais profissionais envolvidos no processo a análise de suas propriedades e das condições locais de sua utilização, para a seleção da alternativa que melhor atenda às exigências do projeto e do empreendimento, como um todo.



- Diminuição de erros da mão-de-obra, com conseqüente aumento da qualidade e da produtividade.

4.5 Definição dos Componentes das Paredes de Alvenaria

As paredes de alvenaria são constituídas, basicamente, pelas unidades de alvenaria (tijolo ou bloco) e pelas juntas de argamassa, sendo suas características resultantes das características destes componentes e da interação entre eles, ou seja, das características de aderência do conjunto.

Compete ao projetista a definição destes componentes frente às exigências de desempenho estabelecidas para o subsistema de vedações verticais, à disponibilidade local de componentes para alvenaria, mão-de-obra, ferramentas e equipamentos, além das condicionantes específicas do empreendimento relativas aos prazos e custos.

4.5.1 Unidades de Alvenaria

Não cabe aos objetivos deste trabalho abordar todas as variáveis intervenientes no processo de tomada de decisões, contemplando as diversidades regionais e circunstanciais que conduzirão à seleção das unidades de alvenaria mais adequadas a cada projeto (Fig. 4.22 e 4.23). Portanto, serão relacionados sinteticamente os aspectos considerados relevantes à análise quanto às propriedades dos componentes e às características locais:

- Resistência mecânica: avaliação da resistência frente às características de deformabilidade da estrutura de concreto, prevenindo a transferência indevida de esforços adicionais para as paredes; avaliação de sua adequação às operações de transporte, manuseio e armazenagem;
- Estabilidade dimensional: avaliação do comportamento dos componentes frente às variações higroscópicas e de temperatura, prevendo-se a limitação das dimensões dos painéis através da inserção de juntas de trabalho;
- Peso: avaliação da produtividade da mão-de-obra e da contribuição do peso próprio das alvenarias na estrutura do edifício;

- Regularidade geométrica: estabelecimento dos limites de tolerância (espessura, altura, comprimento, planeza das faces e esquadro) para aplicabilidade dos projetos em obra; prescrição dos procedimentos para a compra, o recebimento e a aceitação dos componentes de alvenaria na obra;
- Resistência a agentes agressivos, propriedades térmicas, resistência à transmissão sonora e resistência ao fogo: consulta às normas técnicas e catálogos de fabricantes; análise comparativa para diferentes componentes disponíveis localmente;
- Características regionais e culturais da empresa: consideração da tradição construtiva local, experiência da empresa e aceitação da clientela potencial na comercialização do empreendimento;
- Características da mão-de-obra: consideração do nível de especialização e a necessidade de treinamento da equipe tanto para a produção das alvenarias quanto para entendimento do projeto;
- Características construtivas: análise do potencial do componente de interação com componentes dos demais subsistemas que lhe farão interface;
- Custo total: avaliação das possibilidades de racionalização não só na produção das paredes de alvenaria como também de outros serviços que serão influenciados pelas suas características como redução nas espessuras dos revestimentos; facilidade de embutimento de instalações; consideração do índice de perda de componentes no manuseio; verificação da conformidade dos componentes quanto às características geométricas e mecânicas.

4.5.2 Juntas de Argamassa

As juntas de argamassa assumem funções primordiais ao desempenho dos painéis de alvenaria no sentido de dar-lhes monolicidade, unindo solidamente os blocos e ajudando-os a resistir a esforços laterais, distribuindo uniformemente as cargas atuantes por toda a área resistente dos blocos, absorvendo as deformações naturais a que estejam sujeitos e contribuindo, nas paredes externas, para a sua resistência à penetração das águas de chuva e de outros agentes deletérios (Fig. 4.24).

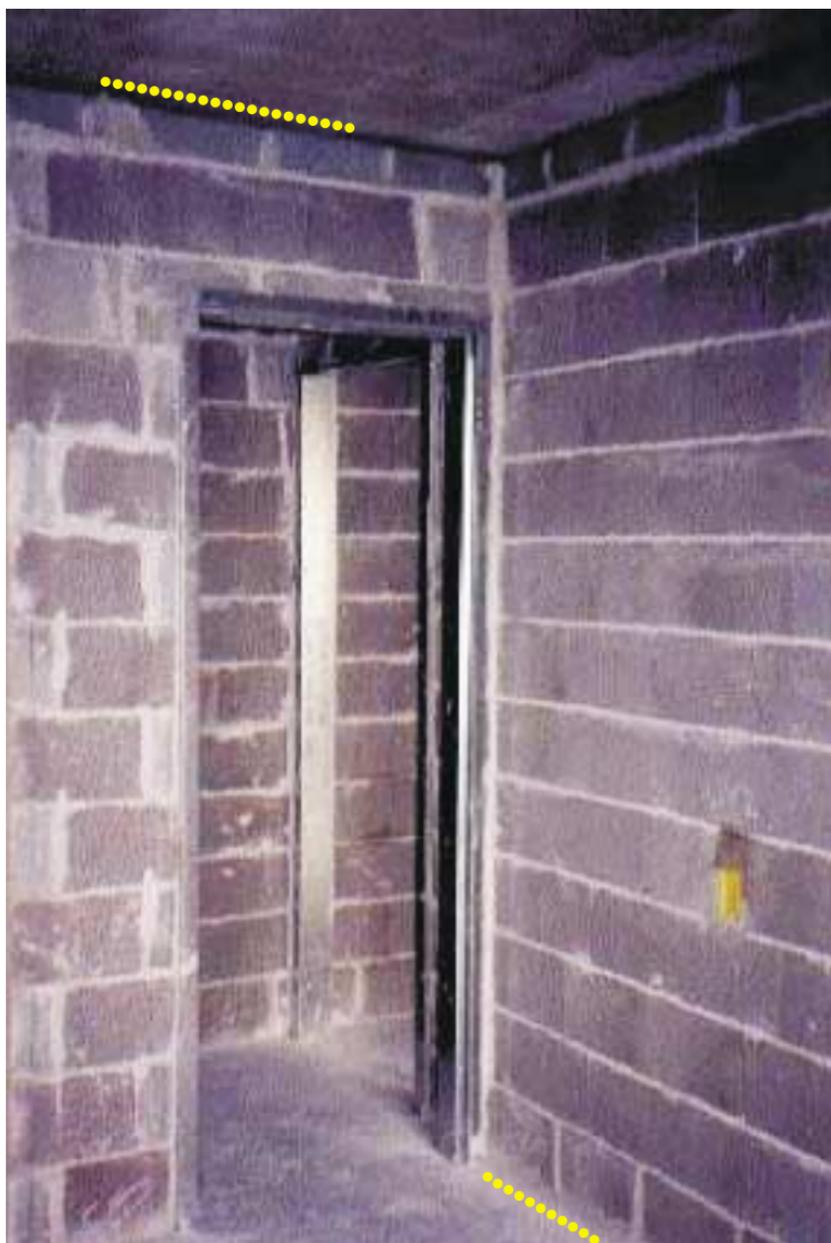


FIG. 4.24a e 4.24b
Assentamento de blocos de concreto: a argamassa é extrudada através do bico da bisonaga conformando os cordões horizontais. No estado fresco, a trabalhabilidade da argamassa reflete diretamente na qualidade da execução determinando, posteriormente todas as propriedades da argamassa endurecida.

Para que possam cumprir essas funções, as argamassas de assentamento (que irão conformar as juntas) devem apresentar as seguintes propriedades (Sabbatini, 1984):

- **Trabalhabilidade no estado fresco** (consistência, plasticidade e coesão): interfere diretamente no trabalho de assentamento influenciando todas as demais propriedades da argamassa endurecida; é determinada pelas relações água/aglomerante e aglomerante/areia, pela granulometria da areia e pela natureza e qualidade do aglomerante;
- **Capacidade de retenção de água**: definida a partir das características de sucção dos componentes de alvenaria, pode ser controlada pela variação da tensão superficial da pasta aglomerante, com o emprego de aditivos que absorvam água ou impeçam a percolação de água;
- **Capacidade de aderência**: interação entre as características da argamassa e dos blocos em função do encunhamento resultante da migração da pasta contida na argamassa no estado fresco e precipitação dos hidróxidos e silicatos nos poros da base, durante a pega; determina a capacidade da interface bloco/argamassa a resistir a esforços tangenciais ao seu plano (cisalhamento) ou normais a ele (tração);
- **Capacidade de absorver deformações**: acomodação das deformações por retração na secagem e por movimentações higrotérmicas ou decorrentes de movimentos estruturais da própria parede, sem fissurar ou, mais propriamente, através de microfissuras não prejudiciais ao seu desempenho;
- **Resistência mecânica**: a resistência à compressão das juntas de argamassa tem pouca influência na resistência à compressão da alvenaria não sendo esta uma exigência preponderante ao seu desempenho, exceto quanto ao seu valor máximo que deve sempre ser inferior ao dos blocos; propriedade conferida às argamassas pelo aglomerante, principalmente o cimento cuja presença na argamassa pode torná-la proporcionalmente mais resistente à penetração da água e de agentes deletérios, mas também a torna mais rígida e com maior potencial de fissuração, quando submetida a deformações intrínsecas ou extrínsecas;

JUNTA HORIZONTAL DE FIXAÇÃO



JUNTA HORIZONTAL DE BASE

FIG. 4.25

As juntas de assentamento distinguem-se pelo cumprimento de funções específicas associadas a sua posição nos painéis de alvenaria: juntas verticais ou juntas horizontais, sendo estas ainda diferenciadas em JUNTA HORIZONTAL DE BASE e JUNTA HORIZONTAL DE FIXAÇÃO.

- Retração na secagem: irreversível, quando decorrente da evaporação de parte da água de amassamento e das reações de hidratação e carbonatação do aglomerante, ou reversível, com a variação cíclica do seu conteúdo de umidade ou volumétrica frente a variações ambientais; podem originar fissuras nas juntas de argamassa ou destacamentos entre essas e os blocos de alvenaria, comprometendo todas as demais propriedades das argamassas;
- Durabilidade: resultante de todas as propriedades anteriormente relacionadas, ou seja, desempenho das juntas de argamassa frente às solicitações a que estiverem sujeitas, com a manutenção de suas características, ao longo do tempo.

Além das funções genéricas listadas anteriormente, as juntas de argamassa distinguem-se pelo cumprimento de funções específicas associadas às posições - juntas horizontais ou juntas verticais - que ocupam nos painéis de alvenaria²¹, conforme ilustrado nas figuras 4.25 a 4.27:

4.5.2.1 Juntas Horizontais

São responsáveis pela distribuição uniforme dos esforços de compressão por toda a área resistente dos blocos e são normalmente conformadas com espessura de 10mm, resultando em modulação vertical das fiadas de 20cm, a partir de componentes de altura igual a 19cm, predominantes no mercado.

Para absorção de variações dimensionais nas unidades de alvenaria, podem ocorrer variações de sua espessura de 8 a 12mm. Espessuras fora desse intervalo podem resultar em características inadequadas da alvenaria por reduzir sua capacidade de absorver deformações (pequenas espessuras) ou sua capacidade de aderência e resistência mecânica (grandes espessuras), além de maior consumo de argamassa.

- Juntas horizontais de base: objetivam corrigir eventuais incorreções na concretagem da laje devendo ter, no mínimo, 10mm. Sua espessura final será determinada pelo mapa de verificação das condições da laje, elaborado preliminarmente ao início dos serviços de alvenaria;

²¹ A nomenclatura apresentada está presente nas diretrizes para os projetos de alvenaria com o emprego do Sistema Glasser de Vedação Modular. (GLASSER, 1999)

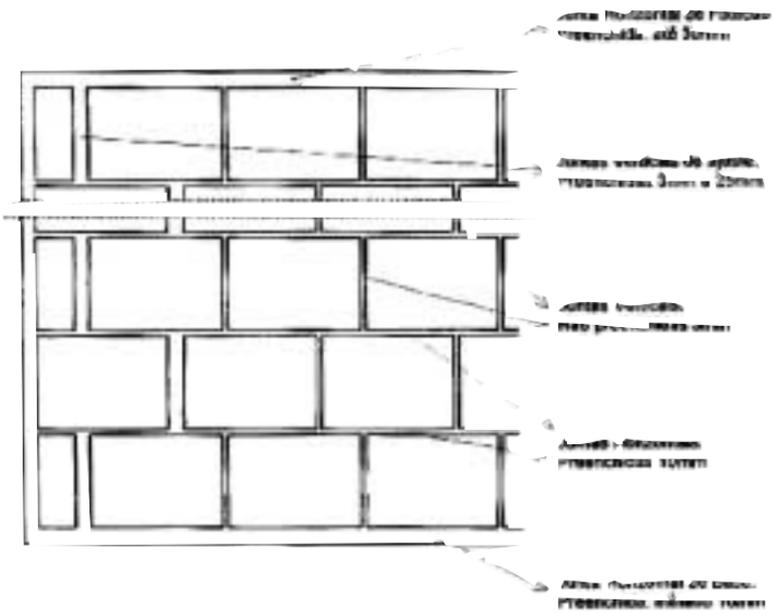


FIG. 4.26
Nomenclatura proposta no documento "Sistema Glasser de Vedação Modular" para a distinção das diferentes funções das juntas de assentamento, segundo sua posição no painel de alvenaria.

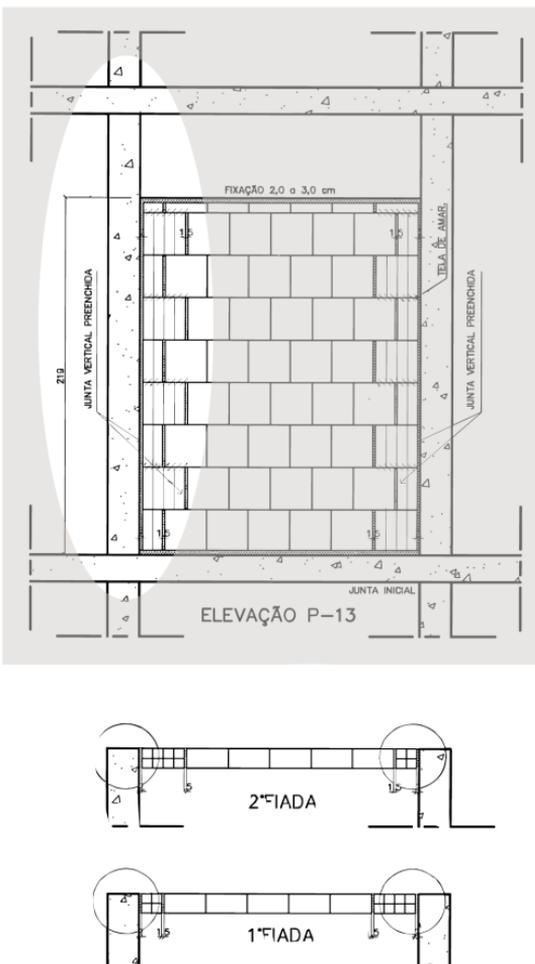


FIG. 4.27
O projeto de alvenaria indicará ao executor as características dimensionais das juntas de assentamento, assinalando também, para as juntas verticais, as posições onde deverão ser preenchidas com argamassa ou conformadas 'secas' ou seja, vazias.

- Juntas horizontais de fixação: promovem a ligação superior da alvenaria aos elementos estruturais (vigas ou lajes) e devem ter espessura de 20 a 30mm, recomendando-se adotar, no projeto, espessuras de 30mm. A definição da argamassa para seu preenchimento e o momento de sua execução devem estar corretamente especificados no projeto de alvenaria já que determinam o desempenho da interface alvenaria/estrutura, aspectos comentados no item 4.7.1.

4.5.2.2 Juntas Verticais

No processo construtivo tradicional, as juntas verticais nas alvenarias são totalmente preenchidas no momento do assentamento do componente, aplicando-se a argamassa com a colher de pedreiro na “cabeça” do componente que, em seguida é comprimido contra outro componente já assentado ou contra o elemento estrutural que limita horizontalmente o vão. Para os componentes usualmente disponibilizados no mercado, a espessura média das juntas verticais é de 10mm, dimensão que associada às dimensões nominais destes componentes resulta em dimensões modulares múltiplas de 10cm (M-10) ou de 15cm (M-15).

Estudos recentes (Franco; Barros; Sabbatini, 1994) demonstraram que o não preenchimento das juntas verticais entre unidades de alvenaria com argamassa, ou seja, a utilização de juntas “secas” ou “vazias” não comprometem o desempenho das alvenarias de vedação frente aos esforços de compressão. Por outro lado, este procedimento melhora o desempenho das paredes de alvenaria na medida em que diminui seu módulo de deformação, aumentando assim sua capacidade de acomodar deformações.

Seu dimensionamento deve ser função da modulação adotada pelo projeto de alvenaria sendo que a adoção de juntas verticais não preenchidas ou “secas” foi verificada para todas as empresas construtoras visitadas, tanto com o emprego de componentes cerâmicos quanto de concreto.

Do ponto executivo, o não preenchimento das juntas verticais pode aumentar a produtividade e reduzir o consumo de argamassa. Sua especificação no projeto para aplicação em obras exige, no entanto, o ajuste modular, para que não sejam

conformadas juntas verticais vazias, com dimensões excessivas ($e > 8\text{mm}$) para o seu preenchimento posterior, nas atividades de aplicação dos revestimentos argamassados.

Este procedimento vem sendo adotado em paredes ou em trechos de paredes que não apresentem solicitações excepcionais nem configurem situações particulares como nas interfaces com pilares ou em cruzamentos de paredes.

Nas paredes submetidas a esforços excepcionais, é recomendado o preenchimento de todas as juntas verticais visando travar a alvenaria tornando-a menos deformável. A espessura dessas juntas varia conforme o componente empregado e a modulação da alvenaria. São denominadas juntas de travamento e especificadas para paredes:

- Submetidas a intensos esforços cisalhantes, como paredes executadas sobre lajes em balanço;
- De comprimento superior a 9m ($C > 9\text{m}$) quando empregados blocos de concreto e a 12m ($C > 12\text{m}$) para componentes cerâmicos;
- Submetidas a esforços de grande intensidade que tendam a fletí-la, como paredes esbeltas onde a relação altura/espessura seja superior a 30 ($H/e > 30$);
- Não fixadas superiormente ou seja, de borda livre, como nas platibandas, varandas, áreas de serviço, etc;
- Submetidas a vibração contínua, como as: paredes da casa de máquinas, ou que contenham aparelho de ar condicionado ou paredes ligadas a caixas de elevador, etc;
- Sujeitas a choques, como as paredes de garagens;
- Dos pavimentos superiores em edifícios muito altos, submetidos a intensos esforços de vento (acima de 20 pavimentos, no caso da cidade de São Paulo);
- Com comprimento menor que um terço da altura ($C < H/3$);
- Submetidas a intensos esforços induzidos pelas deformações da estrutura de concreto armado, como paredes que se apóiam em lajes de pequena espessura



Foto: Arquivo Jonas Medeiros

FIG. 4.28

É recomendado o preenchimento das duas juntas dos componentes de extremidade na ligação com pilares e paredes, denominadas juntas verticais de ajuste e que se destinam a corrigir eventuais desvios nos pilares, promover ajustes decorrentes de variações dimensionais dos componentes de alvenaria e distribuir as tensões nos encontros de paredes.



Foto: Arquivo F. H. Sabbatini

FIG. 4.29

Recomenda-se, também, por questões construtivas, o preenchimento de todas as juntas vertical na fiada de demarcação da alvenaria, com o emprego de bisnaga, evitando o deslocamento destes componentes nas operações seguintes de elevação da parede.

($e_L < C/60$) ou executadas sobre vigas de pequena altura ($h_v < C/16$), proporcionalmente ao comprimento do vão.

- Paredes de escadas pressurizadas;
- Paredes fragilizadas pela incorporação de instalações, como as paredes hidráulicas em cozinhas, banheiros e áreas de serviço.

Além das juntas de travamento, é recomendado o preenchimento das juntas denominadas juntas verticais de ajuste que se destinam a corrigir eventuais desvios nos pilares, promover ajustes decorrentes de variações dimensionais dos componentes de alvenaria e distribuir as tensões nos encontros de paredes, sendo:

- As duas juntas dos componentes de extremidade na ligação com pilares e paredes (Fig.4.28);
- A última junta dos componentes de extremidade livre, como nos vãos de portas;

São também preenchidas, por questões construtivas:

- Juntas posicionadas sob o peitoril dos vãos de janelas, quando a contra-verga é descontínua;
- Juntas da fiada de marcação, para assegurar o posicionamento dos componentes (Fig.4.29).

4.6 Caracterização dos Painéis de alvenaria

Após levantamento dos dados dos diversos anteprojetos e definição prévia das unidades de alvenaria e argamassas de assentamento, deve-se realizar uma análise crítica dos mesmos, lançando-os sobre o sistema de coordenação modular eleito visando-se estabelecer as principais diretrizes quanto à tecnologia de produção dos painéis de alvenaria, tais como tipos e espessuras de juntas, aparelho da alvenaria, união entre paredes, dentre outros aspectos.

Tal como ocorre nos processos usuais de projeto em arquitetura, as definições assumidas em cada etapa não são estanques e serão continuamente ajustadas, à

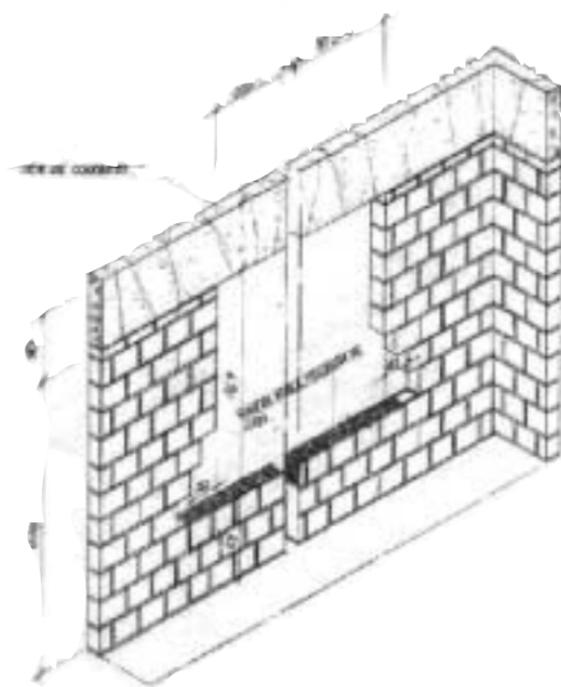


FIG. 4.30 O processo de projeto busca a compatibilização das interferências mútuas entre componentes de subsistemas distintos recorrendo-se, sempre que necessário, ao detalhamento construtivo de partes do edifício para a análise e tomada de decisões.



FIG. 4.31a e 4.31b Compatibilização da espessura da parede de alvenaria com as dimensões dos pilares e vigas na interface entre os subsistemas estrutura e vedações verticais. Observar a presença da tela metálica, na foto à esquerda, promovendo a ligação do pano de alvenaria com o pilar e que também promoverá a ligação entre os planos paralelos de parede, como ilustra a foto à direita.

medida que novas informações forem incorporadas ao processo projetual. O produto final será, portanto, resultante do equacionamento contínuo das interferências mútuas que se apresentarem ao projetista sendo apenas organizativa a seqüência de procedimentos apresentada a seguir (Fig. 4.30 e 4.31).

4.6.1 Definição das espessuras das alvenarias

Nos projetos de alvenaria, as paredes são apresentadas “em osso” ou seja, sem a incorporação das camadas de revestimento especificadas para aplicação em suas faces. No entanto, as características dimensionais da “parede acabada” devem ser consideradas neste momento do projeto, para definição de sua posição relativa a outros componentes do edifício, sobretudo dos subsistemas estrutura, revestimentos e impermeabilizações.

Nos projetos experimentais, frente à previsão de aplicação de revestimentos argamassados de pequena espessura sobre alvenarias e componentes estruturais, adotou-se a mesma espessura das vigas para as alvenarias sob elas localizadas.

Nos levantamentos de campo, constatou-se a adoção de espessuras diferenciadas para paredes e vigas da ordem de 10 a 15mm, recurso empregado para absorção de pequenas imprecisões ou desvios na execução dos componentes estruturais.

Quando se tratar de paredes externas, deve-se verificar também a ocorrência de descontinuidades nos planos das fachadas, tais como ressaltos, reentrâncias, juntas de dilatação, pingadeiras ou outros dispositivos de proteção dos vãos e painéis de vedação (Fig.4.31).

Internamente aos ambientes, deve-se atentar para a previsão de emprego de forros, detalhando-se sua interface com a porção superior dos painéis de vedação. Em áreas molhadas, deve-se considerar, ainda, a interface dos sistemas de impermeabilização especificados para os pisos na porção inferior das paredes, conforme ilustra a figura 4.83, no item 4.7.4.

Outro procedimento fundamental nesta fase de projeto é a determinação de espessuras para as alvenarias compatíveis com a função de abrigo ou suporte de outros componentes, em especial dos subsistemas de instalações prediais (Fig. 4.32).

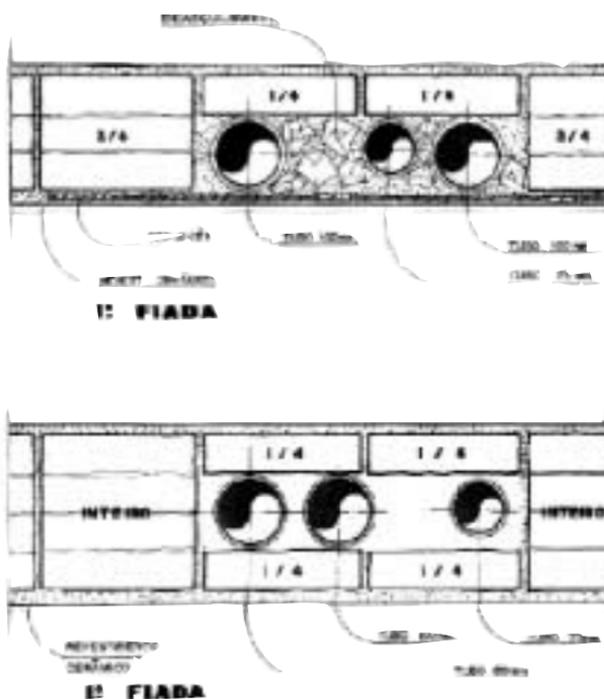


FIG. 4.32 Estudos para a definição da espessura das paredes que abrigam tubulações. Como não foram previstos shafts hidráulicos, optou-se pela colocação de submódulos, ainda que de pequena espessura, em ambas as faces da parede ou em pelo menos uma. Na outra face, após o encasquilhamento do vão, deve-se prever o uso de telas metálicas, do tipo *deployée*, para assegurar o bom desempenho das camadas de revestimento.

TIPOS DE AMARRAÇÃO

	FIADA ÍMPAR	FIADA PAR
em "L"		
em "T"		
em "+"		
<p>OBS.: os submódulos são utilizados para permitir a propagação de juntas a "meio bloco".</p>		

FIG. 4.33 Os sub-módulos são empregados para a "correção" da amarração, fazendo a compensação necessária para que as juntas possam se propagar segundo o aparelho especificado no projeto para produção.

A prática de incorporação de tubulações, conexões, quadros de distribuição ou outros componentes às paredes é bastante comum em nossos canteiros e seus reflexos no processo executivo e desempenho futuro das alvenarias são significativos, sendo imprescindível considerá-los na fase de projeto, como comentado no item 4.7.4.

Após considerados todos os aspectos que condicionam a definição das espessuras das paredes, recomenda-se ao projetista explorar as possibilidades de uniformização das soluções construtivas visando a simplificação de operações de produção e controle, sem desprezar exigências específicas, especialmente relacionadas ao conforto termo-acústico em paredes divisórias e de fachada.

4.6.2 Amarração das juntas verticais

Denomina-se “aparelho da alvenaria” ao posicionamento relativo das juntas verticais de assentamento de blocos ou tijolos em fiadas sucessivas. O aparelhamento entre as unidades contribuirá para a distribuição das tensões atuantes sobre o painel de alvenaria.

Quando empregados tijolos maciços ou tijolos cerâmicos furados, o aparelhamento dos componentes é feito, usualmente, “a meio-bloco” ou seja, a defasagem entre juntas verticais contíguas corresponde à metade do comprimento do componente inteiro. Com dimensões máximas da ordem de 20cm, as juntas ficam amarradas a cada 10cm.

As alvenarias investigadas têm adotado blocos cerâmicos ou de concreto com comprimentos de 25cm para os cerâmicos e 30 ou 40cm para os de concreto, que se constituem nos módulos de referência, e seus submódulos correspondentes.

Os submódulos são empregados para a “correção” da amarração, fazendo a compensação necessária para que as juntas possam propagar-se segundo o aparelho especificado no projeto para produção, conforme ilustram as figuras de 4.33 a 4.35.

4.6.3 União entre paredes

As paredes deverão ser unidas, preferencialmente, por interpenetração dos componentes em fiadas alternadas, amarrando-se as paredes com os próprios componentes. Essa ligação permite a redistribuição contínua e uniforme das tensões

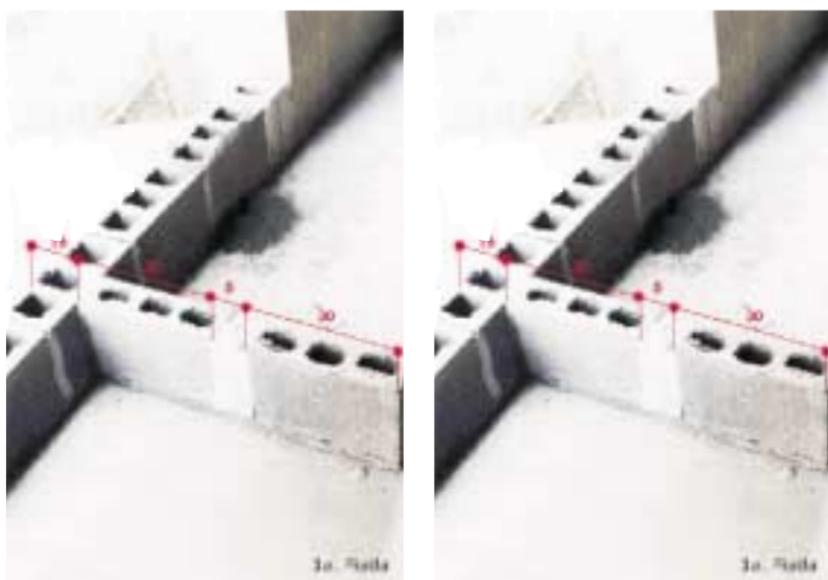


FIG. 4.34

Exemplo de união entre paredes de diferentes espessuras, com emprego do submódulo correspondente a 1/6 do módulo de referência, permitindo a propagação da junta de amarração a 1/3, conforme especificado no PPP das Alvenarias.

Foto: Arquivo F. H. Sabbatini



FIG. 4.35

União de paredes ortogonais de mesma espessura por interpenetração das unidades de alvenaria. O aparelho especificado prevê a amarração dos componentes a 1/3 de seu comprimento, utilizando-se o submódulo correspondente a 1/6 do módulo (5cm), assegurando a defasagem de 10cm entre juntas verticais contíguas.

FIG. 4.36a *Início da elevação da alvenaria para fechamento do shaft de instalações; as telas metálicas galvanizadas (malha de 15X15mm e fio de 1,65mm), previamente instaladas, promoveram a ligação da parede de fechamento do shaft e a parede já executada.*



FIG. 4.36b *Elevação das paredes do shaft, conforme disposição dos componentes e detalhes construtivos presentes no Projeto Para a Produção (PPP) das Alvenarias.*

atuantes sobre as paredes, componente a componente. Recomenda-se prescrever o preenchimento das juntas verticais entre todos os componentes que se interceptam.

Outras soluções para a união de paredes concorrentes adotam juntas verticais “a prumo” e introduzem no painel de alvenaria dispositivos metálicos, denominados conectores de cisalhamento tais como telas metálicas ou ferros-cabelo, responsáveis por promover a ligação entre as paredes. Incorporados durante a elevação das paredes a cada duas ou três fiadas, asseguram a ligação entre elas e absorvem movimentações diferenciadas entre os painéis. São empregados para solucionar o encontro de paredes com diferentes espessuras ou a ligação de paredes de *shafts* e de paredes externas com internas. Seu emprego deve ser avaliado em função da sequência de serviços definida para a obra e do desempenho futuro das alvenarias (Fig.4.36).

Apesar de referenciado na literatura técnica e solução usualmente observada em canteiros de obra, não se registrou, nas obras selecionadas para este trabalho, o emprego de “ferro-cabelo”, prevalecendo o emprego de telas metálicas galvanizadas de malha quadrada eletrosoldada inseridas (e bem envolvidas) nas juntas de argamassa. A dimensão especificada para as telas é relativa às dimensões do componente em uso, apresentando comprimento mínimo de três vezes a espessura da parede mais estreita ($C_T = 3.e_p$) e largura inferior à espessura da parede mais estreita, de 25 a 30mm ($L_T = e_p - (25 \text{ a } 30\text{mm})$).

4.6.4 Juntas de trabalho ou de controle

Movimentos diferenciais na alvenaria devem ser esperados e seus efeitos controlados; tanto aqueles decorrentes de ações externas (movimentações da estrutura), quanto os provenientes dos esforços internos à própria parede, provocados pela variação dimensional dos blocos e ou juntas de assentamento. Esta variação é resultante de movimentações higroscópicas (capacidade dos materiais de absorver e liberar água modificando seu volume com o conteúdo de umidade) ou de variações de temperatura, ou ainda movimentações decorrentes de processos químicos, como reações de expansão de materiais presentes nas alvenarias.

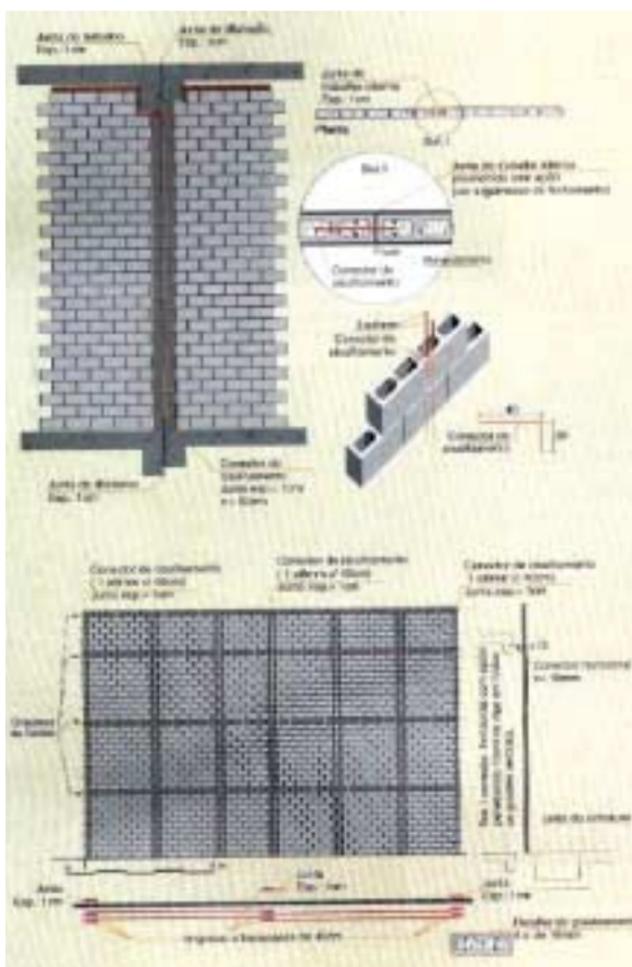


FIG. 4.37

As juntas de controle limitam as dimensões do painel de alvenaria a fim de que não ocorram elevadas concentrações de tensões em função das deformações a ele impostas, possibilitando os movimentos relativos entre os painéis de alvenaria, absorvendo seus efeitos, sendo comumente tratada com materiais de elevada capacidade de absorver deformações, como os mástiques .

*Fonte:
Arquivo Jonas Medeiros -
Shopping Villa Lobos*



Foto: Arquivo Jonas Medeiros

FIG. 4.38

As juntas de controle são conformadas à medida em que se eleva a alvenaria, tratando-se a interface entre os dois panos como um ponto onde a alvenaria deve ser arrematada, configurando-se juntas a prumo. Observa-se o emprego de poliestireno expandido, contra o qual os componentes são apertados, garantindo-se a regularidade da junta.

Os efeitos danosos da deformação da alvenaria traduzem-se, normalmente, no aparecimento de fissuras, especialmente em painéis muito extensos ou rigidamente fixados à estrutura. Dessa forma, a geometria da parede e sua forma de ligação à estrutura, definidas no projeto, devem se adequar às características de deformabilidade da alvenaria, de modo a permitir os movimentos, sem prejuízos ao conjunto.

O comprimento máximo recomendado para painéis contínuos de alvenaria deve ser limitado através da inserção de juntas de controle, limitando-se as dimensões do painel de alvenaria a fim de que não ocorram elevadas concentrações de tensões em função das deformações a ele impostas. Ou seja, as juntas devem possibilitar os movimentos relativos entre os painéis de alvenaria, absorvendo seus efeitos, sendo comumente tratada com materiais de elevada capacidade de absorver deformações, como os mástiques²² (Fig. 4.37 e 4.38).

Sua posição varia em função das características dos constituintes da alvenaria (componente e argamassa de assentamento); de suas condições de contorno, ou seja, do grau de vinculação entre a alvenaria e a estrutura; da existência ou não de aberturas; e das condições climáticas (interiores ou exteriores).

Quando essas juntas não forem previstas ou forem indevidamente dispostas, elas serão “autoconformadas” sob a forma de fissuras ou trincas.

Os limites recomendados para o comprimento máximo de panos contínuos de alvenaria de vedação são apresentados na Tabela 4.2. Os parâmetros apresentados fundamentam-se na experiência profissional de pesquisadores e construtores, referenciados também na normalização internacional. No entanto, pesquisas sistemáticas para estabelecimento de parâmetros aplicáveis à realidade nacional, contemplando inclusive nossas diversidades regionais, não foram identificadas nos trabalhos de revisão bibliográfica. Deve-se considerar que os parâmetros que definem a necessidade de juntas de controle para paredes externas são estabelecidos em função de fatores climáticos e das características de deformabilidade da estrutura.

²² Mástique: “material elastomérico à base de polímeros ou asfalto utilizado no tratamento de juntas estruturais ou de trabalho” Sabbatini et al (1998).

Para paredes internas, apenas a deformação condiciona o comprimento máximo dos painéis.

A Tabela 4.2 refere-se, apenas, às alvenarias produzidas com o emprego de argamassas de assentamento mista ou industrializada, com aplicação de revestimentos externos de argamassa ou cerâmicos, não vinculadas rigidamente à estrutura e com altura inferior a 3 metros.

TABELA 4.2

Comprimento máximo dos painéis de alvenaria em função das características de parede.

EXTERIORES					
		Paredes SEM aberturas (m)		Paredes COM aberturas (m)	
Tipo de componente	Esp. (cm)	Junta vertical		Junta vertical	
		Vazia	Preenchida	Vazia	Preenchida
CONCRETO	< 14	8	6	6	5
	≥14	12	9	9	7
CERÂMICO	< 14	10	8	8	6
	≥14	14	12	10	8
BCCA	Todos	6	4,5	6	4,5
SÍLICO-CALCÁRIO	Todos	6	4,5	6	4,5

Fonte: Diretrizes para elaboração do Projeto Para a Produção de Alvenarias propostas, em 2000, pela Disciplina PCC-435: Tecnologia da Construção de Edifícios I, do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

A correta técnica de execução destas juntas consiste em construí-las à medida que se eleva a alvenaria, tratando-se a interface como um ponto onde a alvenaria deve ser arrematada, configurando-se juntas a prumo. A fim de que os painéis não percam sua estabilidade lateral, ao se executar a alvenaria, deverão ser deixados "conectores de cisalhamento" na região da junta, permitindo o travamento lateral.

Para facilitar a execução dessas juntas, pode-se empregar uma guia (um sarrafo de madeira ou uma placa de poliestireno expandido), contra a qual os componentes possam ser apertados, garantindo-se a regularidade da junta.

O tratamento superficial da junta deve ser especificado em função das solicitações a que a parede estará submetida (e que atuarão sobre a junta) nas condições de exposição em que se encontra.

Para pequenas solicitações, com estrutura pouco deformável e estando os panos fracamente fixados à estrutura²³, as juntas de trabalho são simplesmente preenchidas com argamassa de elevada capacidade de absorver deformações (argamassa de cal, ou a mesma de fixação da alvenaria à estrutura, argamassas aditivadas com polímero, por exemplo), recebendo, posteriormente, um filete de mástique na face exterior da alvenaria, assegurando a estanqueidade da junta, quando se tratar de alvenarias de fachada.

Os mástiques empregados são os acrílicos ou à base de silicone, observando-se que este último tem o inconveniente de não permitir a posterior aplicação de pintura.

Quando houver maior exigência quanto à segurança contra infiltrações, recomenda-se utilizar mástiques de elevado desempenho como os à base de polissulfetos. Não se recomenda a utilização de mástiques betuminosos devido à sua baixa durabilidade, com perda de sua capacidade de absorver deformações num curto espaço de tempo (em alguns casos em menos de 2 anos) e, em todos os casos, a aplicação do mástique deverá seguir rigorosamente as recomendações do fabricante.

Situações que envolvam estruturas de alta deformabilidade, panos excessivamente longos em fachadas submetidas a condições ambientais severas, deverão ser objeto de estudos específicos e análise por pessoal tecnicamente qualificado.

4.7 Caracterização da Interface com os demais Subsistemas

Nas interfaces com outros subsistemas é que se revelam mais plenamente os efeitos das movimentações diferenciadas entre materiais distintos devido aos diferentes coeficientes de dilatação térmica, de variações volumétricas sob a ação da umidade ou de composição química que os caracterizam. Estas interfaces deverão ser objeto

²³ Características a serem consideradas pelo calculista.



FIG. 4.39

A prevenção de trincas na interface dos pilares com os painéis de alvenaria pode ser feita através do emprego de telas metálicas eletrosoldadas como armadura de ancoragem. Neste exemplo, além de promover a ancoragem ligação da alvenaria ao pilar, a tela foi posicionada de modo a assegurar a ligação de componentes de pequena espessura a serem assentados posteriormente, para obtenção da espessura final especificada para a parede, neste trecho da fachada.



FIG. 4.40 e 4.41

Preparação da face dos pilares para a fixação lateral das paredes: chapiscamento com argamassa polimérica e fixação da tela metálica com o emprego de cantoneira metálica ou arruela e um pino metálico. Estudos experimentais (Medeiros e Franco, 1999) indicam o melhor desempenho das cantoneiras que devem ser fixadas com 2 pinos metálicos.

do detalhamento construtivo visando aliviar tensões que tendem a se dissipar nas regiões onde ocorrem descontinuidades.

4.7.1 Interface Alvenaria/Estrutura

Esta interface merece especial atenção devido às características de deformabilidade das estruturas contemporâneas.

A evolução tecnológica nos processos de produção das estruturas de concreto, inclusive com a incorporação de novos materiais, tem disponibilizado para o mercado estruturas cada vez mais esbeltas, possibilitando vãos estruturais maiores a partir de elementos estruturais menores e com menor número de nós.

Muitos dos problemas patológicos presentes nos edifícios de múltiplos pavimentos têm sua origem na incompatibilidade entre as condições de deformação das estruturas e a capacidade de acomodar deformações e resistência apresentadas pelas vedações verticais.

Segundo Franco (1998), “na concepção estrutural, o arranjo dos elementos da estrutura, muitas vezes contempla unicamente o atendimento de critérios voltados ao seu funcionamento como estrutura, mas não das outras partes do edifício como os vedos e as esquadrias. Assim, a incorporação de elementos em balanço, transições, apoios de pouca rigidez, solidarizações parciais podem ser suficientes para atender aos critérios de funcionamento da estrutura, mas não dos elementos que a utilizam como apoio”. O projetista de alvenaria deverá, então, atentar para a ocorrência de situações particulares que poderão impor aos painéis de alvenaria solicitações superiores à sua capacidade, buscando equacioná-las através do projeto.

A fixação lateral das alvenarias aos pilares é feita, na maioria dos casos, apenas por aderência de argamassa, com a junta preenchida. Entretanto, em alguns casos específicos, é recomendado o emprego de reforços metálicos para a fixação das alvenarias aos pilares, notadamente em situações que possam gerar esforços intensos na interface pilar-alvenaria²⁴ (Fig. 4.39 a 4.41):

²⁴ As situações relacionadas foram elencadas a partir dos Manuais de Procedimentos para projeto e execução de alvenarias de vedação, de circulação interna nas construtoras pesquisadas.



FIG. 4.42a e 4.42b Segundo Medeiros e Franco (1999), "telas metálicas eletrosoldadas de arame galvanizado podem ser empregadas para prevenir fissuras de interface entre alvenaria e pilar, devendo-se respeitar para isto limites de flechas máximas do elemento de suporte (viga ou laje)". A Tabela 3 apresenta os limites máximos de deslocamentos dos elementos de apoio de paredes de vedação de acordo com o tipo de ligação com tela metálica eletrosoldada de arame galvanizado (# 15mm - f 1,65 mm) destinada à ligação de paredes de alvenaria de vedação e pilares de concreto armado.



FIG 4.43a e 4.43b Aplicação experimental de cantoneiras de aço na interface pilar/alvenaria em projeto de pesquisa desenvolvidos por Medeiros e Franco (1999).

Fotos: Arquivo Jonas Medeiros

- paredes sobre lajes em balanço, com ou sem viga de borda;
- paredes de comprimento (C) superior a 12,0m;
- paredes com comprimento (C) de 5,0 a 12,0m, sobre elementos estruturais deformáveis, tais como lajes com espessura menor que $C/60$ e vigas com altura inferior a $C/16$;
- trechos de parede com uma extremidade livre (sem ligação com outra parede ou com outro pilar), com comprimento inferior a $H/3$, recomendação também aplicável a trechos de paredes que ficam seccionadas em toda a altura devido ao embutimento de prumadas, mesmo que a superfície acabada seja contínua pela armação do revestimento com tela metálica;
- paredes submetidas a vibração contínua, como por exemplo as que contêm ar condicionado suspenso ou que se ligam aos pilares-parede da caixa de elevadores;
- paredes com extremidade superior livre, como por exemplo, em platibandas, paredes de varandas ou de áreas de serviço;
- paredes do primeiro pavimento em edifícios sobre pilotis, em estruturas muito deformáveis;

Importante estudo conduzido por Medeiros e Franco (1999) propõe “critérios de especificação e técnicas para o emprego de dispositivos de ancoragem de paredes de vedação e pilares de concreto armado para evitar as fissuras de interface entre paredes e pilares”. A Tabela 3 apresenta os limites máximos de deslocamento dos elementos de apoio de paredes de vedação após a execução das alvenarias e a síntese das especificações técnicas para a interface, considerando-se as características de deformabilidade dos apoios.

A pesquisa experimental conduzida apresenta, comparativamente, o desempenho de diversos tipos de dispositivos empregados com esta finalidade e as técnicas mais adequadas hoje disponíveis para minorar as fissuras de interface parede-pilar.

(Fig. 4.44 a 4.49)

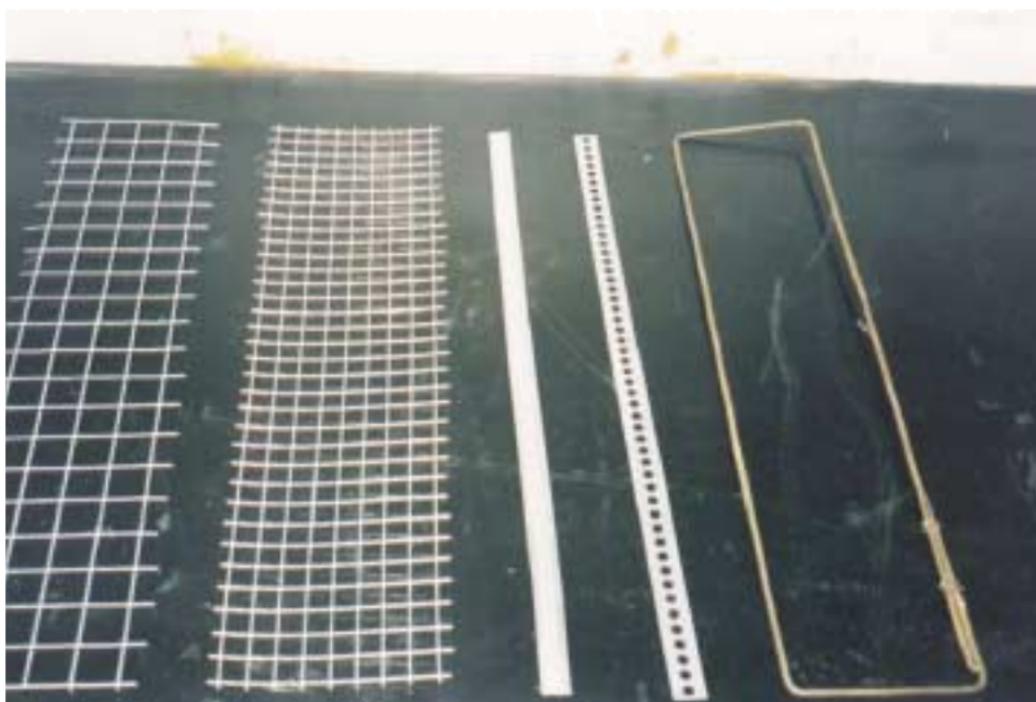


FIG. 4.44

Dispositivos para a ancoragem parede-pilar avaliados por Medeiros e Franco (1999): tela metálica eletrosoldada # 25 x 25 mm e # 15 x 15 mm, fita corrugada, fita perfurada e ferro cabelo dobrado.



FIG. 4.45

Idem anterior, apresentando os dispositivos empregados na fixação da ancoragem no pilar: cantoneiras curtas de aço, cantoneiras de aço de 50 mm, cantoneiras de aço de 100 mm, pinos e arruelas de aço.

Tabela 3 - Limites máximos de deslocamentos dos elementos de apoio de paredes de vedação e especificação da ligação pilar-alvenaria				
		Configurações típicas das condições de apoio das paredes	Deslocamento máximo do vão	Especificação da ligação pilar-alvenaria
GRAU DE DEFORMABILIDADE DO APOIO	BAIXA	<ul style="list-style-type: none"> - Paredes de edifícios com estrutura convencional, com exceção das paredes dos dois primeiros pavimentos apoiados em pavimentos sem paredes no mesmo alinhamento e; - Paredes apoiadas sobre VIGAS com vãos livres (L) até 3,5 m e altura (h) mínima de 40 cm; 	\leq L / 4.000	Chapiscamento da face da estrutura com argamassa polimérica e preenchimento completo da junta vertical entre parede e pilar.
	MÉDIA	<ul style="list-style-type: none"> - Paredes de edifícios com estrutura convencional, com exceção das paredes dos dois primeiros pavimentos apoiados em pavimentos sem paredes no mesmo alinhamento e; - Paredes apoiadas sobre VIGAS com vãos livres (L) até 6 m e altura (h) mínima de 50 cm ou; - Paredes apoiadas sobre LAJES com vãos livres (L) até 3 m e espessura (e) mínima de 8 cm. 	\leq L / 1.400	Chapiscamento da face da estrutura com argamassa polimérica e preenchimento completo da junta vertical; Colocação de tela # 15 mm ϕ 1,65 mm NAS FIADAS PARES fixada com cantoneira de 10 cm e dois pinos metálicos.
	ALTA	<ul style="list-style-type: none"> - Paredes dos dois primeiros pavimentos com estrutura convencional apoiados em pavimentos sem paredes no mesmo alinhamento ou; - Paredes de edifícios com estrutura em LAJE PLANA não protendida com vãos até 6 m ou; - Paredes apoiadas sobre VIGAS com vãos livres (L) até 9 m e altura relação vão / altura (L/h) até 12 ou; - Paredes apoiadas sobre VIGAS EM BALANÇO com vãos livres (L) até 1,5 m e altura relação vão / altura (L/h) até 3 ou; - Paredes apoiadas sobre LAJES com vãos livres (L) até 5 m e relação vão / espessura (L / e) até 50 ou; - Paredes apoiadas sobre LAJES EM BALANÇO com vãos livres (L) até 1,5 m e relação vão/espessura (L/e) até 12. 	\leq L / 1.000	Chapiscamento da face da estrutura com argamassa polimérica e preenchimento completo da junta vertical entre parede e pilar. Colocação de tela # 15 mm ϕ 1,65 mm EM TODAS AS FIADAS fixada com cantoneira de 10 cm e dois pinos metálicos.
	MUITO ALTA	<ul style="list-style-type: none"> - Paredes de edifícios com estrutura em LAJE PLANA (sem vigas) com vãos superior a 6 m ou; - Paredes apoiadas sobre VIGAS com vãos livres (L) superiores a 9 m e relação vão / altura (L / h) maior que 12 ou; - Paredes apoiadas sobre VIGAS EM BALANÇO com vãos livres (L) superiores 1,5 m e altura relação vão / altura (L / h) maior que 3 ou; - Paredes apoiadas sobre LAJES com vãos livres (L) superiores a 5 m e relação vão / espessura (L/e) maior que 50 ou; - Paredes apoiadas sobre LAJES EM BALANÇO com vãos livres (L) superiores a 1,5 m e relação vão/espessura (L/e) maior que 12. 	$>$ L / 1.000	Colocação de JUNTA DE CONTROLE conforme projeto específico.

Quanto à utilização das especificações contidas na Tabela 3, os autores ressaltam que:

- “são consideradas convencionais as estruturas constituídas de elementos reticulares de concreto armado, projetadas com armaduras passivas e inteiramente moldadas no local;
- os valores limites da coluna 3 correspondem aos deslocamentos ocorridos após a execução completa da alvenaria, incluindo-se elevação e fixação superior;
- as configurações típicas das condições de apoio das paredes descritas na tabela são apenas orientativas, sendo sempre necessário a especificação baseada na análise dos deslocamentos esperados, determinados pelo projetista da estrutura em questão e consideradas no Projeto de Alvenaria;
- os limites de deslocamento nos vãos de apoio das paredes foram adotados com base em trabalho experimental desenvolvido no CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM CONSTRUÇÃO CIVIL da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e estão sujeitos as condicionantes estabelecidas para a realização dos experimentos e suas limitações. Os valores foram obtidos com base em ensaios de paredes de alvenaria apoiadas em balanço, construídas com blocos cerâmicos de vedação com resistência à compressão média entre 2,7 e 4,3 Kgf/cm² assentados com argamassa industrializada de resistência à compressão média (corpos-de-prova cúbicos de acordo com a BS 5628 Part 1) de 3,2 kgf/cm²;
- para o estabelecimento dos limites de deslocamento nos vãos, foram considerados os valores médios correspondentes ao aparecimento de fissura da interface no terço superior entre alvenaria não revestida e pilar de concreto, com abertura da ordem de 1 mm, tendo considerado coeficiente de majoração de 1,5 para todos os casos”.

Para a fixação de topo ou o “encunhamento” das paredes de alvenaria, em estruturas muito deformáveis, deve-se cuidar para que as especificações não resultem em ligações rígidas que possam induzir tensões indesejáveis nos elementos da vedação vertical, inclusive esquadrias ou outros componentes associados aos painéis de parede. A menos que seja desejável a transmissão de deformações dos elementos



FIG. 4.46

Deve-se retardar ao máximo, no cronograma de execução das obras, a execução das fixações de topo - ou 'encunhamento' - dos painéis de alvenaria, possibilitando a máxima deformação da estrutura, antes de seus componentes horizontais entrarem em contato com as paredes de alvenaria.

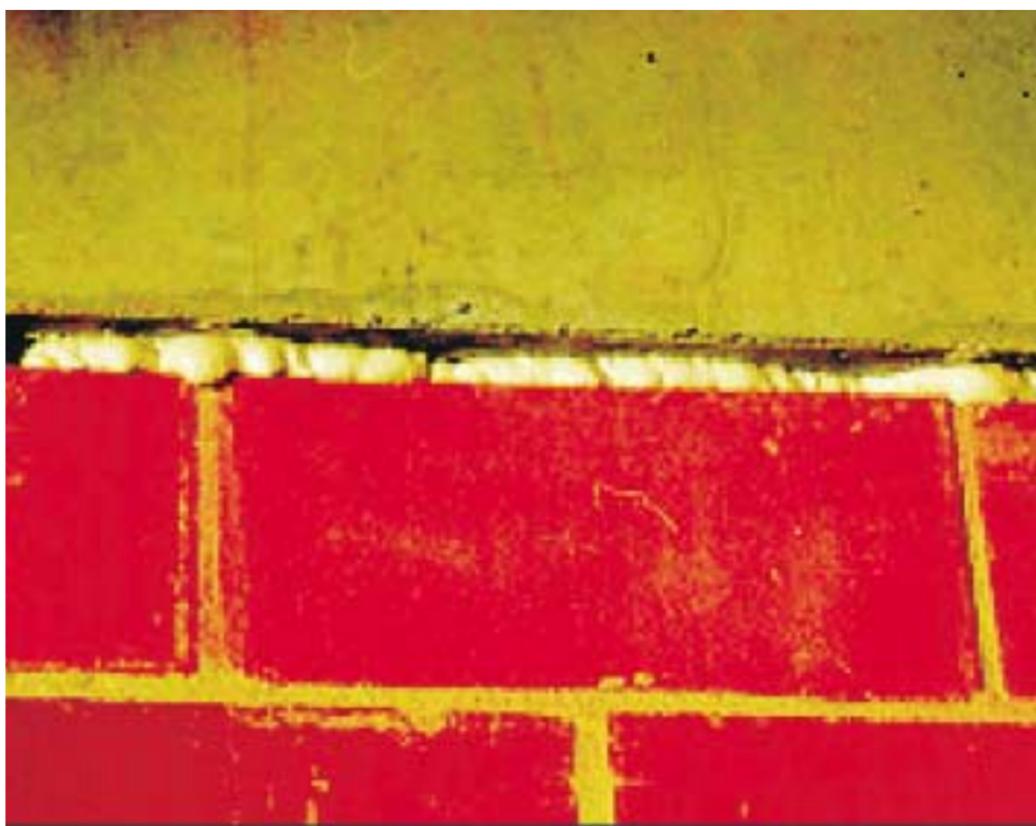


FIG. 4.47

As juntas horizontais de fixação poderão ser preenchidas com argamassas que apresentem baixo módulo de deformação ou outros componentes com grande capacidade de acomodar deformações como a espuma de poliuretano, apresentada neste exemplo.

estruturais para as paredes, situação em que o projeto estrutural deverá determinar o grau de solidarização (vínculo) entre eles, é sempre recomendado o preenchimento das juntas horizontais de fixação com argamassas que apresentem baixo módulo de deformação e, portanto, grande capacidade de acomodar deformações (Fig. 4.46 a 4.47).

Práticas usuais para a fixação superior das paredes como o uso de tijolos maciços inclinados, cunhas de concreto, argamassas expansivas ou mesmo as argamassas “fortes”, com grande consumo de cimento, resultam em ligações rígidas e só deverão ser especificadas caso seja esperado o trabalho conjunto das vedações verticais e das estruturas. “Em situações de estruturas deformáveis, o uso destas técnicas produzem nas paredes uma tensão inicial, que será incrementada ao longo do tempo pelas cargas transmitidas para as paredes, pela deformação lenta da estrutura, aumentando a possibilidade de surgimento de patologias” (Franco, 1998).

Outros cuidados estão relacionados com as condições de carregamento das estruturas e envolve o planejamento integrado da obra para a definição das seqüências de atividades e estabelecimento de prazos e condições mínimas para o início da execução das alvenarias e também para sua fixação posterior. Estes cuidados estão apresentados no item 3.9.6.

4.7.2 Interface Alvenaria/Esquadrias

A interface alvenaria/esquadrias exige o detalhamento das condições de incorporação dos componentes de fechamento das aberturas, dos componentes de proteção destas aberturas, eventualmente existentes tais como peitoris, pingadeiras superiores ou proteções laterais, além dos componentes destinados a absorver e distribuir tensões concentradas nos vértices das aberturas, denominados vergas e contravergas.

Para o posicionamento e dimensionamento dos vãos na alvenaria onde serão instaladas as esquadrias de portas e janelas e correto detalhamento da interface, deverão estar disponíveis, para o projetista de alvenaria, definições acerca do tipo, dimensões, sistema de fixação e técnicas de assentamento dos componentes especificados para seu fechamento e proteção e o dimensionamento preliminar das vergas e contravergas.

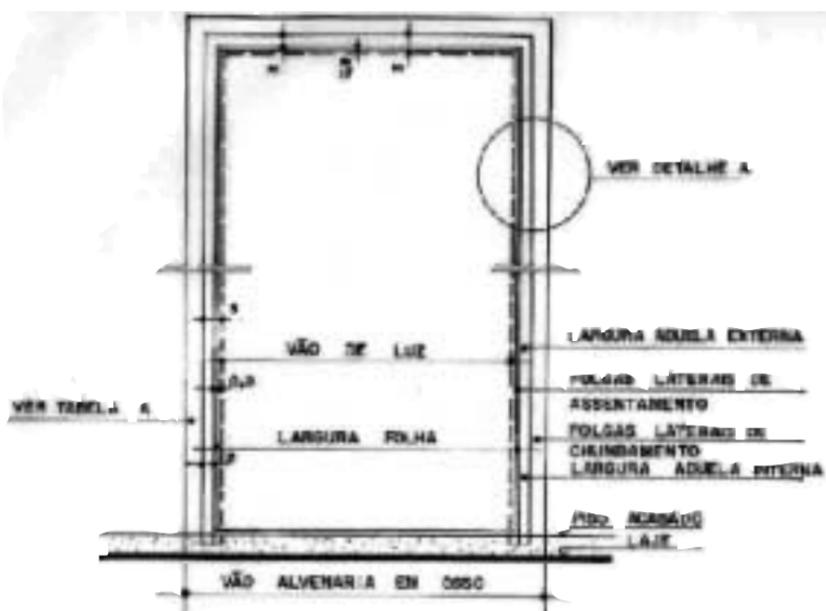


FIG. 4.48a Exemplo de dimensionamento de vãos de alvenaria para a incorporação de esquadrias de madeira para portas internas de largura variável (folhas de 60, 70 ou 80cm) e altura constante (210cm): para determinação do vão "em osso" são acrescentadas as dimensões correspondentes à espessura das aduelas de madeira e acrescentadas das folgas laterais ($30 \pm 10\text{mm}$) e da folga superior ($60 \pm 10\text{mm}$) para o chumbamento, com emprego de argamassa. (Fonte: EP-EN/7).

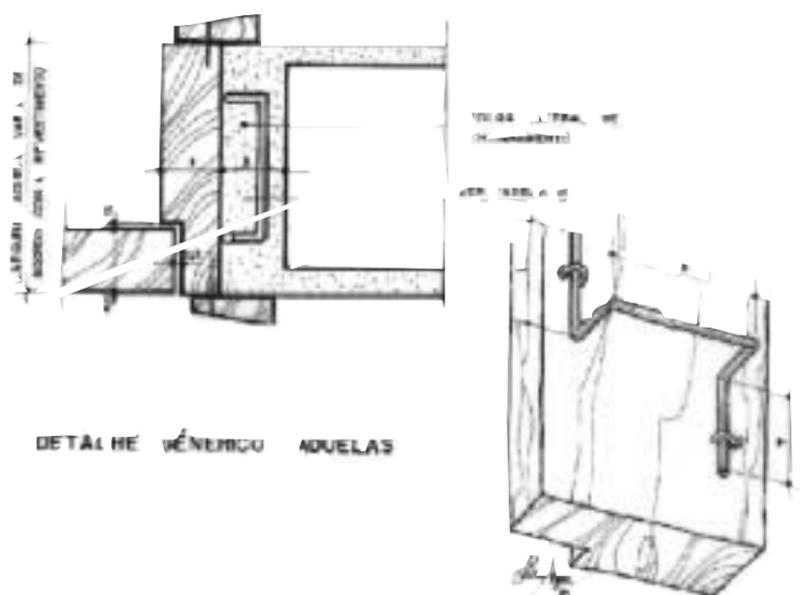


FIG. 4.48b Solução convencionalmente empregada para a fixação de aduelas de madeira às paredes mas que não assegura o bom desempenho da interface. Dado às suas dimensões, as grapas não chegam a atingir a alvenaria e o desempenho da interface fica dependente da capacidade da argamassa em absorver as movimentações diferenciais, além do abrir-e-fechar das portas, mantendo a aderência com a alvenaria. Para blocos cerâmicos assentados com furos na horizontal, a penetração da argamassa nos furos pode favorecer, por ancoragem, a ligação.

As informações necessárias ao desenvolvimento desta etapa do projeto serão obtidas a partir de consultas ao projeto arquitetônico, caderno de especificações, manuais de procedimentos para a execução de serviços eventualmente empregados pela empresa construtora ou, ainda, prescrições técnicas fornecidas pelos fabricantes ou fornecedores das esquadrias.

No processo de construção tradicional, as esquadrias de portas e janelas são instaladas após a completa elevação das paredes, considerando-se, para o dimensionamento do vão na alvenaria, as dimensões da esquadria especificada acrescidas das folgas necessárias ao seu posterior assentamento e fixação (Fig.4.48).

Para vãos de porta com guarnições em madeira, na interface das aduelas com a parede, o acabamento é obtido através do assentamento de alizares, cuja principal função é dissimular as fissuras resultantes da movimentação diferenciada entre os componentes da alvenaria, a argamassa de chumbamento, o revestimento e os componentes da esquadria. Esse método é caracterizado pela descontinuidade das atividades e pelo retrabalho normalmente necessário para ajustes dimensionais ou correção das características geométricas dos vãos devido, por exemplo, à perda de verticalidade (prumo) nos umbrais ou no plano da parede.

Outras soluções construtivas vêm sendo aplicadas, buscando-se otimizar a seqüência de serviços e a produtividade da obra, eliminar as etapas de retrabalho e assegurar um bom padrão de acabamento, tais como o emprego de gabaritos metálicos, batentes envolventes, contramarcos metálicos ou pré-moldados de argamassa armada, dentre outros. O projetista de alvenaria deverá atentar para as particularidades das alternativas construtivas, especialmente quanto às folgas requeridas e sistema de fixação posterior dos componentes de fechamento dos vãos.

Na produção de alvenarias racionalizadas, têm-se utilizado batentes metálicos envolventes para guarnecerem os vãos de porta, instalados simultaneamente ao assentamento dos componentes de alvenaria na primeira fiada, constituindo-se, assim, em referência para o prumo e alinhamento dos painéis de alvenaria contíguos a eles, eliminando-se a necessidade de ajustes posteriores aos vãos e dispensando-se o emprego de alizares para obtenção de um bom padrão de acabamento. A seqüência de serviços não é interrompida, uma vez que, após instalados os batentes, os serviços



FIG. 4.49a
Exemplo de emprego de batentes metálicos envolventes em vãos de porta: instalados no início da elevação das paredes, são utilizados como referência de prumo e de alinhamento para painéis contíguos a eles.

DETALHE TÍPICO DE INSTALAÇÃO DE
BATENTE E MR ALGO



FIG. 4.49b
Detalhe típico de instalação de batente metálico, para porta de 60,70 e 80 cm, apresentado em projeto para a produção de alvenarias de vedação.

Fonte: ARCO - Assessoria em Racionalização Construtiva S/C Ltda.



FIG. 4.50a e 4.50b

Detalhe de fixação de esquadrias metálicas de janela que implica na execução de cortes para a fixação dos chumbadores e posterior reconstituição com argamassa.

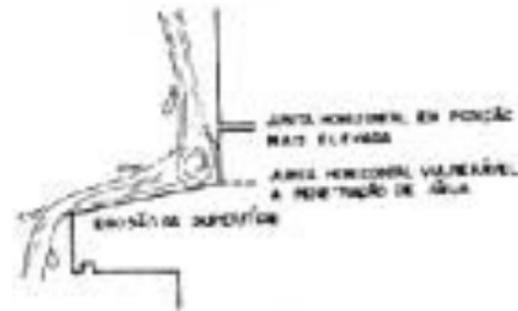


FIG. 4.51

Esta solução prevê o recuo no plano da esquadria, minimizando seu grau de exposição ao intemperismo.

Observar que o detalhe do peitoril configura a junta horizontal em posição mais protegida da ação das águas pluviais.

de elevação das alvenarias e de revestimento são executados integralmente pelas equipes de pedreiros para, só então, iniciarem-se os trabalhos de carpintaria (fig. 4.49).

Também para as esquadrias de janelas, deverão ser previstas as folgas para seu assentamento, avaliando-se também a interferência de componentes de proteção, eventualmente incorporados aos vãos, tais como peitoris e pingadeiras (Fig. 4.50 e 4.51).

As figuras 4.52 a 4.56 ilustram estudos de alternativas construtivas para o emprego de aduelas de madeira guarnecendo vãos de portas.

Observa-se, atualmente, uma desatenção generalizada quanto à provisão dos vãos de esquadrias de elementos capazes de minimizar os efeitos de sua exposição elevada aos agentes naturais, sobretudo chuvas e ventos, sendo este um aspecto crítico ao desempenho e durabilidade das fachadas e do edifício. Os peitoris de janelas, mesmo quando especificados, resumem-se ao assentamento de lâminas de pedras ou placas pré-moldadas de concreto, em geral, de comprimento equivalente à largura do vão, gerando pontos favoráveis à concentração de água nas laterais do peitoril. O item 4.8 discute as interfaces do edifício com o meio físico, destacando os aspectos relevantes para o detalhamento construtivo destes componentes.

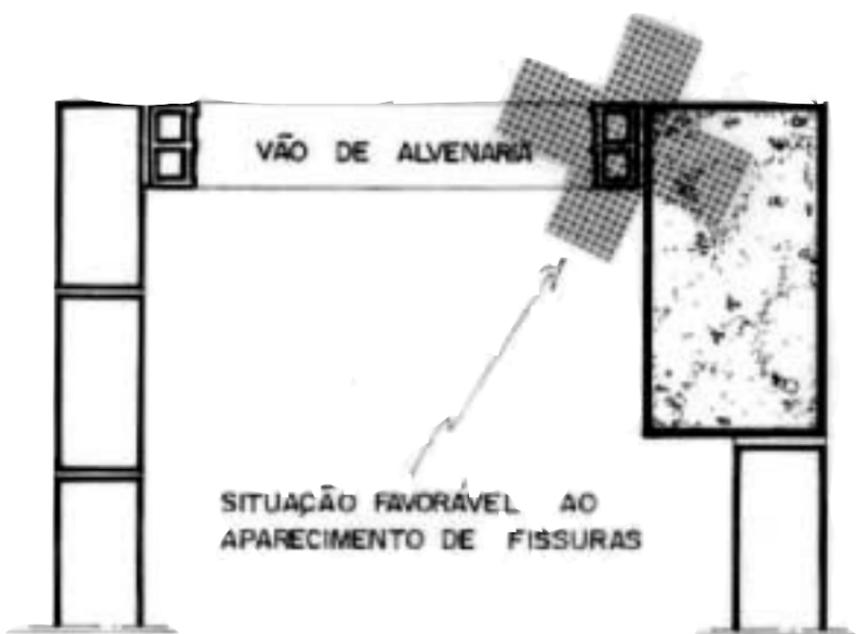


FIG. 4.52

A proximidade a pilares determina a constituição de pequenos trechos de alvenaria de difícil execução e que estarão sujeitos a movimentações diferenciais em relação ao pilar e aos componentes de fechamento do vão da porta, além dos esforços cíclicos de abertura e fechamento das mesmas. Para a prevenção de fissuras nestas ligações, recomenda-se o desenvolvimento de detalhe construtivo específico, para que as aduelas da porta sejam afixadas diretamente nos pilares, com o emprego de conectores metálicos.

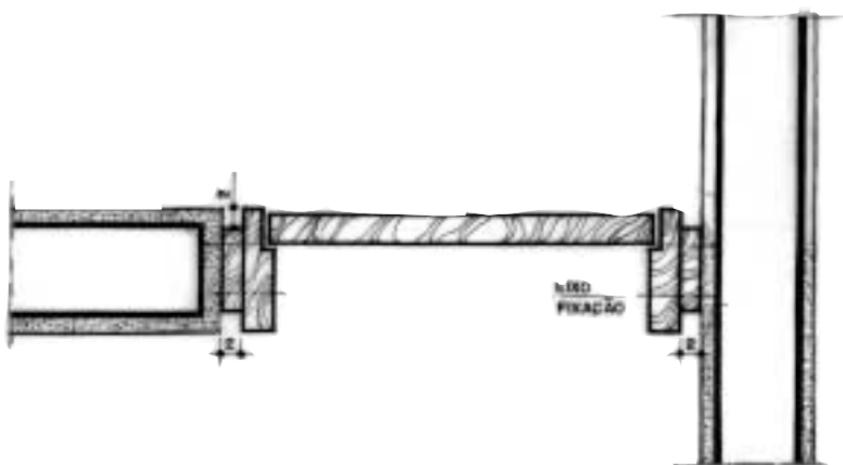


FIG. 4.53

O uso de espaçadores de madeira (ou outros materiais) entre a aduela da porta e a parede de alvenaria substitui a espaleta lateral ou "boneca" de alvenaria e dispensando o emprego de alizares de madeira como acabamento.

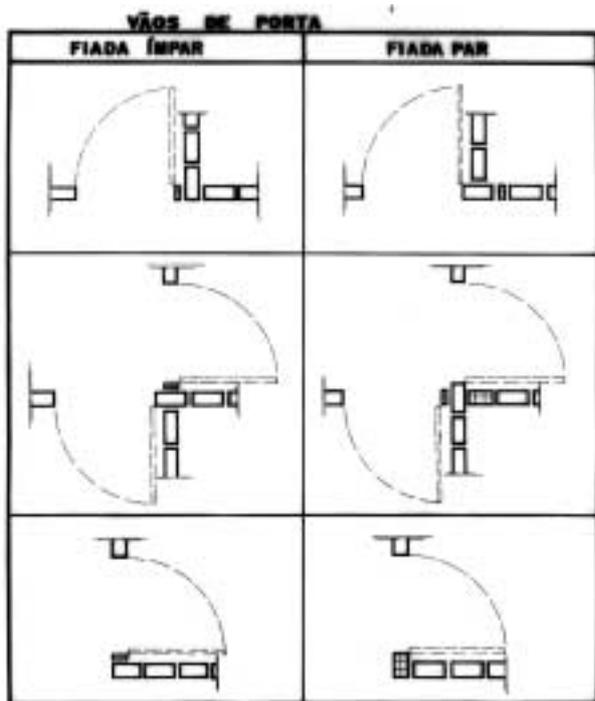


FIG. 4.54
 Estudos do EP/EN- 7 para as possibilidades de conformação de espaletas laterais aos vãos de portas com emprego do Bloco Poli e seus submódulos e com tijolos maciços.

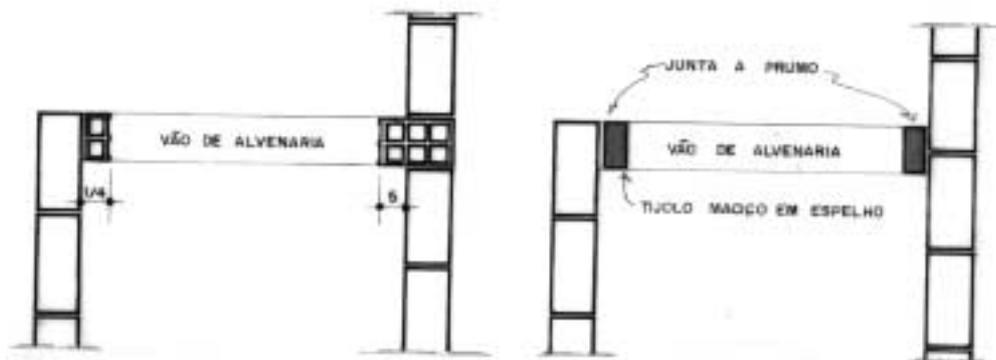


FIG. 4.55a e 4.55b
 Estudos do EP/EN- 7 para as possibilidades de conformação de espaletas laterais aos vãos de portas com emprego do Bloco Poli e seus submódulos e com tijolos maciços.

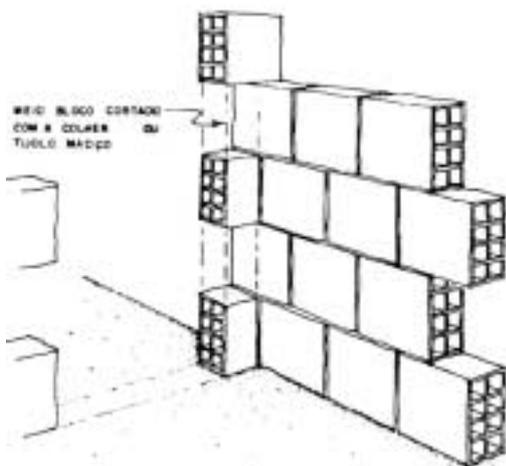


FIG. 4.56
 Caso não se disponha de submódulos, recomenda-se a adoção de espaletas laterais de dimensões mínimas correspondente à metade do componente de alvenaria em uso.



FIG. 4.57 *Moldagem in loco de contraverga, alternativa que impõe a interrupção da elevação da parede para a montagem e travamento das formas, colocação das armaduras, concretagem e cura do concreto e desforma.*

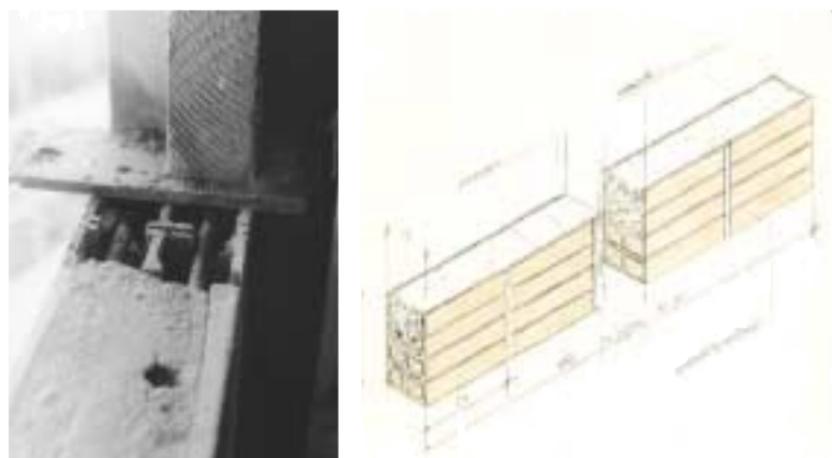


FIG. 4.58 *Contraverga moldada in loco utilizando-se, como forma, os blocos "Poli" com os furos na horizontal. Golpeando-se com a colher de pedreiro, parte de suas paredes internas eram retiradas, obtendo-se o espaço necessário para a colocação das barras de aço e concretagem da contraverga.*



FIG. 4.59 *Alvenarias resistentes tradicionais - uso de vergas metálicas. (Edifício Industrial - Mooca - SP)*

4.7.2.1 Vergas e Contravergas

São componentes externos aos vãos, incorporados à alvenaria para a distribuição das tensões que tendem a se concentrar nos vértices das aberturas de janelas e portas, evitando o aparecimento de fissuras por efeito de cisalhamento ou, no caso das vergas, absorvendo as tensões de tração na flexão. Incorporados à alvenaria durante sua elevação, devem ser dimensionados de acordo com as cargas atuantes sobre eles, extensão do vão e da parede e da modulação dos blocos ou tijolos em uso, buscando-se compatibilizá-los com o aparelho da alvenaria.

A produção das vergas e contravergas poderá se dar de diferentes maneiras, em função da organização da obra e da disponibilidade de mão-de-obra, equipamentos e componentes. Sua especificação em projeto deve ser, portanto, compatível com a tecnologia usualmente empregada ou disponível na empresa.

A forma mais tradicional de produção desses componentes é a moldagem no local, com o emprego de fôrmas de madeira (Fig. 4.57). Esta técnica executiva interrompe a seqüência de serviços de alvenaria para a montagem das formas, colocação de armaduras, concretagem e cura do concreto e desforma. Além disto, sua moldagem *in loco*, em geral, implica em desperdício de materiais e mão de obra pela improvisação que impõe ao executor, consonante às condições que se apresentarem no canteiro de obras, no momento de sua execução.

Mesmo que a opção de projeto seja por sua produção *in loco*; recomenda-se buscar alternativas mais racionalizadas como, por exemplo, o emprego de blocos do tipo canaleta que dispensam o emprego de formas e podem ser executadas pelo próprio pedreiro responsável pela elevação das paredes (Fig. 4.58).

Considerando-se que essas duas maneiras de produção interrompem o processo de elevação da alvenaria e implicam em queda da produtividade (a primeira mais que a segunda), uma possibilidade mais racional de execução desses componentes é a sua pré-fabricação em canteiro ou fora dele.

A pré-fabricação dos componentes pressupõe uma certa padronização dos vãos de um mesmo edifício, para otimização dos custos envolvidos na produção das formas para a concretagem e racionalização das demais atividades de produção. O

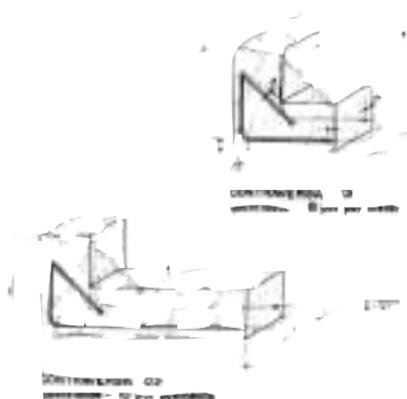


FIG. 4.60a O emprego de contravergas em forma de 'L' foi proposto no âmbito do EP/EN-7 visando combater os esforços de cisalhamento que tendem a se concentrar nos cantos inferiores dos vãos de janela, originando fissuras a 45 graus, popularmente conhecidas como 'bigode de gato'.

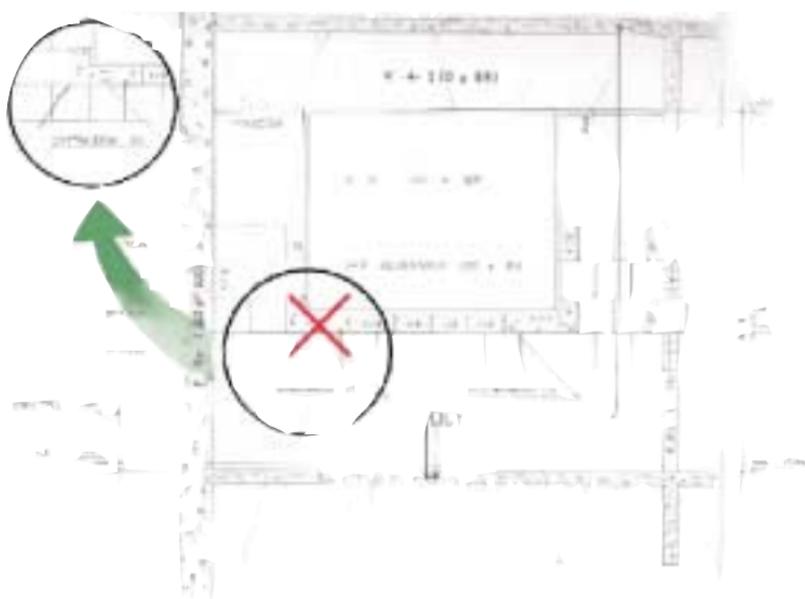


FIG. 4.60b A disposição das contravergas em 'L' apenas nos cantos dos vãos permitiria a padronização dimensional das contravergas, independente das dimensões do vão de janela. Apesar de facilitar as atividades de produção no canteiro, estes componentes não apresentaram o desempenho esperado, uma vez que a dissipação dos esforços de cisalhamento passou a ocorrer no canto das contravergas, originando fissuras nestes pontos.

FIG. 4.60c Neste exemplo, dado à proximidade dos vãos de janelas, especificou-se uma contraverga reta, guarnecendo os vértices dos dois vãos.



levantamento quantitativo dos vãos de diferentes dimensões previstos no projeto arquitetônico indicará, ao projetista, as possibilidades de padronização dimensional e geométrica das vergas e contravergas, sem prejuízo de situações particulares.

Em um dos projetos experimentais (EP/EN-7) foram detalhadas contravergas premoldadas de concreto dispostas apenas nos vértices dos vãos, sendo o espaço entre elas preenchidos com blocos “Poli” (Fig. 4.60). Conceitualmente, estes componentes armados e em forma de “L” atuariam no caminho preferencial das fissuras resultantes das tensões aí concentradas, absorvendo-as.

Foram também especificadas, para atendimento a situações particulares do projeto – proximidade de vãos de janela contíguos – contravergas contínuas entre os dois vãos, de seção retangular, utilizadas conjuntamente com as contravergas em “L”, conforme ilustra a figura 4.60c.

Quanto ao seu desempenho, os componentes especificados mostraram-se eficazes quanto à sua produção no canteiro e quanto às facilidades de manuseio e assentamento nos locais especificados. No entanto, as contravergas em “L” não se mostraram eficientes no combate aos esforços de cisalhamento que apenas se transferiram de local, passando a dissiparem-se a partir do novo vértice. O registro apresentado na figura 4.60b, ilustrativo desta constatação, foi inserido no BTC e caracteriza o propósito e a necessidade de estruturação de um banco de dados para projeto, passível de atualização e revisão de sua base, a partir da experimentação, observação e evolução do conhecimento tecnológico.

Os levantamentos de campo evidenciaram a predominância de alternativas construtivas com o emprego de peças premoldadas de seção reta, guarnecendo apenas os vértices inferiores dos vãos de janelas, constituindo-se em contravergas descontínuas, conforme ilustra a figura 4.61. No entanto, registrou-se o emprego de contravergas de geometria similar àquelas em forma de “L”, conforme ilustrado na figura 4.62, porém providas de apoio lateral maior, conferindo-lhes capacidade suficiente de absorção dos esforços de cisalhamento atuantes nos vértices.

As vergas e contravergas poderão ser pré-moldadas na própria obra, empregando-se concreto armado convencional, com o uso de formas metálicas ou de madeira. Poderão, ainda, serem pré-fabricadas, segundo detalhamento construtivo elaborado



FIG. 4.61 Emprego de contraverga premoldada de concreto armado disposta apenas no vértice do vão da janela. Neste exemplo, o apoio lateral mostrou-se insuficiente, indicando a conveniência de substituição por peças de maior comprimento.

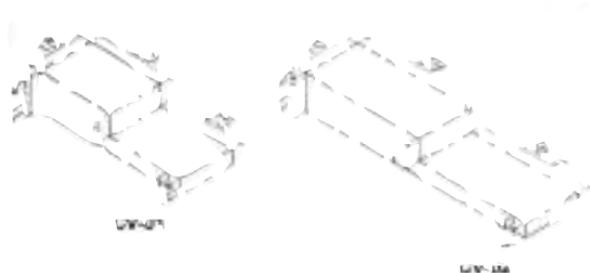


FIG. 4.62a
Contravergas pré-moldadas.

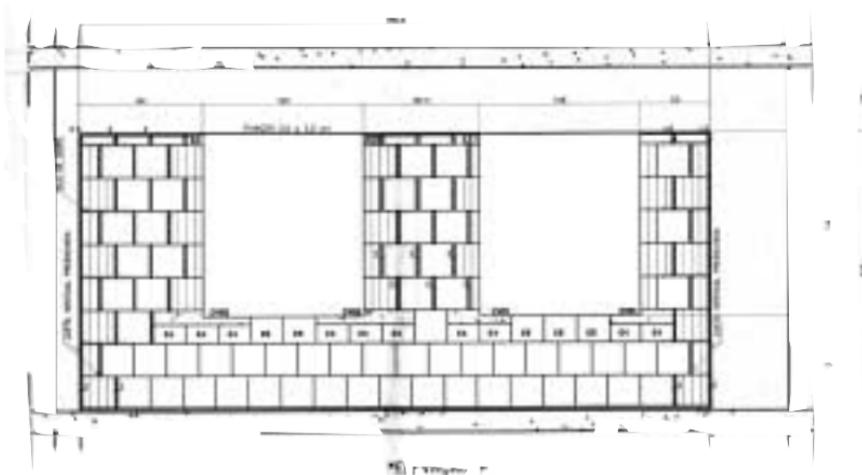


FIG. 4.62b
Elevação com emprego das contravergas pré-moldadas CV-01e CV-02

pelo projetista de alvenaria, alternativa que poderá envolver seu fornecimento por terceiros. As duas alternativas, porém, podem implicar no manuseio de componentes de maior peso, situação em que devem ser previstas condições adequadas ao armazenamento e transporte dos mesmos e estabelecidos os procedimentos para o controle da qualidade.

Quanto ao dimensionamento, as vergas e as contravergas contínuas devem ter o tamanho correspondente ao vão, acrescido do traspasse compatível com as solicitações previstas (função das dimensões do vão e da parede em que o vão está inserido). Para contravergas descontínuas, deve-se respeitar o traspasse lateral mínimo, capaz de absorver as tensões atuantes na região.

As Tabelas 4.3 e 4.4 apresentam parâmetros recomendados para o dimensionamento de vergas e contravergas, respectivamente, em painéis de alvenaria confeccionados com componentes cerâmicos. Ainda que tenham sido especificados empiricamente, a partir da vivência técnica de pesquisadores e construtores, a observância a eles tem assegurado o desempenho satisfatório desses componentes.

TABELA 4.3: Parâmetros para o dimensionamento de vergas em painéis de alvenaria de blocos cerâmicos, até 8m.

Comprimento máximo do vão (cm)	Até 120	De 120 a 200	De 200 a 300
Traspasse lateral mínimo (cm)	10	10	20
Altura mínima dos componentes (cm)	5	5	10
Diâmetro da armação (mm) 2Ø	5,0	6,3	(*)

Observações:

- $e_{verga} = e_{bloco}$
- para aberturas com vãos maiores que 300cm, deve-se dimensionar a verga como viga.
- para vãos sucessivos deve-se adotar elementos contínuos.

(*) para a definição da armadura deve-se fazer uma análise das cargas envolvidas.

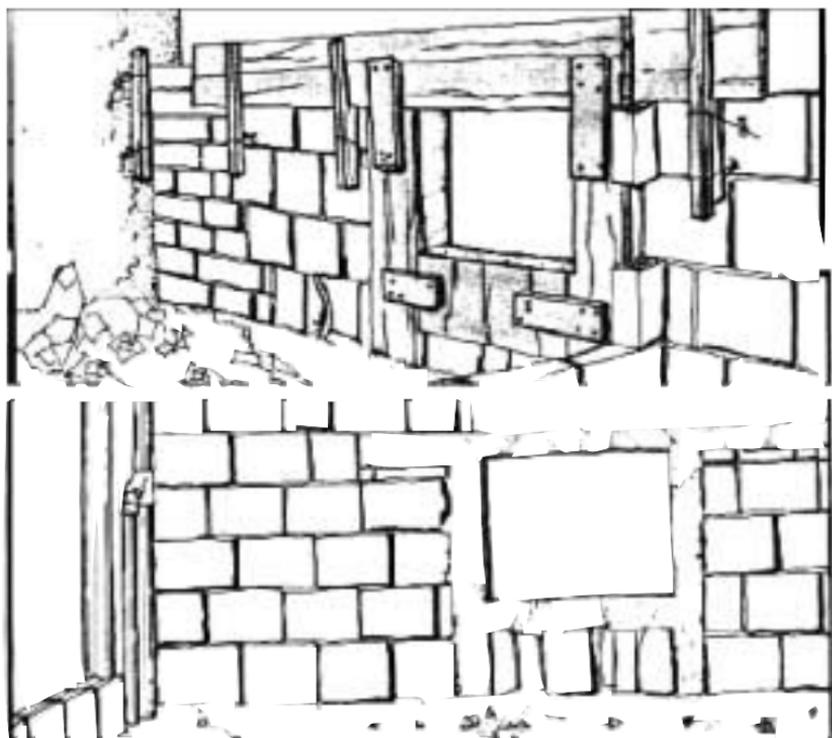


FIG. 4.63 *Aqui, a contraverga da janela foi associada à estrutura destinada ao suporte do aparelho de ar condicionado e moldadas in loco simultaneamente. Esta solução apresenta como inconveniente a interrupção da seqüência de elevação das alvenarias para a montagem das formas, concretagem e cura do concreto e, finalmente, a desforma da estrutura.*

Foto: Cássia Villani

FIG. 4.64

Também neste exemplo, o posicionamento relativo dos vãos da esquadria e do aparelho de ar condicionado conduziu a uma solução que associa a contraverga aos demais componentes de contorno do vão inferior. No entanto, a opção pela premoldagem dos componentes racionaliza os procedimentos de execução e favorece o controle da qualidade, além de reduzir desperdícios e propiciar ambiente mais limpo de trabalho.



TABELA 4.4: Parâmetros para o dimensionamento de contravergas em painéis de alvenaria de blocos cerâmicos, até 8m.

Comprimento máximo do vão (cm)	De 60 a 120	De 120 a 200	Acima de 200
Traspasse lateral mínimo (cm)	30	45	60
Altura mínima dos componentes (cm)	5	5	10
Diâmetro da armação (mm) 2Ø	5,0	6,3	6,3

Observações:

- $e_{\text{contraverga}} = e_{\text{bloco}}$
- para vãos sucessivos deve-se adotar elementos contínuos.

Para vãos inferiores a 60 cm pode-se suprimir a contraverga.

Para alvenarias compostas por blocos de concreto, sílico-calcáreos ou de concreto celular, recomenda-se a majoração dos parâmetros apresentados²⁵, em função da maior amplitude de movimentações higrotérmicas relativamente aos painéis constituídos por blocos cerâmicos vazados.

Observa-se, ainda, que:

- Para paredes com comprimento superior a 8m, o traspasse mínimo da verga deverá ser de 25cm para qualquer vão até 2,60m;
- Para vãos de esquadrias ou aberturas superiores a 2,60m de comprimento, o reforço deverá ser dimensionado como viga para cada caso;
- Para vãos sucessivos próximos, deve-se adotar vergas e contravergas contínuas;
- A altura dos componentes de verga e contraverga deve respeitar as condições mínimas estabelecidas nas Tabelas 4.3 e 4.4, procurando-se respeitar também a modulação vertical da alvenaria, a fim de que minimizem recortes; e
- Sempre que possível, projetar o vão “encostado” no fundo de vigas ou lajes, dispensando-se o uso de vergas.

²⁵ Majoração da ordem de 20% (1,2) para blocos de concreto e de 50% (1,5) para componentes sílico-calcáreos e de concreto celular autoclavados.



FIG. 4.65 Situação tão corriqueira em nossas obras que se incorporou ao universo produtivo como normalidade, não obstante os desperdícios de recursos materiais, humanos e energéticos decorrentes, além do comprometimento da produção e da qualidade final, especialmente dos revestimentos argamassados, acabamento e pintura.

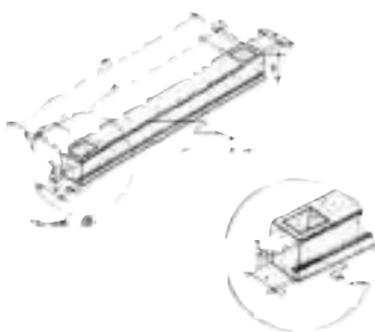
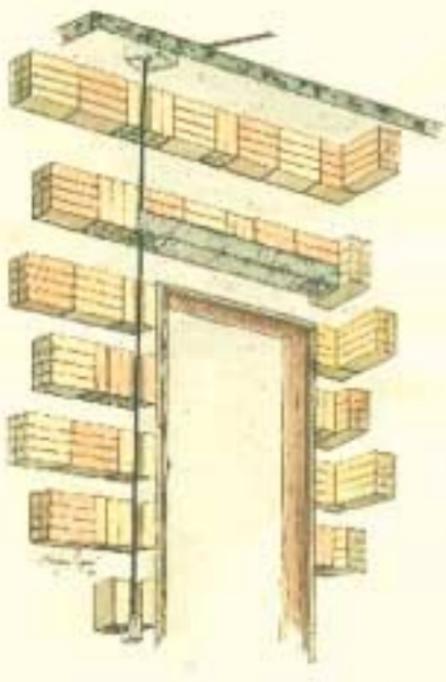


FIG. 4.64 Emprego de vergas vazadas nos apoios, possibilitando a passagem de eletrodutos, associadas ao assentamento de blocos cerâmicos com furos na vertical, no trecho correspondente ao percurso do eletroduto, na parede.



FIG. 4.67
Vergas pré-fabricadas em concreto armado: sua forma e dimensões foram definidas de modo a compatibilizar a altura dos vãos de portas com a modulação vertical das fiadas de alvenaria, em geral 20cm.



FIG. 4.68
Vergas pré-fabricadas em concreto armado: sua forma e dimensões foram definidas de modo a compatibilizar a altura dos vãos de portas com a modulação vertical das fiadas de alvenaria, em geral 20cm.

4.7.2.2 Vergas Vazadas para a Passagem de Eletrodutos

A proximidade de interruptores a vãos de porta é uma situação de projeto muito freqüente, refletindo uma condição usual dos ambientes, de comandar sua iluminação ao entrar ou sair dele. Para alimentação destes pontos, a fiação elétrica é conduzida, desde o quadro de distribuição, por dentro de eletrodutos previamente embutidos nas lajes e paredes.

Na proximidade dos vãos de portas, o percurso do eletroduto da laje até ao ponto do interruptor é perturbado pela presença das vergas, situação que merece o detalhamento construtivo (Fig. 4.65).

Em dois dos projetos experimentais desenvolvidos no âmbito do EP/EN-7, a solução adotada foi o posicionamento dos interruptores e tomadas à distância suficiente dos vãos, para a passagem dos eletrodutos sem a interferência das vergas. Esta solução, no entanto, nem sempre é possível, demandando distâncias superiores a 20cm, a partir dos vãos e inviabilizando sua aplicação, por exemplo, para pequenos trechos de parede ou por interferência com outras instalações.

Para o terceiro projeto executivo, foi proposto o uso de vergas vazadas nos apoios, premoldadas em obra, permitindo a passagem dos eletrodutos através delas. Complementando o detalhamento construtivo, ao longo de seu percurso na parede, especificou-se o assentamento dos blocos com os furos na vertical, facilitando o embutimento dos eletrodutos, sem causar danos à alvenaria. Para complementação da fiada horizontal ao nível da verga, foram especificados submódulos do Bloco Poli, de dimensões 10 x 10 x 21cm (Fig. 4.66).

Alternativas construtivas para equacionamento deste conflito foram identificadas nos trabalhos de campo, sempre condicionadas pelas condições particulares do projeto e da produção e algumas estão ilustradas nas figuras 4.67 a 4.68).

4.7.3 Interface Alvenaria/Instalações Hidráulico-Sanitárias

A incorporação de componentes do subsistema instalações hidráulico-sanitárias às paredes de alvenaria, apesar de ser uma solução de projeto extensamente adotada e prática bastante conhecida e enraizada na tradição dos canteiros, é uma alternativa

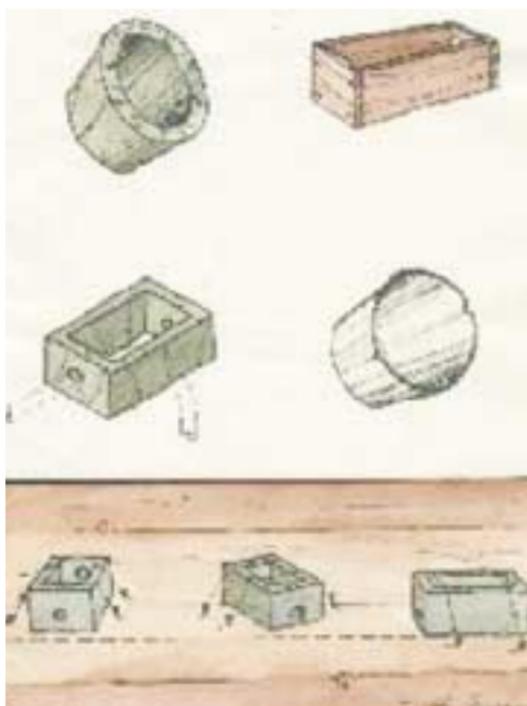


FIG. 4.69
 Alternativas de formas de madeira e PVC para conformação de vazados nos elementos estruturais para passagem de tubulações e eletrodutos apresentando, também as possibilidades de posicionamento das formas, nos pontos coincidentes com as paredes, em relação ao eixo delas.



FIG. 4.70
 Durante a preparação da forma para a concretagem da laje, são instaladas as formas que irão conformar os furos, conforme prescrito na Planta de Furação na laje do pavimento.

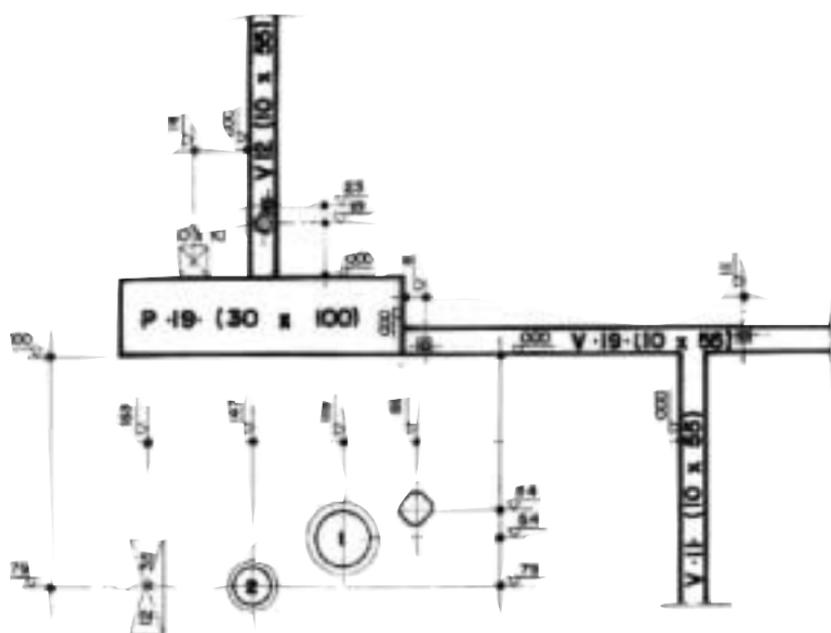


FIG. 4.71
 Trecho de Planta de furação no piso do pavimento tipo: previsão de passagem das tubulações nos pontos previstos pelo projeto de alvenaria. Neste exemplo, o sistema de cotas adotado é o de cotas acumuladas, tendo por referência de origem, componentes estruturais.

bastante prejudicial à integridade das paredes que as contém e ao seu desempenho, além de ser responsável por grandes desperdícios de material e mão-de-obra, geração de pó e ruído. Além disto, a interface com o subsistema vedações horizontais deve ser cuidadosamente detalhada para viabilizar as passagens de tubulações através dos componentes estruturais (Fig. 4.69 a 4.71).

O grande volume de componentes normalmente incorporados às paredes exige o detalhamento das interferências entre estes, os componentes da estrutura, das vedações verticais, esquadrias, revestimentos, etc. Ao se introduzir em uma empresa o desenvolvimento de projetos para produção, certamente, serão necessárias muitas reuniões técnicas para o aprofundamento do tema entre os diversos projetistas, orçamentistas, profissionais de canteiro e fornecedores e para a explicitação das condições do mercado quanto à disponibilidade e qualidade de materiais e equipamentos, mão-de-obra e técnicas construtivas.

O embutimento de tubulações hidráulicas e sanitárias nas alvenarias deve ser sempre evitado não apenas pelas dimensões requeridas, especialmente para as prumadas, mas principalmente pelas possibilidades de vazamentos e conseqüentes dificuldades e custos de reparação e manutenção. Entretanto, quando não for possível, a solução a ser adotada será a interrupção da alvenaria nos pontos de passagem de tubulações. Esta solução requer alguns cuidados de modo a não prejudicar os procedimentos de execução de revestimentos e seu desempenho futuro (Fig. 4.72 a 4.75).

As prumadas são normalmente instaladas antes do início da alvenaria e, se não foram previstos shafts, deve-se evitar sua proximidade a pilares, interseções de paredes, vãos ou outros componentes que dificultem a constituição de trechos pequenos de alvenaria, de difícil execução e controle, sem rigidez e monolitismo compatíveis com o restante do painel, inadequados à transição com outros componentes, por exemplo esquadrias.

Visando preservar o conforto dos ambientes em relação aos ruídos característicos do funcionamento das instalações hidro-sanitárias, recomenda-se a adoção de soluções que confirmem às paredes o mínimo de capacidade de isolamento acústica, prescrevendo espessuras finais de paredes que permitam, pelo menos em uma das faces o uso de componentes de pequena espessura, conforme ilustra a figura 4.72. Esta solução é

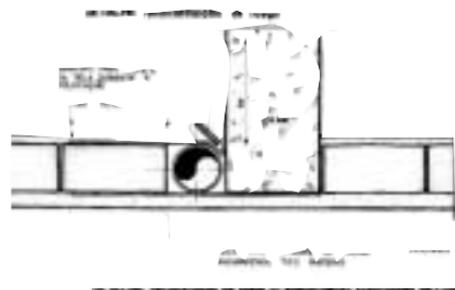
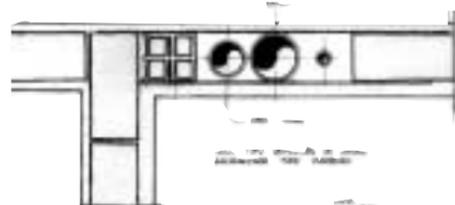
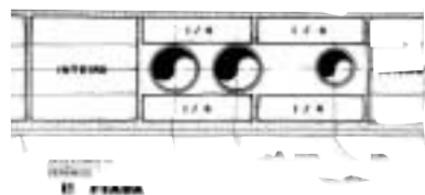
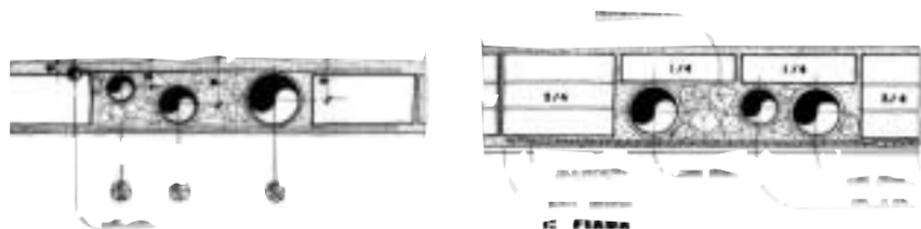


FIG. 4.72 Quando inevitável, a incorporação de prumadas na extensão das paredes deve ser cuidadosamente detalhada e executada, buscando minimizar sua interferência com outros componentes: a alvenaria deve ser interrompida e, na constituição destes trechos, previsto o uso de telas que absorvam os efeitos da movimentação diferenciada entre as partes, sem transmiti-los às camadas de revestimento e acabamento.

FIG. 4.87 e FIG. 4.88

Idem anterior; sendo conveniente eliminar pequenos trechos de alvenaria resultantes da locação de prumadas próximo a pilares, deslocando a tubulação para junto dele e detalhando a interface para prevenir o aparecimento de fissuras; quando próximas a

encontros de paredes, deve-se assegurar a amarração entre elas, posicionando as prumadas à distância, no mínimo, igual à dimensão de meio-bloco. Em ambos os casos, aplicar telas para absorção de movimentações diferenciadas entre as partes.

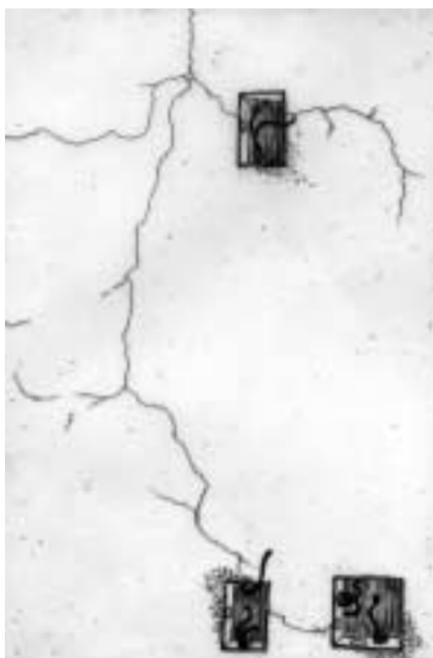


FIG. 4.74

Efeitos da movimentação diferenciada entre a argamassa de "chumbamento" dos eletrodutos e o painel de alvenaria.

FIG. 4.75a e 4.75b
Soluções que promovam a independência entre as paredes de vedação e tubulações 'molhadas' serão sempre preferenciais; no entanto, caso necessário incorporar tubulações às paredes, não negligenciar os efeitos das movimentações higrotérmicas, sobretudo em paredes externas e especialmente orientadas para Norte.



também comumente empregada na tentativa de proteger as tubulações incorporadas às paredes externas, dado à maior suscetibilidade destas áreas às variações de temperatura e umidade (Fig. 4.75). No entanto, quando se trata de tubulações que conduzam líquidos ou gases, deve-se evitar seu confinamento em paredes ou elementos estruturais, sendo recomendável soluções que assegurem a independência dos subsistemas e facilitem as operações de vistoria e manutenção.

Todas estas soluções devem ser apresentadas aos canteiros de obras com auxílio das elevações das paredes que contém componentes do subsistema de instalações e de detalhes construtivos para situações consideradas atípicas (Fig. 4.76).

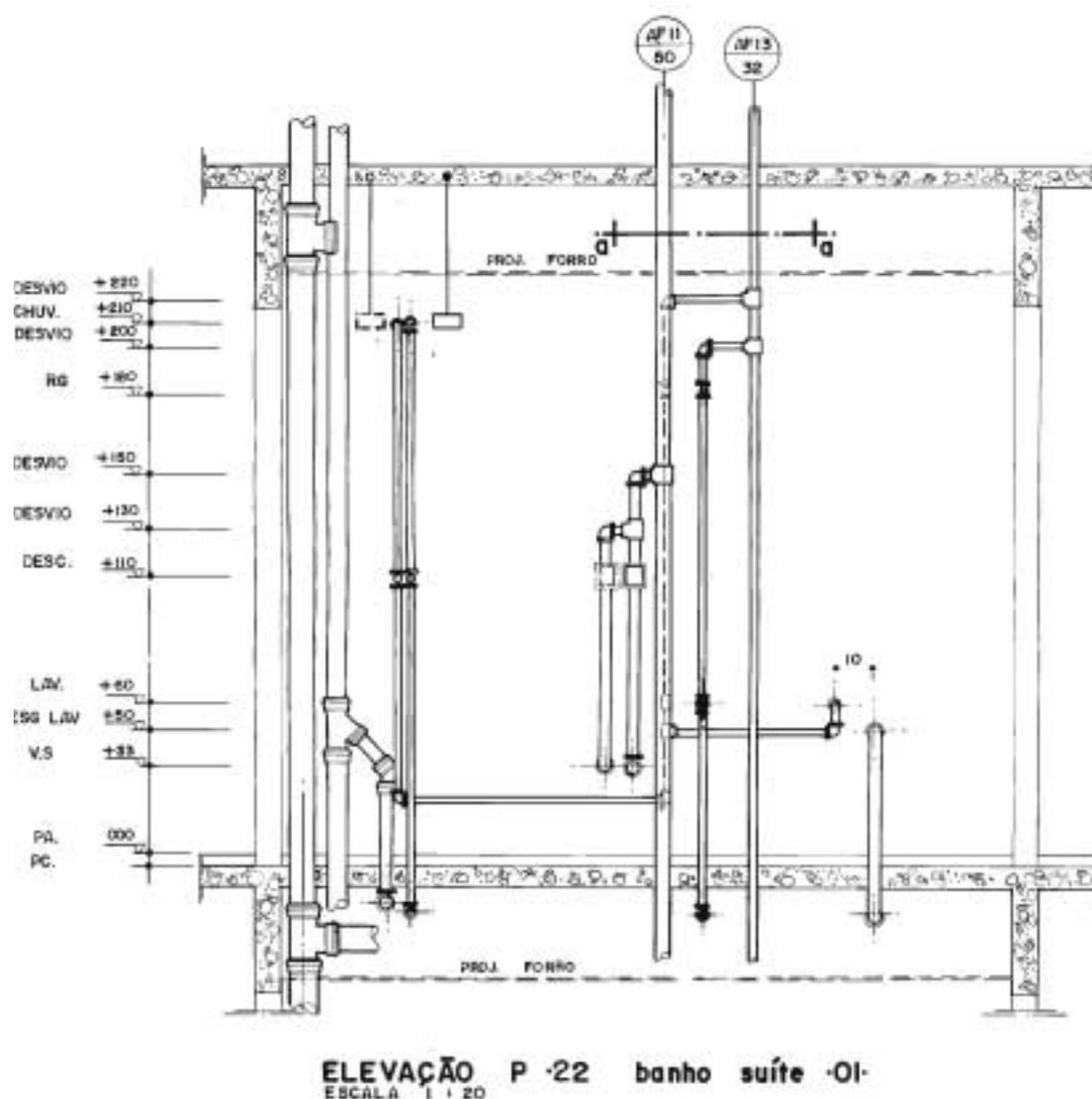


FIG. 4.76

Exemplo de elevação com concentração de instalações hidro sanitárias.

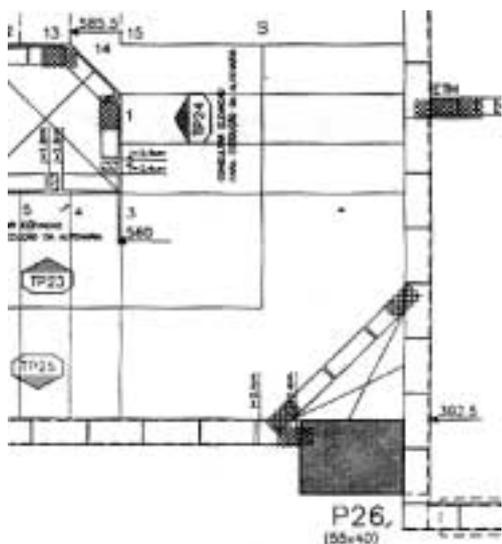


FIG 4.77

Recorte na laje do patamar da escada para passagem das prumadas de água e esgoto, associado a canaletas metálicas (fixadas aos pilares) onde serão apoiadas as tubulações verticais, com auxílio de abraçadeiras metálicas.



FIG 4.49 *A canaleta metálica é fixada à estrutura e, com auxílio de abraçadeiras metálicas, são presas as prumadas verticais de maior diâmetro. Observar a proteção do tubo na região onde é "abraçado", evitando-se sua danificação ao ser apertada a braçadeira.*



FIG. 4.79a e 4.79b

Solução proposta em projeto experimental (EP-EN/7) para incorporação do Quadro de Distribuição de Luz (QDL) às paredes de alvenaria.



FIG. 4.80

A concentração de tubulações em edifícios de múltiplos pavimentos demanda espaços consideráveis, devendo ser devidamente planejada no Projeto para a Produção das Alvenarias.

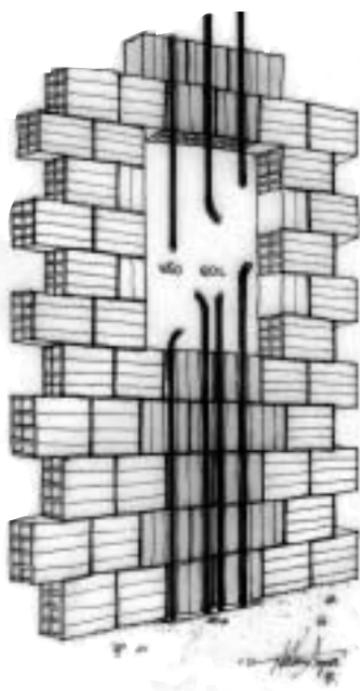


FIG. 4.81

Solução proposta em projeto experimental (EP-EN/7) para incorporação do Quadro de Distribuição de Luz (QDL) às paredes de alvenaria.



FIG. 4.82 *O projeto de alvenaria deverá considerar o tipo e espessura das camadas de revestimento e acabamento a serem aplicadas sobre a parede 'em osso', para que os componentes a ela incorporados estejam na posição especificada para a parede 'acabada'.*



FIG 4.83
Solução prescrita em PPP de alvenaria de vedação para compatibilização da espessura final da parede com a incorporação das camadas de impermeabilização do piso na base da parede.

4.7.4 Outras interfaces

São também objeto de equacionamento dos projetos para a produção de alvenarias de vedação as interfaces:

- Alvenaria/Instalações Elétricas, Telefônicas e Especiais

Apesar de predominar o emprego de tubulações de diâmetros inferiores aos diâmetros das tubulações hidro-sanitárias, as prumadas concentradas demandam espaços consideráveis e podem gerar prejuízos às paredes se não estiverem devidamente detalhadas, assim como a incorporação de quadros de luz e outros componentes destes sistemas (Fig. 4.79 a 4.81).

- Alvenaria/Revestimentos

A textura, porosidade, homogeneidade e integridade dos painéis de alvenaria serão fundamentais para a execução dos serviços de revestimento e de sua qualidade final. Desta forma, as prescrições técnicas que determinarão estas características deverão sempre considerar os revestimentos especificados no projeto arquitetônico, buscando-se compatibilizar as características da base às exigências e solicitações impostas pelo tipo de revestimento.

As definições acerca dos revestimentos irão interferir, também, na posição relativa de componentes ao serem incorporados à alvenaria "em osso" para que estejam na posição desejada em relação à parede acabada, como por exemplo, caixas de luz, esquadrias, pontos de abastecimento de água, etc. Situações usuais ao equacionamento pelos projetos para a produção também estão incorporadas ao banco, buscando-se alertar para os cuidados a se observar nesta fase (Fig. 4.82).

- Alvenaria/Impermeabilizações

Devem ser observadas as interferências entre os componentes do sistema de impermeabilização selecionado e as paredes de vedação, especialmente na base de paredes em contato com pisos laváveis, paredes que conformam platibandas em terraços ou varandas, etc. (Fig. 4.83).

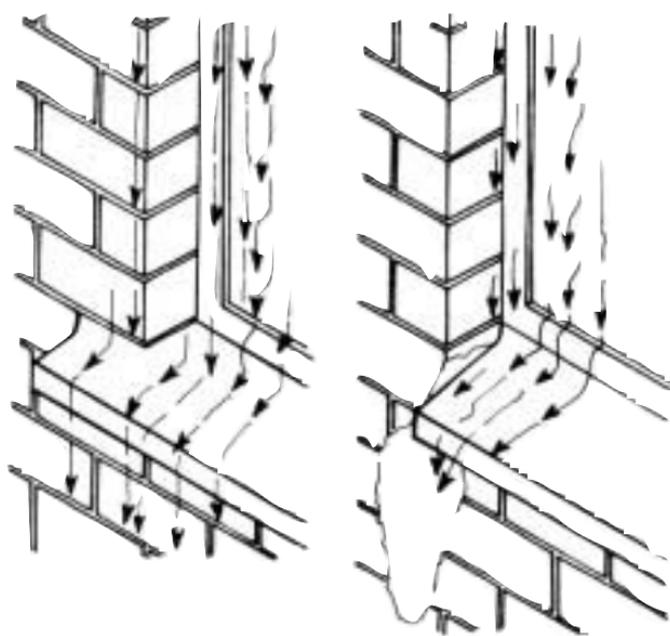


FIG. 4.84

O conhecimento dos agentes e mecanismos que promovem a deterioração dos edifícios deve orientar as decisões técnicas e o detalhamento construtivo dos pontos susceptíveis a sua manifestação, como as interfaces presentes nas fachadas: no primeiro exemplo, "o fluxo (da água) é defletido para fora da fachada" enquanto que no segundo "a água concentra-se nas laterais do peitoril, provocando manchas de umidade e sujeira na fachada". (Thomaz, 1990).

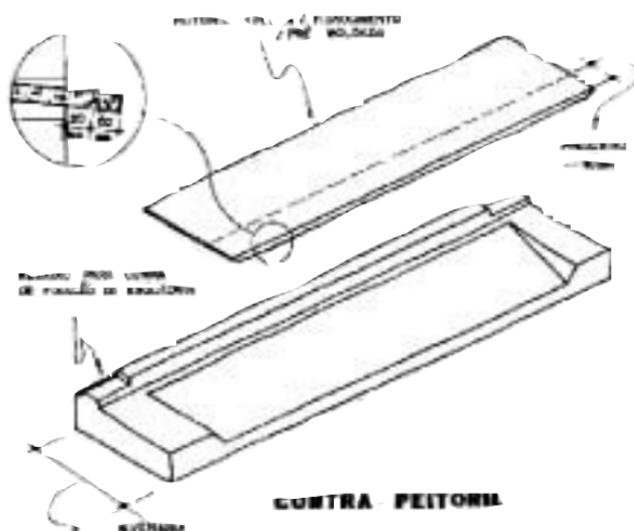


FIG. 4.85

Componentes pré-moldados em obra a serem assentados após a fiada que contem as contravergas de janela, com a função de proteção das juntas conformadas na interface alvenaria/esquadria e de expulsão da água para fora da edificação, evitando a escorrimento de película d'água sobre os paramentos verticais. Solução construtiva proposta em projeto experimental (EP-EN/7) na qual o contrapeitoril seria assentado durante a elevação das alvenarias e o peitoril apenas após a conclusão dos serviços nas fachadas, para evitar sua danificação em eventuais incidentes.

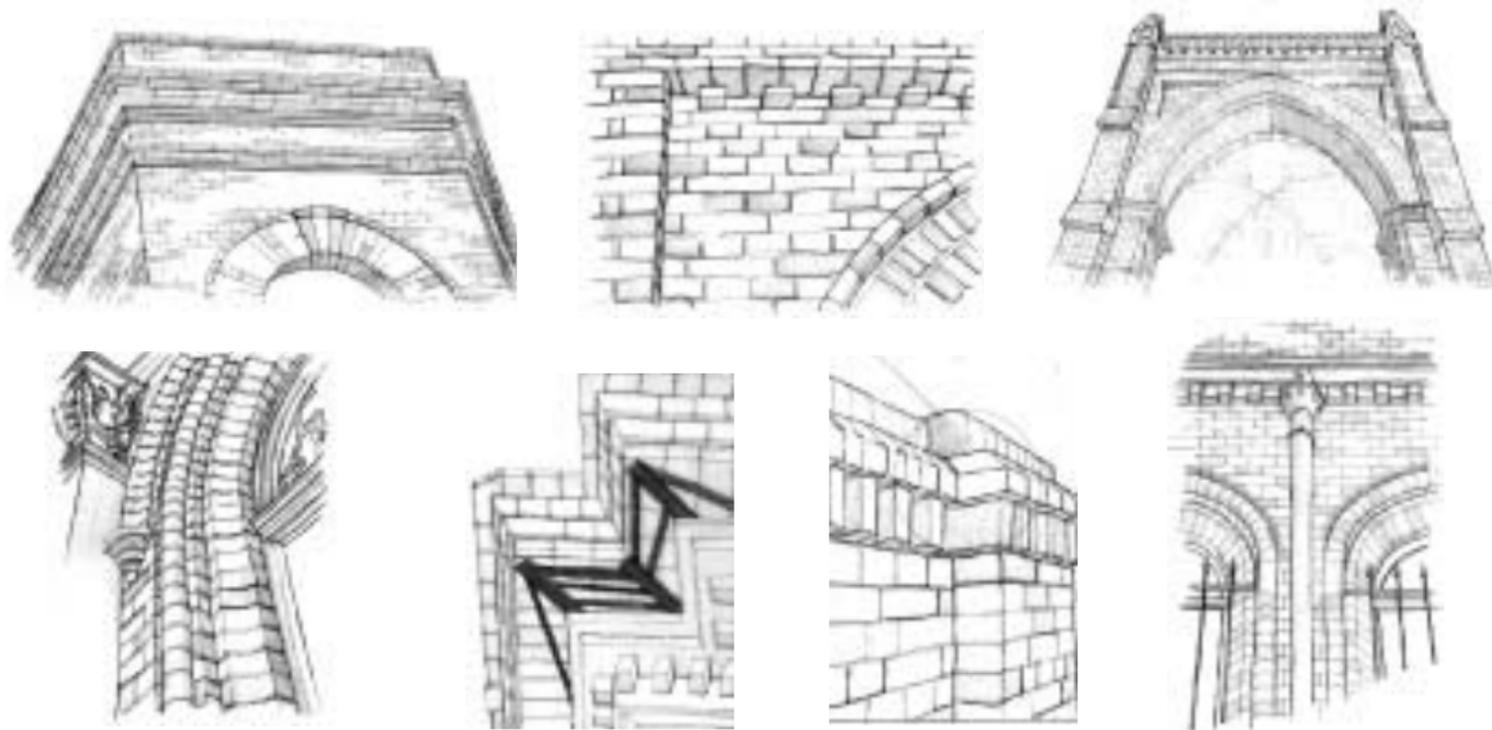


FIG. 4.86

Aspectos construtivos de edificações construídas no Brasil até meados do século passado, ressaltando-se o extenso repertório de alternativas para redução do grau de exposição de seus componentes à ação das águas de

chuva. Detalhes que não caracterizam apenas estilos arquitetônicos diversos, mas traduzem a preocupação de arquitetos e construtores com a durabilidade das construções. Denotam também atenção, conhecimento e respeito à natureza dos materiais e componentes construtivos. Não são apenas ornamentos, mas dispositivos eficientes para assegurar o desempenho das vedações externas quanto à estanqueidade às águas pluviais.

4.8 Interface com o Meio

A influência das condições físico-ambientais sobre uma edificação manifesta-se, de início, sobre seus elementos mais externos – constituintes das fachadas e cobertura – e sobre os elementos em contato com o solo e, através deles, estende-se ao seu interior.

As paredes externas de uma edificação têm como uma de suas principais funções a proteção dos ambientes da ação dos agentes externos considerando-se, neste aspecto, como requisitos fundamentais, principalmente, estanqueidade à água e ao ar, o isolamento térmico e acústico.

A incidência do sol e da chuva, ambientes marítimos ou outros ambientes agressivos, a ação do vento associada à presença de poluentes na atmosfera e outros agentes do meio físico podem promover a deterioração precoce do edifício e/ou comprometer o conforto e salubridade dos mesmos. Além disso, as fachadas e coberturas estarão expostas a condições mais ou menos agressivas dependendo da posição relativa que ocupam na edificação e de sua orientação o que determinará, por exemplo, a intensidade de insolação recebida ao longo do dia ou a incidência direta das águas pluviais conduzidas pelo vento preferencial. De qualquer forma, comparativamente às paredes internas, as paredes externas estarão sujeitas a maiores solicitações decorrentes de movimentações higrotérmicas mais significativas.

A observância dessas especificidades indicará para o projetista de alvenaria os cuidados necessários durante a elevação das alvenarias e quais os materiais e técnicas que melhor se adequam a uma dada condição de exposição.

No entanto, as possibilidades de minimização de condições desfavoráveis de exposição das paredes externas são maiores em etapas anteriores do projeto arquitetônico, especialmente na implantação do edifício, na sua concepção volumétrica, na concepção geométrica das fachadas, sistema de cobertura, na adoção ou não de beirais ou platibandas, na existência ou não de dispositivos de proteção dos panos de paredes e das aberturas neles contidas e de descolamento da película d'água tais como peitoris, pingadeiras, ressaltos ou reentrâncias no plano das paredes.

Cabe ao arquiteto atentar para os aspectos determinantes da durabilidade e conforto das edificações na fase de elaboração do anteprojeto arquitetônico. Caberá ao



FIG. 4.87
Contraverga composta a partir de componentes modulares, pré-moldados em obra, cumprindo - além de sua função original - também a função de peitoril. O componente é ressaltado do plano da fachada e dotado de pingadeira. (Conjunto Residencial Serrano, Belo Horizonte/MG)



FIG. 4.88
Detalhe de peitoril de janela: sua geometria protege a interface esquadria parede e o trecho de parede sob ele. Pinheiros/SP



FIG. 4.89
*Detalhe do
coletor de
águas pluviais.
Pinacoteca do
Estado/SP*

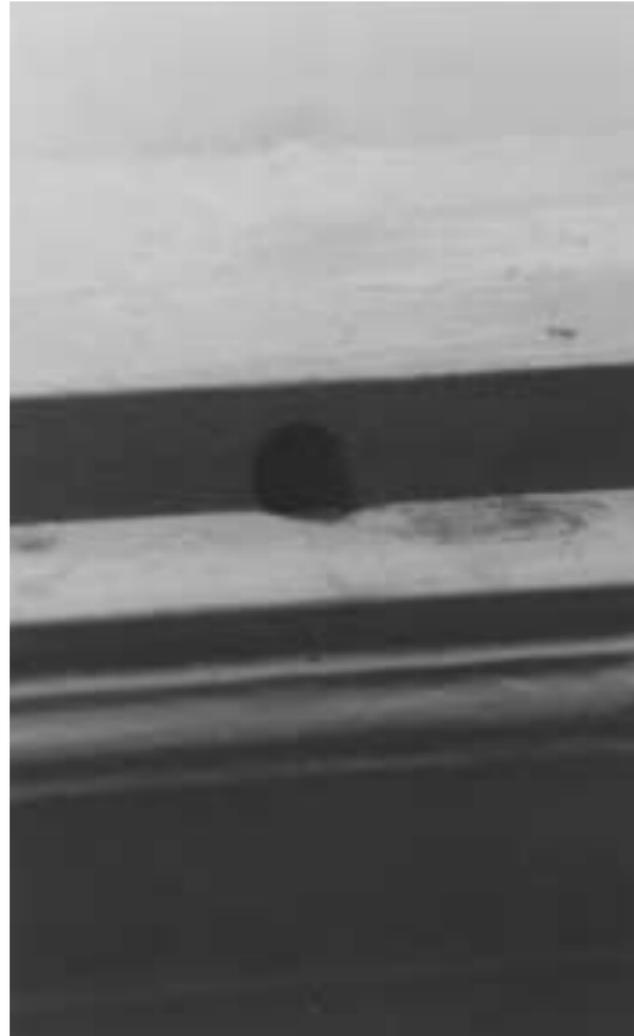


FIG. 4.90
*Detalhe de
lacrimal em
esquadria de
janela: se não é
possível
impedir que a
água entre, que
ela possa sair
rapidamente...*

projetista de alvenaria o correto detalhamento das soluções adotadas no projeto arquitetônico, o que também envolve a avaliação da compatibilidade dos materiais especificados para as fachadas com as condições de exposição.

Apesar de determinantes nas condições de conforto e de salubridade das edificações e de durabilidade de seus componentes construtivos, nos edifícios atuais, em geral, a ação desses agentes não tem sido observada, determinando seu envelhecimento precoce com prejuízos incalculáveis para os proprietários, em particular, e para o meio físico-ambiental e a sociedade como um todo, pelo desperdício de recursos valiosos – materiais, energéticos, humanos, cujo emprego racional poderia conduzir a uma condição de sustentabilidade social e ambiental indispensáveis à sobrevivência dos centros urbanos (Fig.4.84 a 4.90).

Outras propriedades que deverão ser dimensionadas de acordo com as condições de exposição das paredes de vedação referem-se às exigências de conforto termo-acústico, já discutidas no item 3.2.

4.9 Interface com a Produção

Esta etapa tem como finalidade antecipar e ordenar as atividades a serem desenvolvidas no canteiro de obras objetivando, além do atendimento integral às especificações contidas no projeto, a gestão dos recursos físicos envolvidos no processo de produção das paredes de alvenaria no sentido de otimiza-los, reduzindo os desperdícios de materiais, mão-de-obra e energia e a ociosidade de equipamentos, aumentando a produtividade nos serviços de alvenaria e também nas atividades que lhe dão apoio tais como o recebimento, o transporte e a estocagem de insumos básicos e contribuindo para a redução de impactos ambientais provocados pela atividade, sobretudo no que diz respeito à geração de entulho e material particulado – poluente potencial do ar, água e solo.

O projeto para produção deverá apresentar a organização do canteiro nas etapas de execução da alvenaria, as recomendações para a execução e os procedimentos e critérios para o controle do processo de produção, contemplando:

- Procedimentos de Execução (**PEs**);
- Controle de Liberação de Serviço (**CLSs**);

- Controle do Processo Construtivo (**CPCs**);
- Procedimentos de Controle (**PCs**);
- Controle de Gestão da Qualidade (**CASs**);

Este conjunto de documentos deve ser elaborado conjuntamente com os responsáveis pelo Sistema de Gestão da Qualidade da empresa construtora e, em geral, é apresentado ao canteiro de obras sob a forma de fichas contendo orientações para a execução dos serviços e para a verificação e controle dos serviços executados e mesmo das condições necessárias à sua execução. Para a execução das alvenarias, faz-se necessário a produção deste conjunto de documentos, sobretudo para as etapas nas quais a correção executiva será determinante na qualidade do produto final:

- Marcação da alvenaria
- Elevação da alvenaria
- Fixação da alvenaria
- Embutimento de tubulações secas na alvenaria
- Produção de argamassas de assentamento

4.9.1 Organização do Canteiro de Obras

A organização do canteiro depende fundamentalmente da área disponível para abrigar os insumos e serviços relativos a essa atividade, dos acessos, circulação geral e condições para o fornecimento de energia no canteiro, dos equipamentos de transporte definidos para as demais atividades e, ainda, das características dos componentes de alvenaria e da argamassa a serem empregados na execução da alvenaria. Portanto, é específica para cada canteiro e para cada projeto em particular. Dessa maneira, nesse item apresentam-se diretrizes gerais, as quais o responsável pelo projeto para produção deverá considerar para a sua elaboração.

Salienta-se que todas as definições, ainda que dependam das particularidades de cada obra, deverão ser previamente planejadas.

Recomenda-se ainda a consulta às normas brasileiras referentes ao assunto:



FIG. 4.91



FIG. 4.92



FIG. 4.93

A disponibilidade de equipamentos adequados proporciona conforto e segurança ao operador, assegurando o desempenho eficiente no serviço.



- NR-17: Ergonomia - norma regulamentadora que estabelece parâmetros para a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar-lhes um máximo de conforto, segurança e desempenho eficientes discutindo aspectos ligados ao levantamento, transporte e descarga de materiais; mobiliário, equipamentos e condições ambientais dos postos de trabalho e a própria organização do trabalho.
- NR-18: Condições e meio ambiente de trabalho na construção civil – voltada à regulamentação das atividade e organização do canteiro de obras sendo, portanto, imprescindível aos projetistas da produção; para os projetos de alvenaria, atentar para suas recomendações quanto a transporte vertical e horizontal de cargas, armazenagem e estocagem de componentes e manutenção da ordem e limpeza nos postos de trabalho.

4.9.2 Equipamentos para descarga e transporte dos componentes de alvenaria

Empregados para a descarga e transporte dos componentes desde o caminhão fornecedor até aos locais de estocagem, distinguem-se conforme os blocos sejam paletizados ou não. Para que se tenha vantagens com os blocos paletizados é necessária a presença de grua no canteiro, permitindo a estocagem imediata dos componentes no próprio pavimento ou, pelo menos, a existência de carrinhos montacarga. Neste caso, deve-se assegurar pavimentação adequada e resistente ao tráfego, em todo o percurso.

Nos casos em que a estocagem não é feita no pavimento em que os componentes serão utilizados, deve-se prever carrinhos específicos para transporte de blocos do local de estocagem até o elevador e deste para o local de utilização (Fig. 4.91 a 4.94).

4.9.3 Definição do local para armazenagem dos componentes de alvenaria

Se a estocagem não é feita diretamente no pavimento, é necessário a previsão de local coberto para proteção dos componentes contra a umidade, sobretudo para componentes de concreto, concreto celular auto-clavado e sílico-calcáreos, em função de seu elevado coeficiente de retração reversível, ou seja, o aumento de



FIG. 4.95 *Armazenagem de componentes em pátio descoberto exposto às intempéries.*



FIG. 4.96

Utilização de pavimentos atípicos para armazenagem de componentes, ao abrigo.



FIG. 4.97

volume quando umedecidos e a retração quando ocorre o processo de secagem. O uso de *pallets* envolvidos em plástico não protege a face superior dos mesmos.

Pode-se prever a utilização dos pavimentos atípicos para a estocagem dos componentes, evitando-se a sua deposição em locais descobertos e sem proteção impermeável. Neste caso, recomenda-se priorizar – no cronograma de obra a pavimentação dos mesmos bem como a execução de escadas e rampas de acesso que possam favorecer as operações de estocagem e circulação dos materiais.

A falta de planejamento das atividades de recebimento e distribuição dos componentes e sua estocagem indevida pode resultar em retrabalho e perda de peças, gerando movimentações intermediárias que poderiam ser evitadas otimizando a mão-de-obra.

Para a descarga de *pallets* diretamente nos pavimentos, deve-se fornecer a planta de distribuição dos *pallets*, prevenindo sobrecargas pontuais nas lajes e assegurando os fluxos de operários e equipamentos (Fig. 4.95 a 4.97)

4.9.4 Definição da argamassa de assentamento e a forma de produção

Essa definição é um parâmetro de grande importância na organização do canteiro de obras, a fim de que se possa prever os equipamentos necessários, as áreas para estoque de materiais e para preparo e os meios de transporte. As necessidades de áreas de estoque diferem significativamente em função do tipo de argamassa a ser utilizada: convencional (mista de cimento, cal e areia, produzida na própria obra); pré-misturada (recebimento de argamassa de cal e areia, a ser misturada com o cimento na obra); em silo ou industrializada (misturadas apenas com água no momento da utilização).

No caso de argamassa convencional, centralizada na obra, há grande demanda de espaço e equipamentos. Os espaços referem-se à necessidade de estocagem dos aglomerantes (cimento e cal), em local protegido de intempéries, estocagem de agregados miúdos, bem como, da argamassa intermediária (mistura de cal e areia). Os equipamentos referem-se a peneiradores de agregados, dosadores de materiais (padiolas de volume conhecido), misturadores e equipamentos para transporte da argamassa produzida, tais como jericas, caçambas, carrinhos de mão, etc.

No caso de argamassas que chegam pré-misturadas, há a necessidade de se prever o estoque de cimento em local protegido e baias para a argamassa intermediária, além dos equipamentos para dosagem, mistura e transporte, anteriormente citados.

Para as argamassas fornecidas em silos, há apenas a necessidade de se definir a forma de transporte (através de jericas ou carrinhos de mão ou bombeado), uma vez que o sistema permite a estocagem e mistura dos materiais.

No caso de argamassas industrializadas, fornecidas em sacos, deve-se prever local de estocagem do material em local protegido, equipamentos para transporte até o pavimento em que será aplicada e, ainda, equipamento de mistura de pequeno porte, para produção da argamassa no próprio pavimento. O emprego desse sistema de produção de argamassa permite utilizar o equipamento de transporte fora dos horários de pico, contribuindo para maior produtividade do serviço e da obra como um todo.

4.9.5 Preparo da Execução da Alvenaria e Controle de execução da estrutura

O preparo da execução da alvenaria depende da organização do canteiro, do planejamento dos serviços como um todo e do processo de controle das atividades anteriores.

Para que se possa dar início à execução da alvenaria, faz-se necessário o prévio controle da execução da estrutura, a fim de se verificar se as condições assumidas para a elaboração do projeto de alvenaria foram alcançadas quando da produção da estrutura, ou seja, se a etapa de execução da estrutura resultou em vãos de alvenarias compatíveis com o projeto previamente estabelecido e com a tecnologia de produção a ser empregada. Essas condições dizem respeito às características dos vãos estruturais: dimensões, esquadro, alinhamento e prumo dos elementos, que deverão ser verificadas - ou em sua totalidade ou por amostragem - conforme prescrições do controle da qualidade de execução e de liberação de serviços.

Caso as características geométricas estejam fora dos limites de tolerância estabelecidos pelo controle, será necessário alterar as características previamente estabelecidas no projeto de alvenaria, podendo caracterizar-se uma etapa de

SEQUÊNCIA DE SERVIÇO

1. MARCAÇÃO DE ALVENARIA
2. PRUMADAS CHUMBADAS
3. ALVENARIA
4. COLDEIÇÃO DAS CURVAS ELÉTRICAS
5. CHUMBAMENTO DAS CURVAS ELÉTRICAS / APERTO DE ALVENARIA
6. CHAPIÇO DO TETO E PAREDE
7. TALISCAMENTO DO TETO E PAREDE
8. CHUMBAMENTO DAS CAIXAS E MANGUEIRAS ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS
9. CONTRA-MARCO
10. BEMCA PAULISTA NO TETO
11. CONTRA-PISO
12. CHUMBAMENTO DE RAÍZES / TUBULAÇÃO DO TETO
13. REBOCO PAULISTA NAS PAREDES
14. FIAÇÃO ELÉTRICA
15. ASSENTAMENTO DE AZULEJO NA COLA / FORRO DE GESSO
16. ASSENTAMENTO DE CERÂMICA NA COLA / BANCADES
17. APLICAÇÃO DE MASSA CORRIDA NO TETO E PAREDE
18. ASSOALHO
19. PINTURA DE TETO / PORTAIS E ALZARES
20. DEMÃO DE PINTURA EM PAREDE
21. COLDEIÇÃO DE TOMADAS E INTERRUPTORES
22. LIXAMENTO DA BEIRA DO ASSOALHO
23. NODAPÉ
24. ASSENTAMENTO DE PORTAS
25. LOUCAS E METAIS

“reprojeto”, que será de responsabilidade do próprio engenheiro coordenador da obra, tomando as decisões necessárias para sua correção, caso a caso.

A Tabela 4.5 apresenta os limites de tolerância prescritos pelas empresas construtoras pesquisadas, em seus procedimentos para controle do processo de produção da estrutura.

TABELA 4.5: Tolerâncias de não conformidade na execução da estrutura

Desvio de tamanho do vão da estrutura	+2,0% e -1,0%
Desvio de prumo da estrutura no plano de execução da alvenaria	3mm/m

Valores acima da tolerância estabelecida deverão ser comunicados ao engenheiro coordenador da obra, a fim de que tome a decisão mais racional em cada caso.

4.9.6 Seqüência de execução das alvenarias do edifício

Para o correto desempenho das vedações e do próprio edifício, existe uma seqüência ótima de execução da alvenaria, que deve ser respeitada, adaptando-a às possibilidades do cronograma previamente estabelecido para a construção do edifício, evitando-se o carregamento precoce da estrutura e buscando-se atenuar os esforços atuantes na alvenaria (ver item 3.1.2).

A execução da alvenaria deve ocorrer o mais tarde possível no cronograma do edifício. A situação ideal é quando se inicia a alvenaria após a conclusão de toda a estrutura não sendo essa, no entanto, a mais comum de se encontrar em função dos cronogramas de execução previstos para o desenvolvimento do empreendimento.

Assim, deve-se estabelecer uma seqüência tal que os esforços atuantes sobre a alvenaria sejam minimizados (Fig. 4.98 a 4.100). Para isto, deve-se possibilitar a máxima deformação da estrutura, antes de entrar em contato com a alvenaria.

Na Tabela 4.6, apresentam-se as diretrizes para a definição da seqüência de execução das alvenarias e determinação das condições mais favoráveis ao início da elevação dos painéis e de fixação à estrutura.

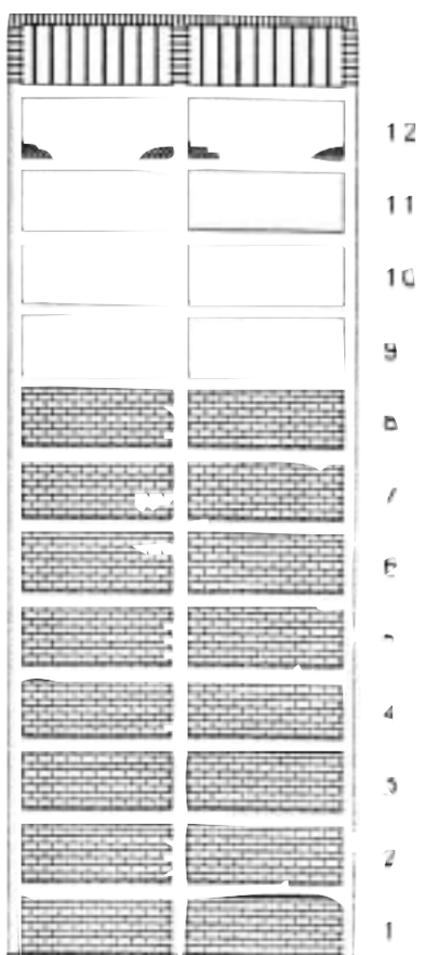


FIG. 4.99

- Execução da estrutura de pelo menos 4 pavimentos (livre de escoramentos)
- Início de alvenaria, de cima para baixo, do 4º para o 1º pavimento, sem que se faça a fixação.
- Execução da estrutura de mais 4 pavimentos.
- Repete-se as operações anteriores até que se tenha pelo menos 50% da alvenaria executada sem fixação.
- Inicia-se a fixação de cima para baixo.

FIG. 4.100



TABELA 4.6: Diretrizes para definição da seqüência de serviços de alvenaria

Etapa de Execução	Recomendações
Elevação da Alvenaria	Retardar ao máximo o início da elevação, devendo-se ter a estrutura desformada em, pelo menos, dois pavimentos acima da qual terá início a alvenaria;
	Executar as alvenarias a partir dos pavimentos superiores para os inferiores, em lotes de, pelo menos, dois pavimentos, sendo quatro a composição ideal do lote;
Fixação de topo da alvenaria à estrutura	Retardar ao máximo, sendo ideal a execução de 50% das alvenarias, antes do início da fixação;
	Incorporar toda a carga permanente possível, por exemplo contrapisos, antes do início da fixação;
	Executar as fixações a partir dos pavimentos superiores para os inferiores;
	Ter, pelo menos, dois pavimentos com as alvenarias já executadas acima do qual terá início a fixação, sendo ideal quatro;
	Não fixar alvenarias com menos de 14 dias após sua execução;
Fixação de topo do último lote de pavimentos	Ter concluído a elevação da alvenaria do último pavimento há, pelo menos, 30 dias;
	Ter instalado o telhado (se houver) ou concluído o isolamento térmico da laje; caso não seja possível, executar isolamento térmico provisório sobre a laje de cobertura, mantendo-o até à execução definitiva da cobertura prevista.

4.9.7 Seqüência de atividades no pavimento

Essa etapa visa estabelecer a seqüência ótima de desenvolvimento das atividades relativas à execução das alvenarias no pavimento, com o objetivo de dimensionar as equipes, buscando-se máxima produtividade, otimizar o uso de equipamentos e minimizar a necessidade de transporte de componentes e de argamassa pelo pavimento.

Para isso, deve-se definir:

- a seqüência de preparo da estrutura: chapiscamento e colocação dos elementos de ligação (“ferros-cabelo” ou telas metálicas) nos locais previstos pelo projeto;
- a seqüência de demarcação da primeira fiada;
- a seqüência de elevação da alvenaria, considerando-se:
 - as características das esquadrias,
 - a necessidade de embutimento de instalações,
 - as amarrações previstas entre paredes,
 - a necessidade e/ou disponibilidade de equipamentos do tipo escantilhões, andaimes e caixas de argamassa;
 - as equipes necessárias às frentes de trabalho estabelecidas.

A definição da seqüência de atividades deverá considerar os procedimentos de execução adotados pela empresa em conjunto com profissionais da empresa responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico e qualidade para a produção de alvenarias de vedação.

5 CONTEÚDO E PADRÃO DE APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS PARA A PRODUÇÃO DE ALVENARIAS DE VEDAÇÃO RACIONALIZADAS

Não possuindo normalização que os regulamente, os projetos para a produção de alvenarias racionalizadas assumem distintos padrões de apresentação e conteúdo, conforme o escritório de projetos que os elabora e a empresa construtora que os contrata.

Como já discutido no Capítulo 2, os projetos para a produção têm incorporado definições que, conceitualmente, já estariam contempladas pelos projetos de produto, em etapa anterior, enquanto que definições essenciais à produção das alvenarias não têm integrado seu conteúdo, sobretudo quando relacionadas à gestão e ao controle do processo de produção, incluindo orçamento, produtividade estimada, logística, etc. Nos levantamentos de campo, identificou-se poucos documentos técnicos que refletem estes conteúdos como, por exemplo, a apresentação de planta de distribuição dos *pallets* de componentes de alvenaria nos pavimentos ou a proposição de composição da equipe executora das alvenarias relacionada com a produtividade estimada para o serviço.

Quanto ao padrão de apresentação, a orientação básica para a sua definição é que a informação técnica referente a uma específica etapa da obra esteja consolidada em um único documento técnico, eliminando a necessidade de consulta simultânea de vários documentos, no momento da execução. Como discutido no Capítulo 4, uma das funções primordiais dos projetos para a produção é a eliminação de conflitos resultantes da interferência mútua entre prescrições técnicas contidas nos vários projetos e demais documentos de obra.

As informações contidas nos projetos de alvenaria devem definir claramente a tecnologia de produção das vedações verticais, envolvendo: espessuras e posicionamento das paredes em relação aos elementos estruturais; espessuras de juntas horizontais e verticais em função da modulação adotada; características de preenchimento das juntas entre componentes e nas ligações parede-parede e parede-estrutura; amarração das juntas verticais com definição do aparelho da alvenaria;

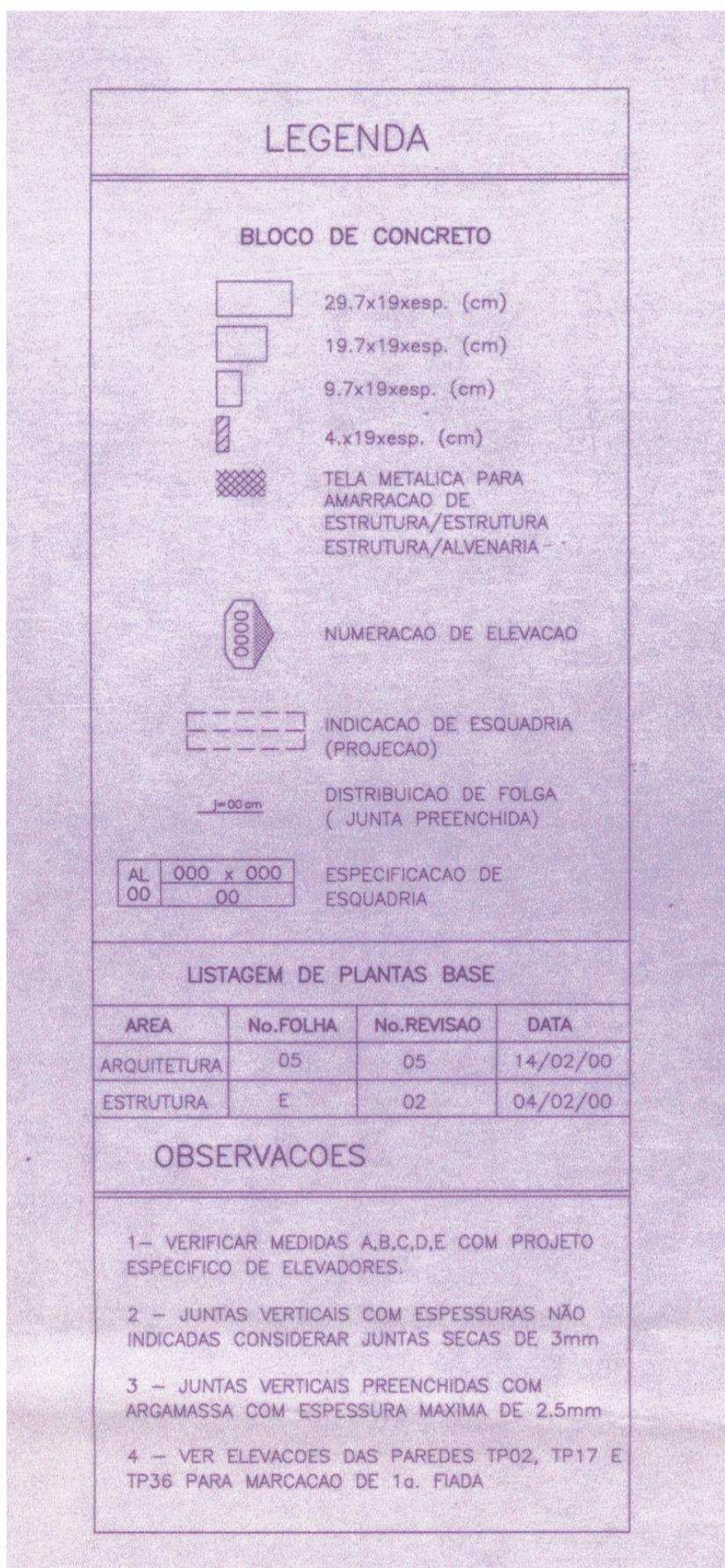


FIG. 5.1

A simbologia adotada no projeto é apresentada na legenda e, previamente à execução das alvenarias, a mão-de-obra deve ser instruída para a compreensão integral da redação técnica do projeto.

caracterização e posicionamento das juntas de controle; união entre paredes; fixação lateral e de topo das paredes à estrutura; conformação dos vãos de portas e janelas; posicionamento, dimensionamento e características de produção de vergas e contravergas; sistemas de fixação das esquadrias; posicionamento e características das passagens de instalações e sistema de fixação das tubulações, incorporação de quadros de distribuição, caixas de passagem, dentre outros.

Para a transmissão de suas prescrições ao executor, o projeto para a produção de alvenarias apóia-se, basicamente, em dois recursos de representação: plantas de fiadas e elevações e, como recurso complementar, utiliza-se freqüentemente de detalhes construtivos associados às especificações técnicas imprescindíveis à sua consecução.

5.1 Planta de Fiadas

São apresentadas as plantas de primeira e segunda fiadas, com identificação de todas as paredes do pavimento-tipo, independentemente da ocorrência de eixos de simetria, quando também deverá ser apresentada a porção rebatida, e nomeadas as paredes espelhadas. No acompanhamento da utilização dos projetos nos canteiros de obras, observa-se a dificuldade do executor em proceder a leitura espelhada dos desenhos, expeditamente.

As plantas deverão apresentar a locação das paredes e dos vãos de alvenaria, com o posicionamento dos componentes nas primeiras e segundas fiadas, destacando-se os pontos particulares que serão objeto de detalhamento específico, tais como: extremidades de vãos, pontos de passagem de tubulações e encontros de paredes, localização de telas metálicas para amarração, espessura de juntas verticais de assentamento, etc.

A escala de apresentação dos desenhos deve ser compatível com a quantidade de informações nele contida, facilitando sua leitura, sendo usualmente empregada a escala 1:25, gerando formatos A₀ da ABNT²⁶, ou “A₀ estendido”, quando é mantida uma das dimensões do formato e estendida a outra, para adequar-se à dimensão do

²⁶ Formato A₀ da ABNT = 840 x 1188mm

apresentada em forma de quadro (Fig. 5.1). O carimbo apresenta as informações rotineiras, relativas ao empreendimento, ao contratante, responsabilidade técnica, conteúdo da prancha, escala, data, etc.

Para os pavimentos atípicos ou paredes que apresentem particularidades executivas, deverão ser elaborados desenhos específicos, contemplando as particularidades em relação ao pavimento-tipo, conforme ilustra a figura 5.2.

As figuras 5.3 a 5.5 são recortes de pranchas contendo plantas de 1a e 2a fiadas e destacam a redação técnica adotada por alguns dos escritórios, na apresentação de seus projetos.

As equipes de projeto entrevistadas têm empregado o sistema de cotas acumuladas referenciadas em eixos auxiliares, a partir dos quais são tomadas todas as medidas. Os eixos auxiliares são estabelecidos no anteprojeto de alvenaria e utilizados como referência para o desenvolvimento de todos os demais projetos e, no início dos trabalhos de locação em obra são materializados e progressivamente transferidos para todos os pavimentos. A partir de um eixo ortogonal principal (X e Y), são estabelecidos tantos quantos eixos se mostrarem necessários para evitar a ocorrência de distâncias muito grandes que, no momento da execução, possam resultar em erros de locação (ver figuras 4.7 a 4.9, do Capítulo 4).

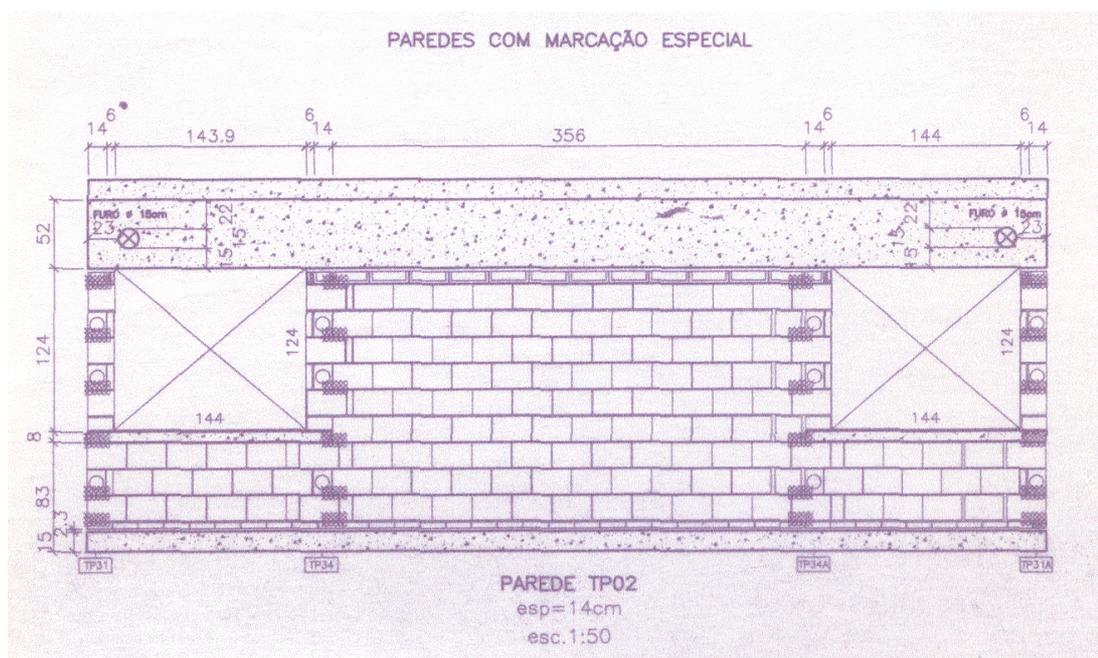


FIG. 5.2

Destaque apresentado na prancha contendo a Planta de 1a fiada do pavimento-tipo, particularizando aspectos relativos à parede TP02

FIG. 5.4
Recorte em planta de 2ª fiada apresentando, além da distribuição dos componentes de alvenaria, o posicionamento das telas metálicas para amarração e dos vãos para esquadrias de janelas.

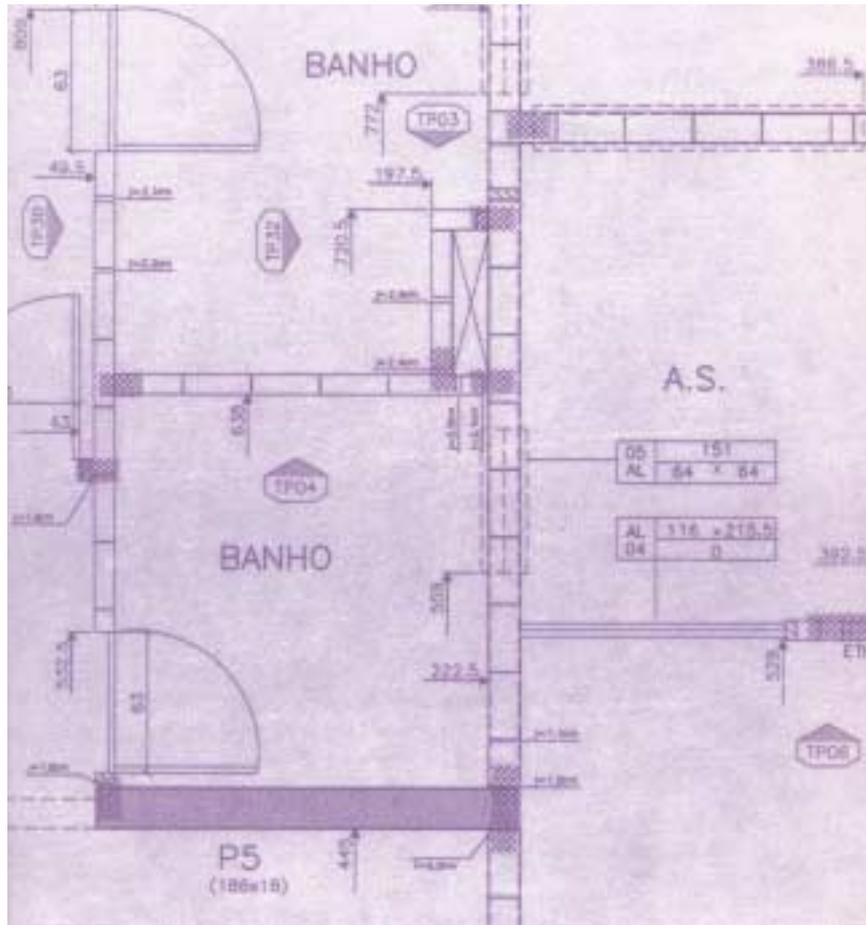
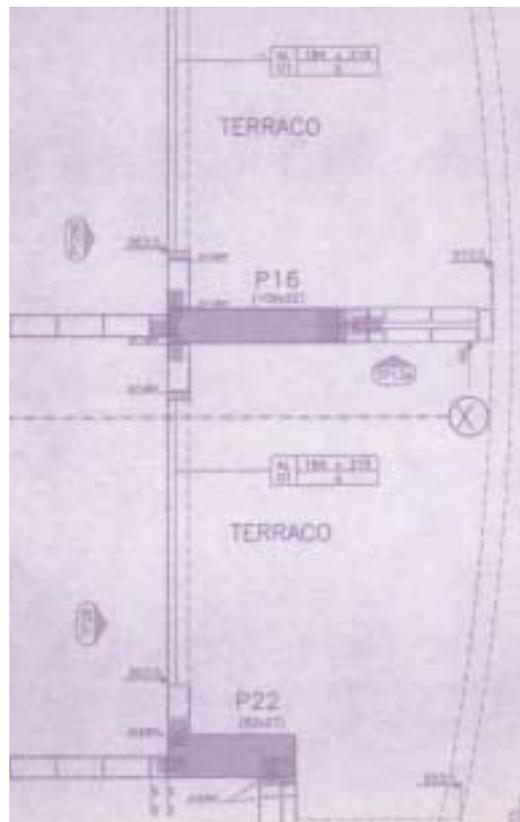


FIG. 5.5
Idem anterior:
Observar o posicionamento do eixo de referência "X", a partir do qual serão tomadas todas as medidas.



5.2 Elevações de paredes

Serão apresentadas elevações de todas as paredes ou, pelo menos, das paredes atípicas como, por exemplo, paredes contendo interferências com componentes do subsistema de instalações prediais de qualquer natureza, aberturas para incorporação de esquadrias ou quadros de distribuição ou outros elementos particulares. As elevações representam as paredes “em osso” (sem os revestimentos) e são, em geral, apresentadas no formato A₄ ou A₃ da ABNT²⁷, para facilitar seu manuseio no escritório e na obra, a reprodução ou substituição de pranchas eventualmente alteradas (Fig.5.6).

As elevações devem conter:

- Diferenciação entre as juntas verticais “vazias ou secas” e as juntas verticais preenchidas (Fig. 5.8);
- Dimensionamento da "junta horizontal de topo" do painel de alvenaria; a "junta horizontal de base" ou "inicial" será resultante do nivelamento da laje de piso para a demarcação da 1ª Fiada (Fig. 5.9);
- Posicionamento dos reforços de vãos de esquadrias e aberturas: vergas e contravergas (Fig. 5.10);
- Posicionamento das prumadas de instalações elétricas, hidráulico-sanitárias e especiais (telefone, segurança e outras) (Fig. 5.11);
- Posicionamento dos ramais de distribuição das instalações elétricas, hidráulicas e de coleta de esgoto (Fig. 5.12 e 5.13);
- Posicionamento dos elementos empregados na ligação da alvenaria com a estrutura (telas metálicas ou outros) (Fig. 5.14);
- Posicionamento de outros componentes incorporados às paredes (Fig.5.15).

Observar, nas ilustrações apresentadas, que alguns escritórios de projeto associam às elevações as plantas de 1ª e 2ª fiadas correspondentes.

²⁷ Formato A₄ = 210 x 297mm , A₃= 297 x 420mm, da ABNT.

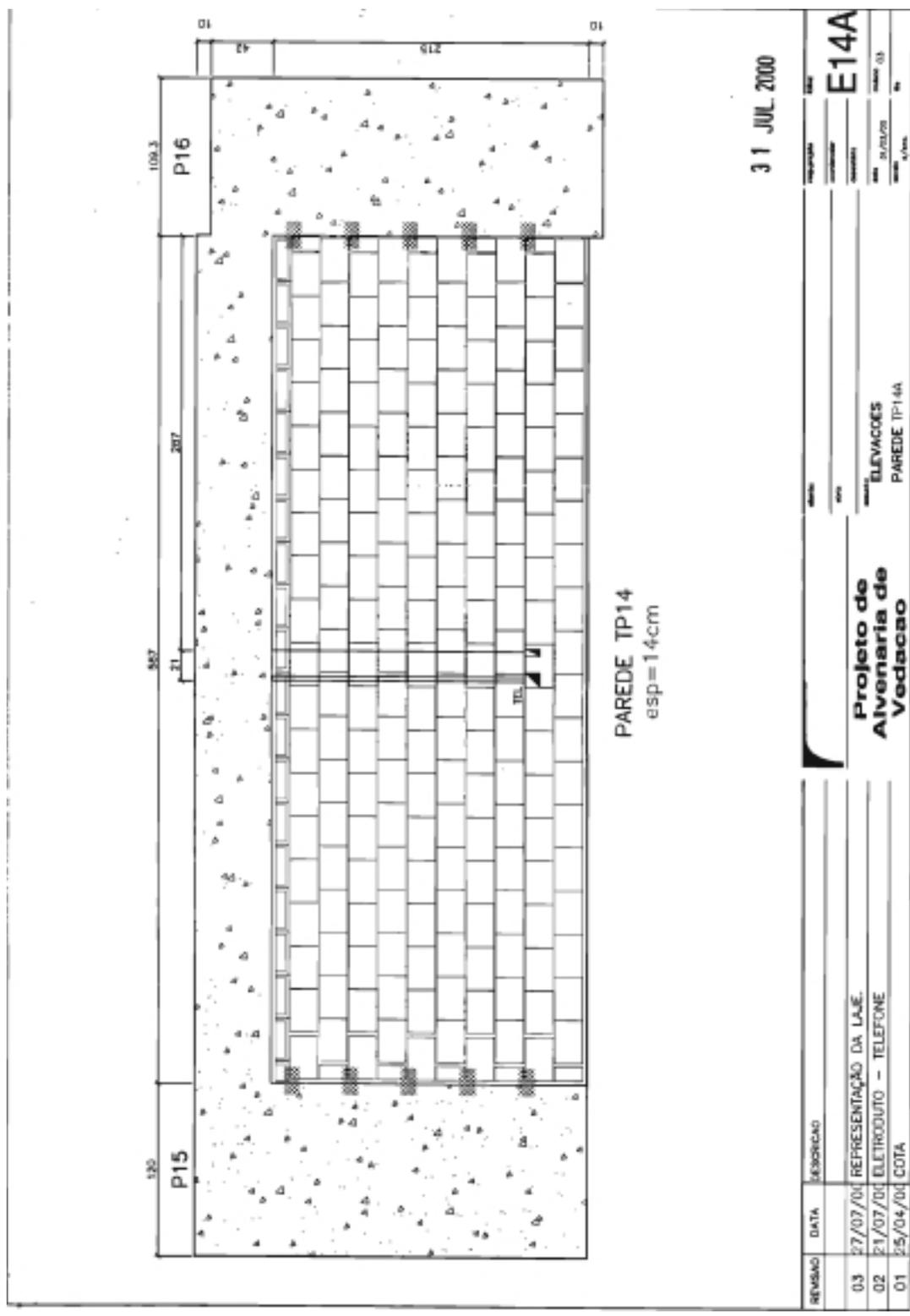


FIG. 5.6
As elevações são apresentadas em formato A4 (210 x 297mm) ou A3 (297 x 420mm) da ABNT e compõem o "Caderno de Elevações de Alvenaria". Estes formatos facilitam o manuseio em obra, a reprodução e eventual substituição dos desenhos alterados.

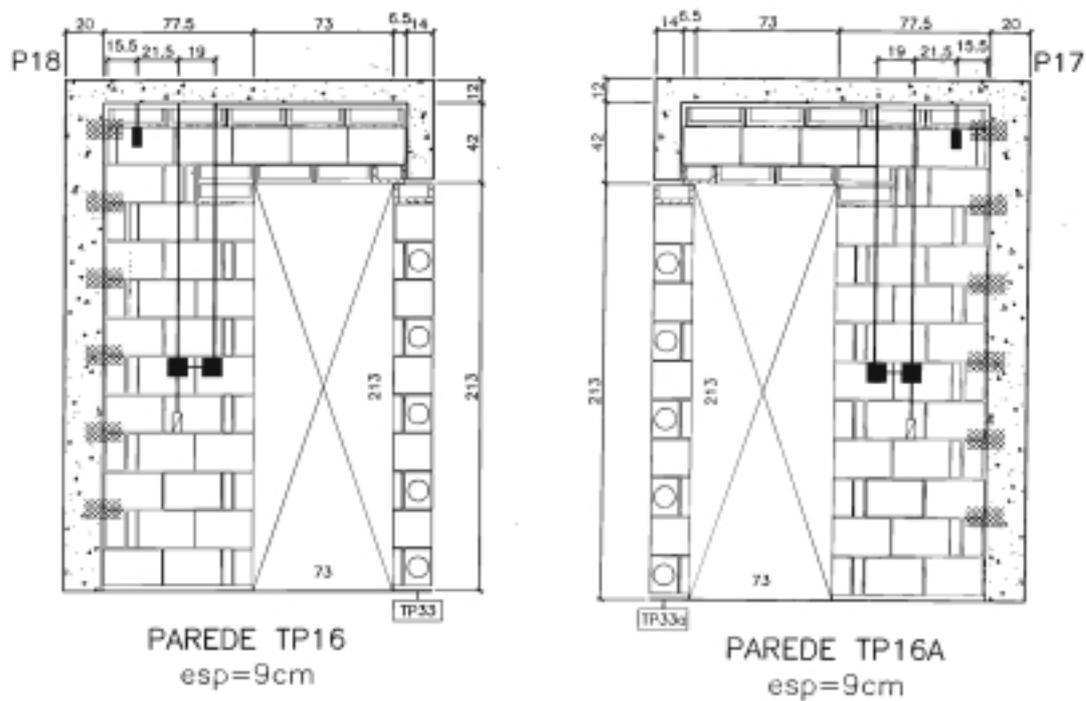


FIG. 5.7 Sendo comum a ocorrência de eixos de simetria em edifícios com mais de uma unidade por pavimento, recomenda-se a apresentação individualizada dos elementos espelhados, eliminando a possibilidade de equívocos decorrentes do seu rebatimento abstrato pelo executor.

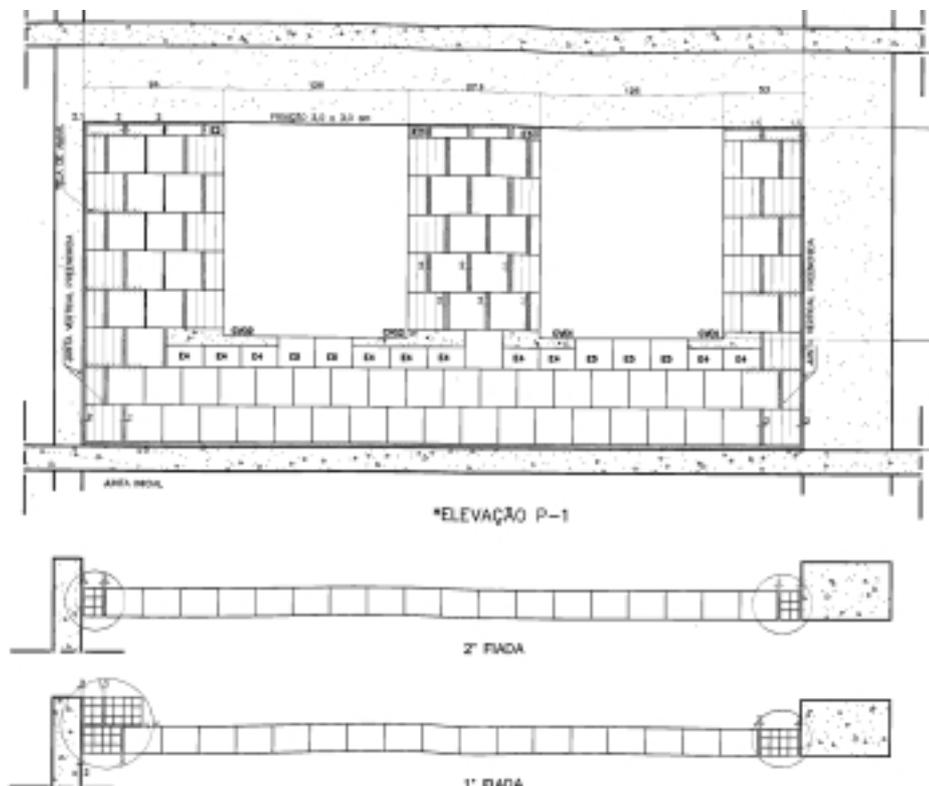


FIG. 5.8 Elevação de paredes com diferenciação entre juntas verticais preenchidas e secas. Observar também a indicação do posicionamento dos vãos de esquadrias e das contravergas de janelas.

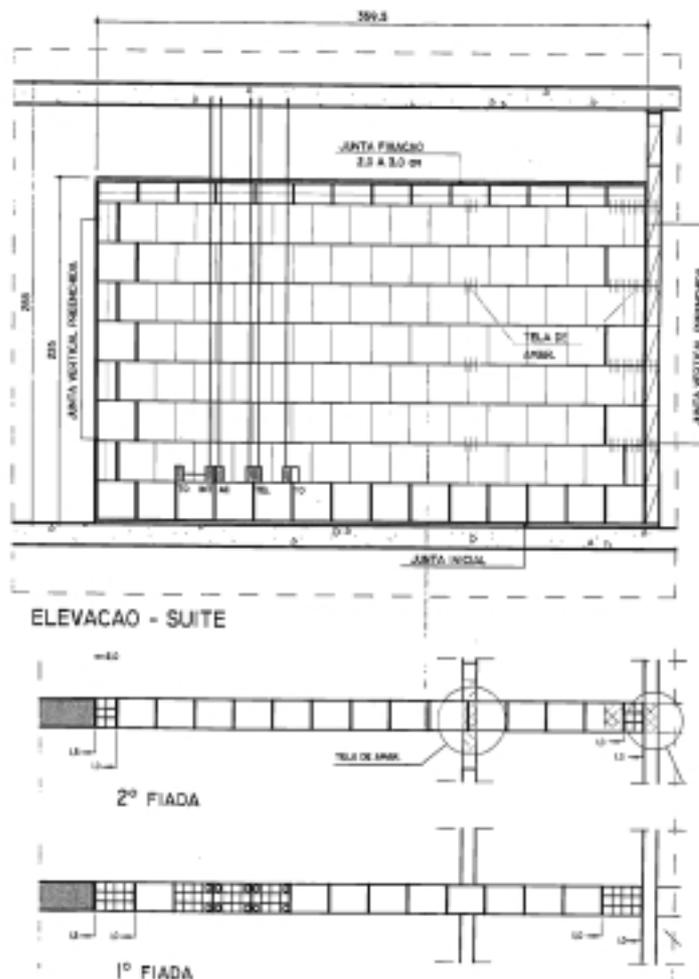


FIG. 5.9

Elevação de parede com o dimensionamento da junta horizontal de topo e indicação da junta horizontal de base, aqui denominada "inicial"; observar também a simbologia empregada para a indicação das telas metálicas de amarração.

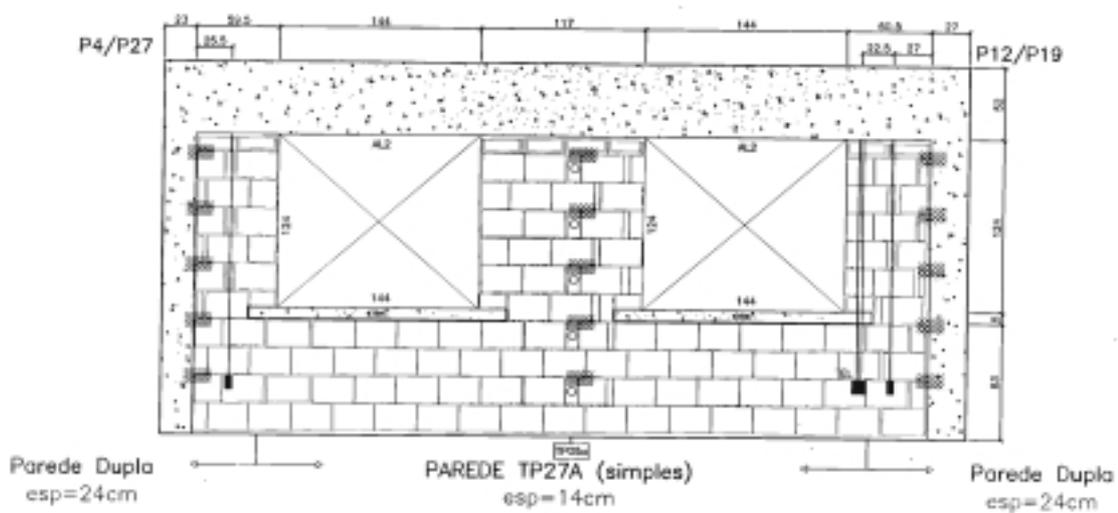
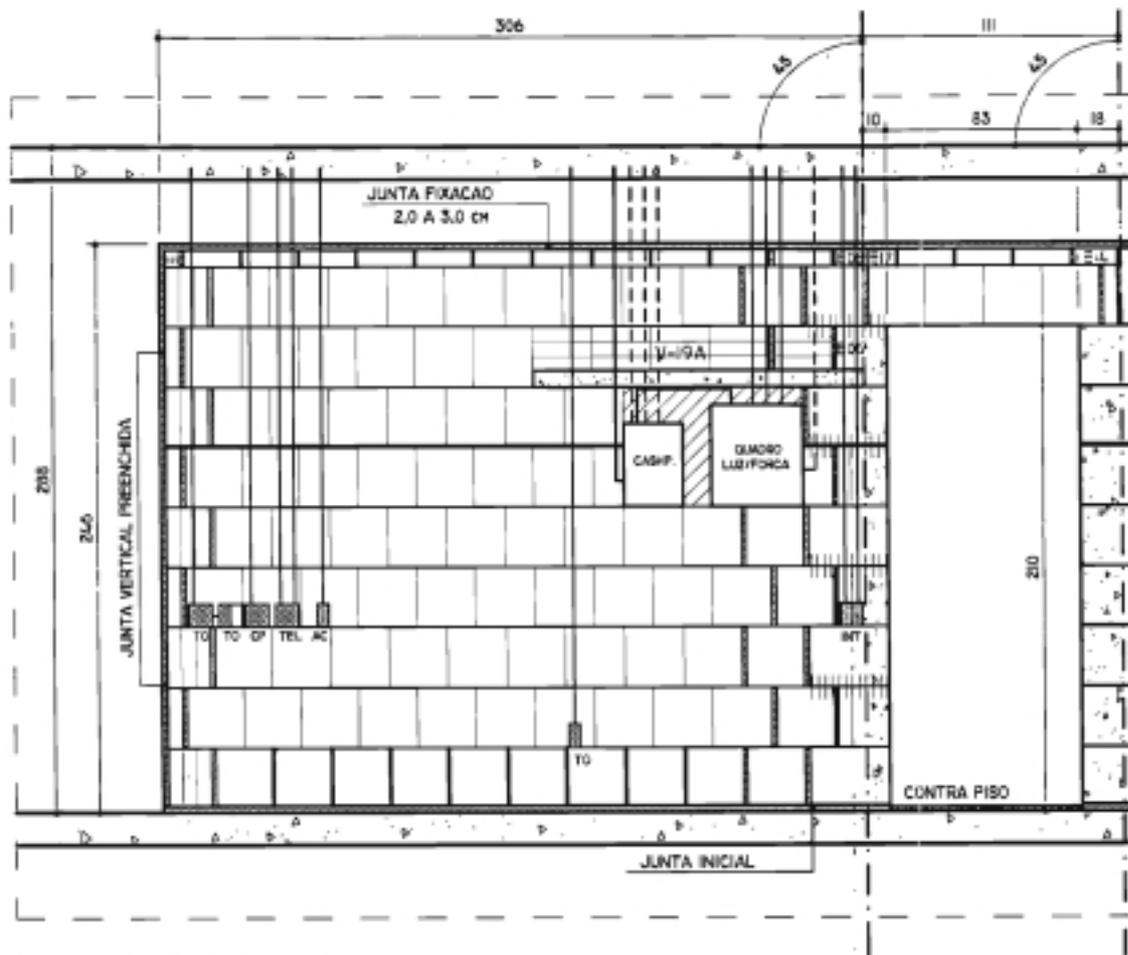


FIG. 5.10

Elevação de parede com o posicionamento das contravergas de janelas; neste exemplo, a coincidência do vão da esquadria com o fundo da viga elimina a necessidade de emprego de vergas..



ELEVACAO - ESTAR

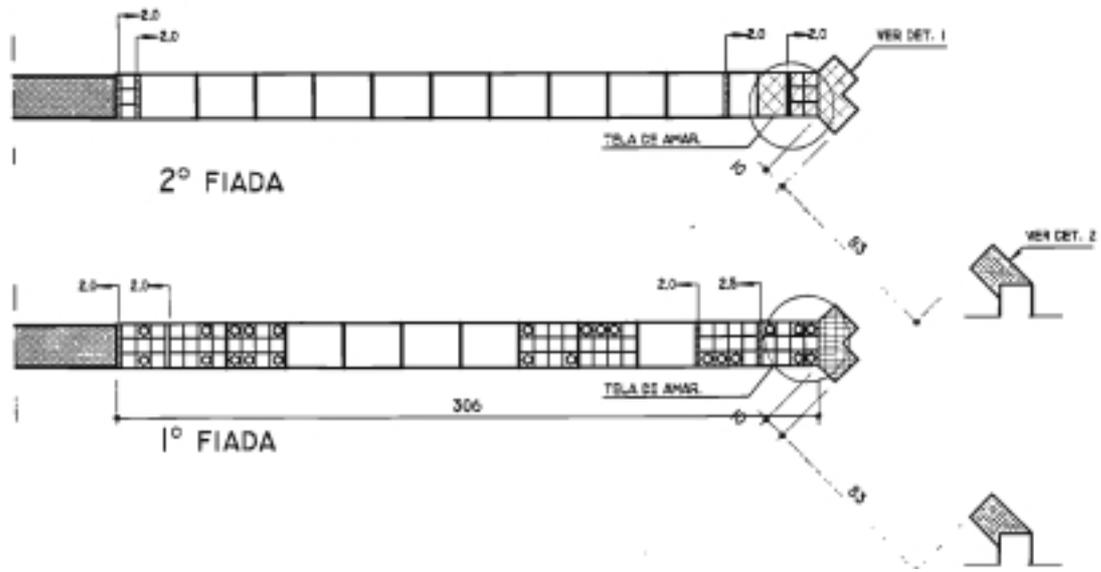


FIG. 5.11
Elevação de parede contendo quadros e prumadas elétricas.

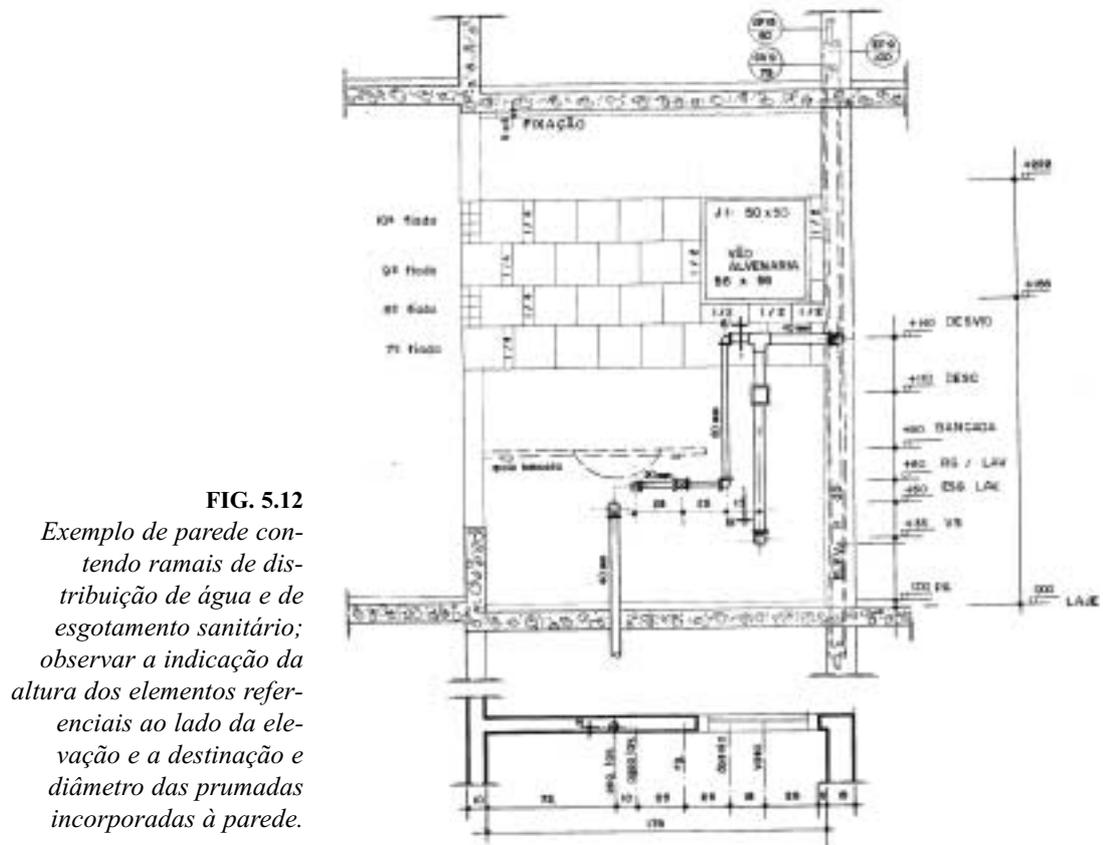


FIG. 5.12
Exemplo de parede contendo ramais de distribuição de água e de esgotamento sanitário; observar a indicação da altura dos elementos referenciais ao lado da elevação e a destinação e diâmetro das prumadas incorporadas à parede.

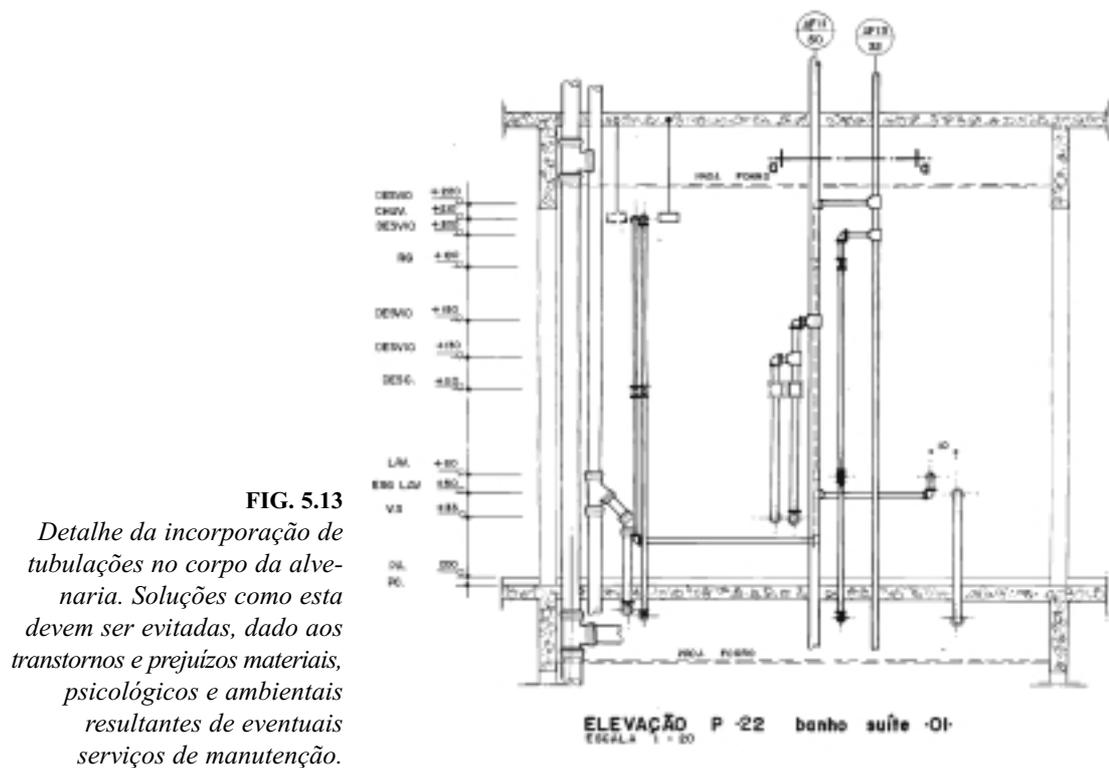
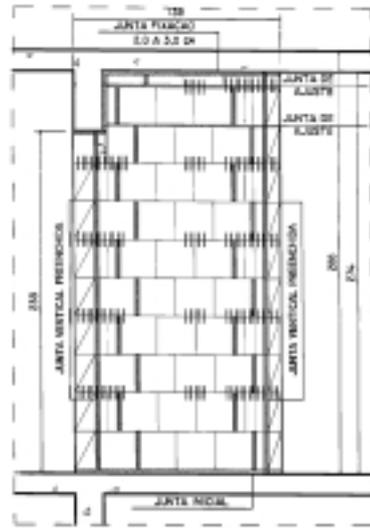
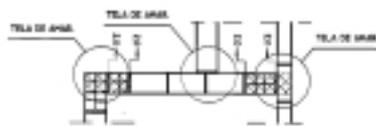


FIG. 5.13
Detalhe da incorporação de tubulações no corpo da alvenaria. Soluções como esta devem ser evitadas, dado aos transtornos e prejuízos materiais, psicológicos e ambientais resultantes de eventuais serviços de manutenção.

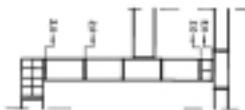
P26
BL. 19



ELEVAÇÃO - SHAFT



2º FIADA



1º FIADA

OBRA: JUNTA METAL PRENSIONA EM TUBO E PAREDE

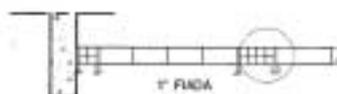
OBRA
MARANHÃO
2º AO 4º PAVS.



ELEVAÇÃO P-17



2º FIADA



1º FIADA

FIG. 5.14
Posicionamento das telas metálicas para a amarração de paredes.

FIG. 5.15
Todos os componentes incorporados às paredes deverão ser indicados como, neste exemplo, o hidrante e o vão destinado ao abrigo de mangueiras de combate a incêndio.

5.3 Detalhes construtivos das soluções típicas

Serão consideradas soluções típicas aquelas que servem de padrão de execução para a obra, tais como modulação horizontal das fiadas, fixação lateral e de topo das alvenarias às estruturas, sistemas de fixação de componentes dos demais subsistemas às alvenarias, tratamento das juntas de assentamento e das juntas de controle, etc.

Os detalhes típicos compõem o caderno de elevações de alvenarias e são apresentados nas páginas iniciais, como uma orientação geral e referência para a compreensão das informações que constarão nas elevações de cada parede. Nos programas de treinamento e formação da mão-de-obra, são documentos fundamentais para assegurar a uniformização das soluções construtivas e processo de execução (Figuras 5.16 a 5.20).

5.3.1 Detalhamento das situações atípicas

Refere-se a situações que caracterizem condições excepcionais de trabalho para as alvenarias, tais como paredes sobre lajes em balanço, paredes muito longas ou com extremidades livres, paredes submetidas a vibrações contínuas ou quaisquer outras situações que possam gerar esforços intensos. Estas situações deverão ser objeto de verificação particularizada por parte dos projetistas, gerando soluções construtivas diferenciadas para estas paredes em relação às demais, mas que podem resultar em solução padronizada para todas as paredes submetidas a esforços excepcionais.

Outras situações que podem demandar tratamento particularizado como, por exemplo, detalhes específicos de instalações hidro-sanitárias e pluviais (Fig. 5.21 e 5.22), deverão ser detalhadas e apresentadas em escala de desenho compatível com a complexidade dos detalhes envolvidos, permitindo sua completa visualização e entendimento. É importante que o desenho evidencie as interferências entre os componentes de subsistemas distintos, alertando o executor para os cuidados executivos necessários.



FIG. 5.16

As soluções típicas do detalhamento construtivo podem ser apresentadas nas páginas iniciais de "Caderno de Elevações de Alvenarias". Nos programas de treinamento da mão-de-obra, que precedem o início dos serviços, este material é essencial tanto à assimilação da redação técnica quanto ao conhecimento do processo construtivo definido para as paredes de vedação.



FIG. 5.17

Idem anterior; particularizando as alturas e disposições dos pontos elétricos.

BLOCOS ESPECIAIS

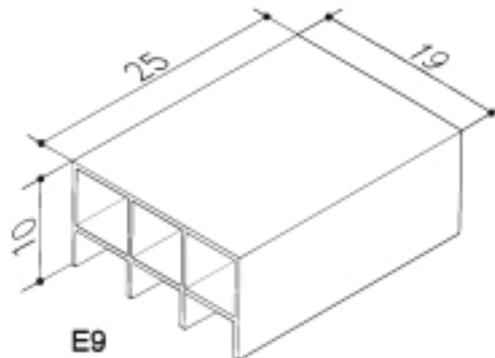
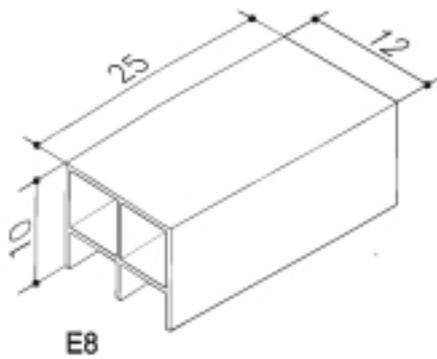
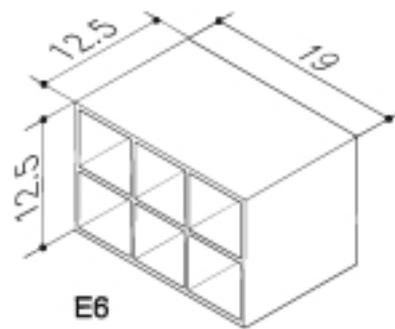
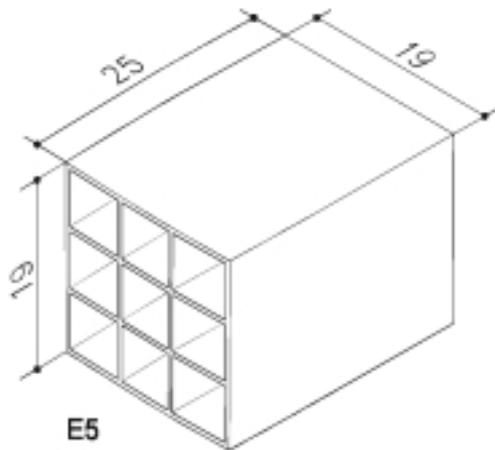
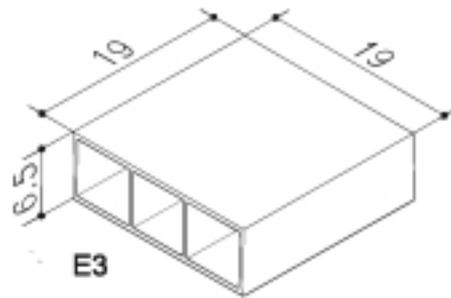
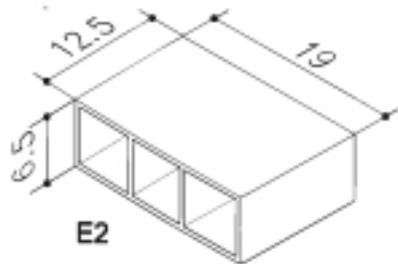


FIG. 5.18

Os detalhes ou componentes especiais de emprego generalizado na produção das paredes podem ser apresentados nas páginas iniciais do "Caderno de Elevações de Alvenarias".

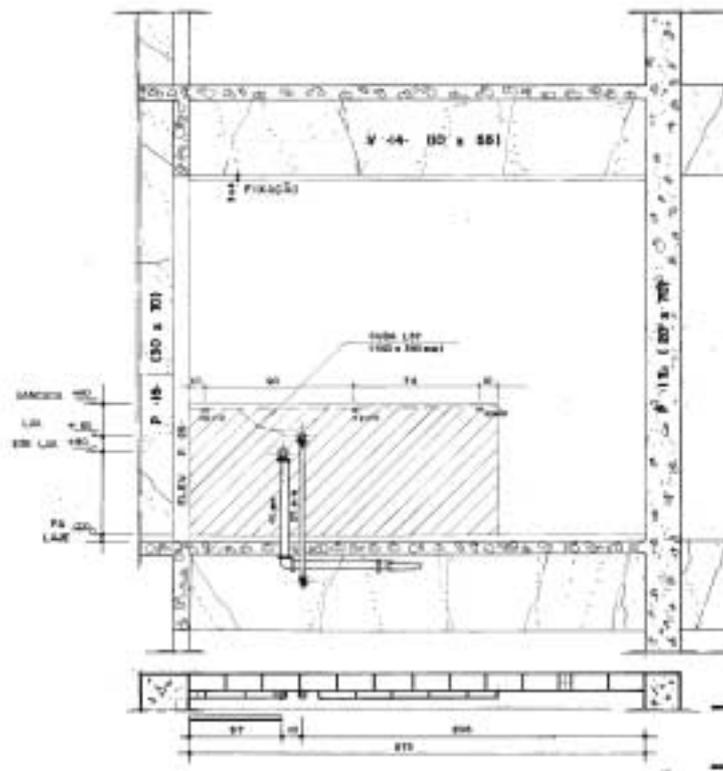
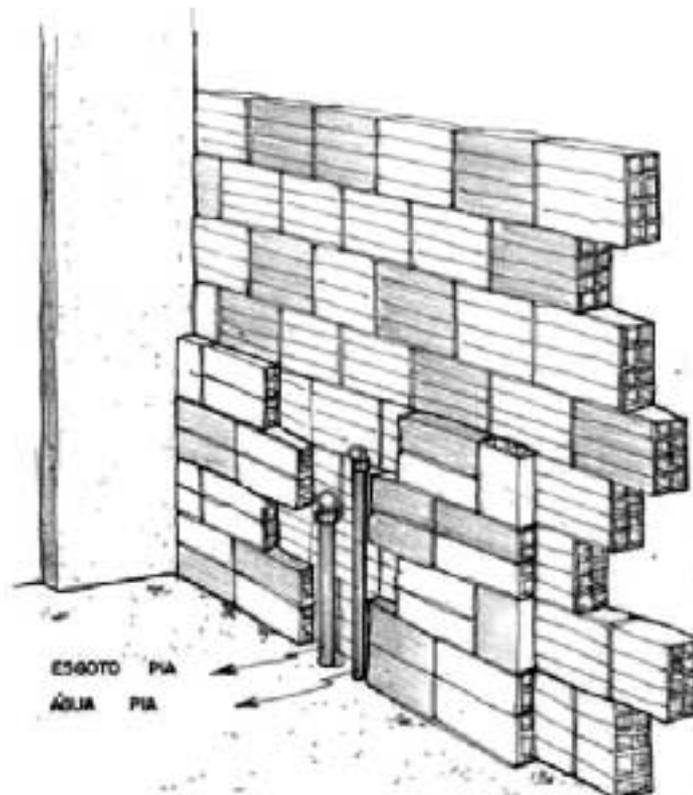


FIG. 5.21a e 5.21b

Perspectiva e elevação de solução construtiva definida para parede contendo instalações hidráulicas e sanitárias.



5.4 Especificações Técnicas Complementares

Tal como os detalhes típicos, as especificações técnicas são apresentadas nas páginas iniciais do “Caderno de elevações das alvenarias”, apresentando (Figuras 5.22 a 5.27):

- especificação dos componentes de alvenaria;
- especificação da argamassa de assentamento; forma de produção e de aplicação;
- especificação da preparação da estrutura;
- especificação das fixações laterais e superiores da alvenaria e dos componentes utilizados;
- especificações de componentes para a amarração das paredes, como telas metálicas ou outros, e procedimentos executivos;
- especificação de pré-moldados, dimensionamento e forma de produção; e
- definição da seqüência de execução das alvenarias de vedação e de fixação das mesmas à estrutura.

Após a conclusão do projeto, este deverá passar por uma análise crítica a ser realizada por um profissional externo ao seu processo de desenvolvimento, com reconhecida experiência em tecnologia de produção de alvenaria, a fim de que possa verificar a suficiência de informações necessárias à correta execução das alvenarias; analisar a compatibilidade das alternativas propostas à realidade construtiva da empresa construtora e ao grau de racionalização esperado.

Ressalta-se que a prática continuada de elaboração de projetos para produção de alvenaria por um mesmo projetista ou escritório de projetos para dada empresa construtora contribui para seu aperfeiçoamento e permite o “ajuste fino” entre as necessidades da obra e o conteúdo dos projetos. Por exemplo, alguns projetistas já incorporam em seus projetos os estudos de circulação e armazenamento dos componentes de alvenaria no canteiro, apresentando a planta de distribuição de *pallets* nos pavimentos.(SILVA et al., 2000).



FIG. 5.22 e5.23 Reprodução de 02 pranchas, formato A4 da ABNT, contendo:

1) Especificações: blocos para alvenaria; argamassa de assentamento; argamassa para chapisco e ferramenta de aplicação; argamassa para fixação superior; dimensionamento e execução de juntas verticais e horizontais; componentes para a amarração entre alvenaria e entre alvenaria e pilar.

2) Procedimentos para: amarrações entre alvenarias; ligações entre alvenaria e estrutura; execução das juntas verticais; uso de pré-moldados e seqüência de execução.



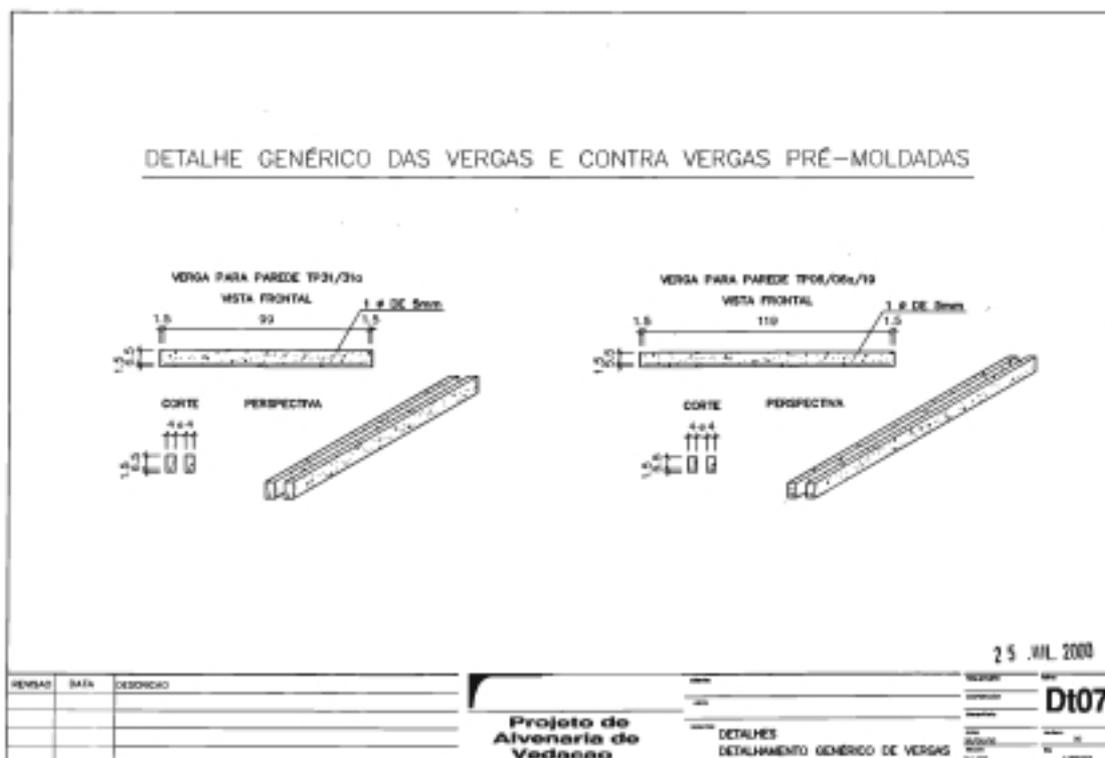
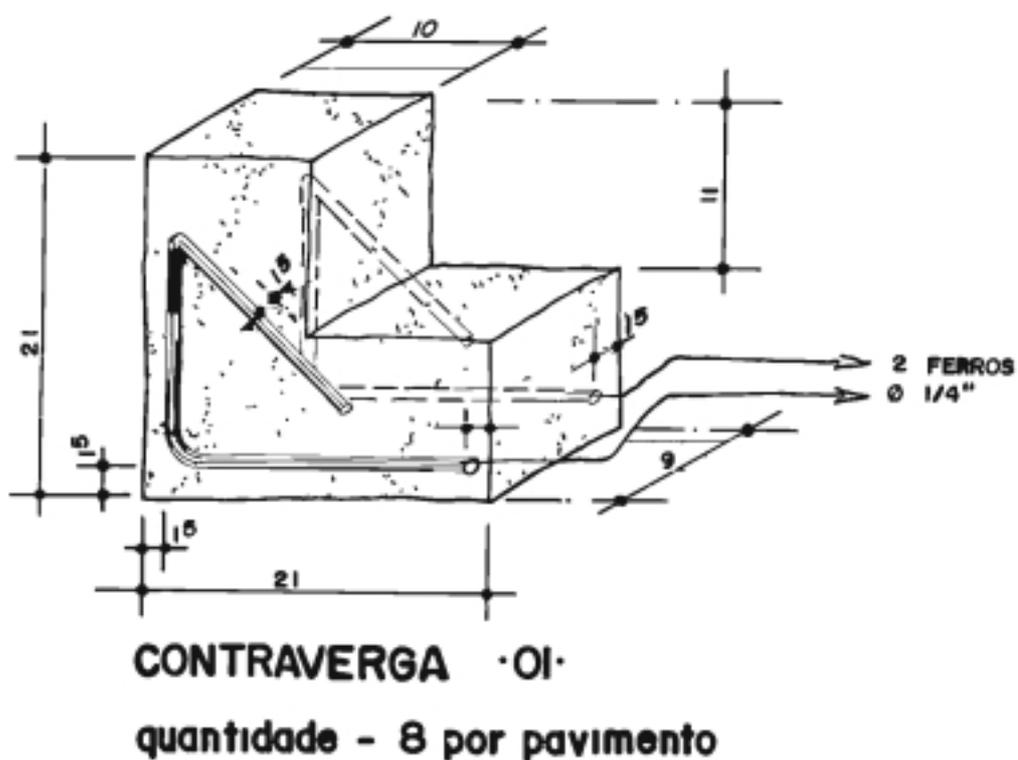


FIG. 5.24 e 5.25

Os componentes pré-moldados especificados deverão ser devidamente dimensionados e detalhados, incluindo seu processo de produção: formas para concretagem, armação dos componentes, concreto a ser utilizado, etc.



QUANTITATIVO DE BLOCOS – PAVIMENTO TIPO

PAREDE	BLOCOS esp=9cm										Tela	Candeleta	1/6bloco	2/3bloco	1/3bloco	1/6bloco	Candeleta	Tela				
	INT.	BLOCOS esp=9cm					Tela	Candeleta	1/6bloco	2/3bloco									1/3bloco	1/6bloco	Candeleta	Tela
		2/3bloco	1/3bloco	1/6bloco	1/6bloco	1/6bloco																
TP03	-	6	6	12	1	5	1	1	12	1	5	1	17	11	6	6						
TP03A	-	6	6	12	1	5	1	1	12	1	5	1	23	7	5	5						
TP04	60	-	12	-	6	17	6	6	17	6	17	-	1*	1*	5	5						
TP04A	60	-	12	-	6	17	6	6	17	6	17	-	12	-	-	-						
TP05	156	2	5	16	21	16	21	16	16	21	16	11	11	3	-	-						
TP05A	156	2	5	16	21	16	21	16	16	21	16	11	10	1*	6	6						
TP06	14	-	1	2	5	10	5	10	10	5	10	2	10	2	10	10						
TP06A	14	-	1	2	5	10	5	10	10	5	10	2	10	2	10	10						
TP09	31	5	6	12	11	5	11	5	12	11	5	1	10	9	10	10						
TP09A	31	5	6	12	11	5	11	5	12	11	5	1	10	9	10	10						
TP12	-	12	-	6	-	6	-	6	103	11	9	19	22	22	18	18						
TP12A	-	12	-	6	-	6	-	6	103	11	9	19	22	22	18	18						
TP13	48	12	12	-	6	12	6	12	24	24	-	6	3	3	6	6						
TP13A	48	12	12	-	6	12	6	12	24	24	-	6	3	3	6	6						
TP15	30	-	10	10	4	10	4	10	48	48	-	6	4	4	12	12						
TP15A	30	-	10	10	4	10	4	10	21	21	8	8	7	6	6	6						
TP16	26	5	11	17	11	6	11	6	117	117	6	26	7	-	10	10						
TOTAL									1.386	1.386	65	269	303	228	312	312						

FIG. 5.26
Quadro Resumo do consumo de blocos para a produção de alvenarias, por pavimento.

*Blocos candeleta com altura de 4cm.

REVISÃO: _____ DATA: _____ DESIGNAÇÃO: _____

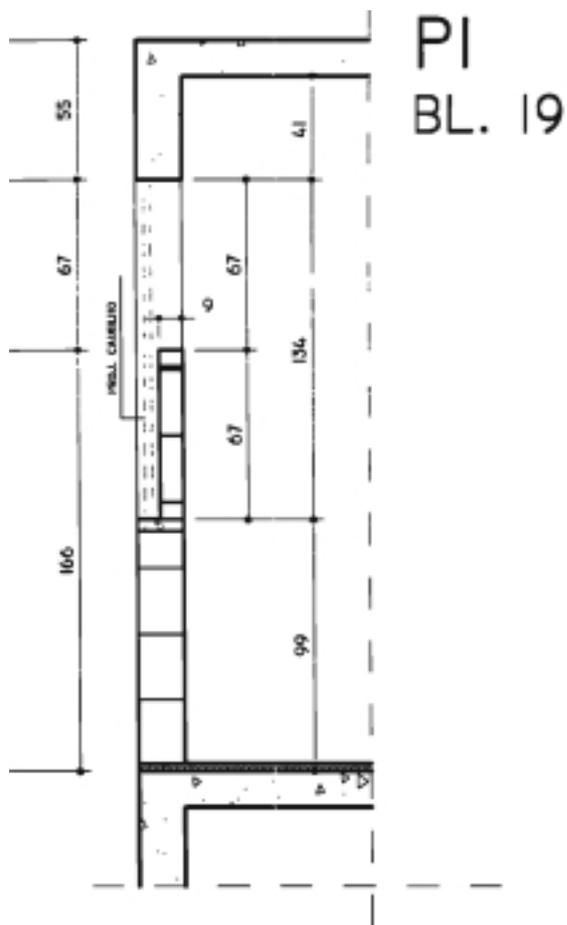
ORÇ: 21/07/03 SOMATÓRIA TOTAL DO 2/BLOCO. _____

Q1: 08/07/00 QUANTIFICAÇÃO DOS BLOCOS CANDELETA _____

Projeto de Alvenaria de Vedação

DETALHES ESPECIFICAÇÕES

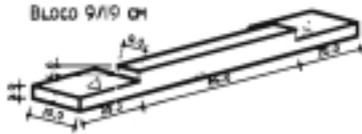
25 JUL 2000
 D109



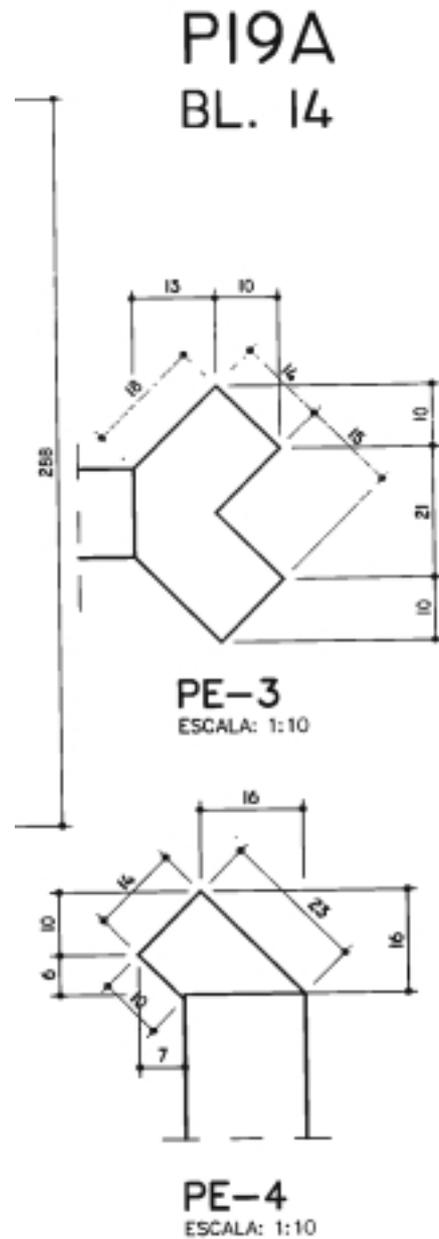
CV - 19A
BLOCO 19 CM
JÁ EXISTE FORMA



CV - 9/19A
BLOCO 9/19 CM



OBS. JUNTA VERTICAL PREENCHIDA EM
TOÇA A PAREDE.



V - 14A
BLOCO 14 CM
JÁ TEM FORMA

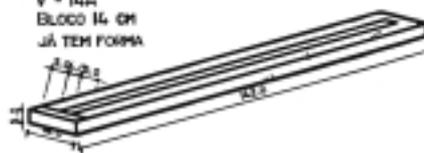


FIG. 5.27

Corte auxiliar, associado à elevação da parede, para explicitação das características construtivas não evidenciadas pelos recursos usuais. Complementando a informação, foram apresentados os pré-moldados a serem empregados.

FIG. 5.28

Neste exemplo, a especificidade de acabamento dos vãos de portas, a 45°, foi detalhado para melhor apresentação de suas características dimensionais; foi também detalhada a verga superior aos vãos de porta, para a passagem das tubulações elétricas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Elaborar este trabalho evidenciou, para a autora, o crescente reconhecimento pelo meio técnico de que a adoção dos projetos para a produção de alvenarias é uma eficiente estratégia para o desenvolvimento tecnológico do processo construtivo tradicional, promovendo o aprimoramento de seus profissionais, nas práticas de projetar e de construir e o incremento na qualidade do produto edificado.

Os projetistas são compelidos, durante o desenvolvimento dos projetos para a produção, a inteirarem-se de todas as etapas que separam o "objeto concebido" do "objeto produzido" e este aprendizado traduz-se, progressivamente, em proposições projetuais exequíveis dentro da realidade a que se destinam, com mais alto grau de racionalidade e construtibilidade incorporadas.

São também notáveis os efeitos benéficos desse processo na redação técnica dos projetos que busca traduzir a concepção do elemento detalhado em informação precisa para o executor. O projeto deve ser manipulado e compreendido pelo executor, o que altera sua linguagem e até mesmo seu formato de apresentação, refletindo mais fielmente a realidade produtiva e dela aproximando-se, possibilitando também incorporar, aos projetos subsequentes, especificações técnicas mais ajustadas ao canteiro.

A proximidade com os meios de produção evidenciam as dificuldades interpostas à consecução do produto tal como concebido e promove a aliança entre os agentes do projeto e da execução para o seu equacionamento, envolvendo inclusive fornecedores de materiais e componentes e de equipamentos.

Os profissionais da execução são chamados a contribuir com sua experiência prática e são progressivamente incorporados como peças fundamentais para a implementação de mudanças na estrutura produtiva das empresas construtoras, sem o que não se produz qualidade. A prática que se instaura pode favorecer a reabilitação dos canteiros de obras como locais de transmissão de conhecimentos gerados na observação e na experimentação e possibilitar, aos projetistas, a retomada de sua responsabilidade técnica frente às proposições de seus projetos.

No entanto, percebeu-se nos trabalhos de campo que a aplicação em obras dos projetos para a produção e a geração de inúmeras alternativas construtivas não têm sido sistematicamente registradas e avaliadas quanto ao seu desempenho, restringindo seu potencial de aplicação em outros projetos e obras, até no âmbito da mesma empresa, circunscrevendo a experiência aos profissionais diretamente envolvidos em sua consecução.

Considera-se, pois essencial ao aprimoramento do conteúdo técnico dos projetos para a produção e ampliação de seu potencial como instrumento regulador da qualidade do produto a sistematização e divulgação para o meio técnico das soluções construtivas geradas e dos resultados das avaliações de desempenho efetuadas.

Recomenda-se aos projetistas de alvenarias e às construtoras a constituição de um Banco de Tecnologia Construtiva – BTC, a ser composto pelo repertório de alternativas técnicas por eles experimentadas além de outras, identificadas na literatura técnica ou na experiência de outros profissionais e construtoras.

Trata-se de compor um repertório de alternativas técnicas como fonte de consulta aos projetistas e orientação no desenvolvimento e redação dos projetos, especificações e detalhamento construtivo necessários à produção. O banco de tecnologia seria composto a partir da coleta e organização de soluções construtivas que, após a análise de sua adequação à estrutura produtiva de uma dada empresa, passariam a compor seu repertório, sendo aprimoradas pelas avaliações efetuadas por seus profissionais quanto ao seu processo de produção e à qualidade conferida ao produto a partir de sua adoção.

Tal iniciativa pode contribuir para o avanço contínuo dos processos de produção de uma empresa, homogeneizando procedimentos e estabelecendo padrões construtivos para situações típicas de projeto e de produção, capacitando a empresa a dar respostas aos problemas corriqueiros enfrentados nos projetos, nos canteiros de obras e, posteriormente, no edifício em uso.

Naturalmente, deve ser um banco de dados dinâmico, continuamente realimentado e aperfeiçoado, a partir da avaliação das soluções quanto à adequação ao processo de produção e quanto ao seu desempenho global, com a inserção de novos registros e atualização das informações em sua base de dados.

O relatório final do projeto de pesquisa EP/EN-7 (Sabbatini; Silva, 1988) recomendava a constituição de um banco de tecnologia como forma de registro, avaliação e sistematização das alternativas técnicas empregadas por uma construtora. As avaliações deveriam se dar “através de visitas periódicas à obra em execução e aos edifícios após sua ocupação, documentadas pelo especialista de alvenaria (...), objetivando a alimentação contínua de um banco de dados capaz de orientar as decisões técnicas de projetos futuros e promover a melhoria da qualidade tanto do projeto e do processo de produção quanto do produto acabado”.

Também Melhado (1995) sugere a composição de um banco de tecnologia construtiva, como fonte de consulta e orientação na seleção de alternativas para as especificações e detalhes construtivos necessários à elaboração do projeto, composto a partir da coleta e organização de soluções construtivas. A partir de sua adequação à estrutura produtiva de uma dada empresa, passariam a compor seu repertório, sendo aprimoradas pelas avaliações efetuadas por seus profissionais quanto ao seu processo de produção e à qualidade conferida ao produto a partir de sua adoção.

Esses conceitos e a necessidade de sistematização das informações levantadas durante a etapa de levantamento de dados e de pesquisa de campo conduziram à elaboração experimental de um banco de tecnologia construtiva para alvenarias de vedação racionalizadas cuja estrutura e a destinação dos campos estão explicitadas na figura 6.1.

O banco foi desenvolvido no ambiente *Windows* da *Microsoft*, com utilização de seu software para produção e gerenciamento de banco de dados – *Access*. A forma de entrada dos registros pode-se dar através da ‘tabela geral de dados’ ou do ‘formulário’, gerado a partir dessa, onde é possível visualizar conjuntamente todos os campos que compõem cada registro, fazer-se alterações, além da inserção automática de novos registros.

É fundamental que as informações relativas a cada registro possam ser alteradas a qualquer época e de forma expedita, permitindo ao projetista a personalização das informações constantes em sua base de dados, incorporando observações que possam favorecer a seleção futura de alternativas construtivas para o desenvolvimento dos

projetos para produção de alvenarias de empresas construtoras em estágios de desenvolvimento tecnológico distintos.

As soluções construtivas inicialmente catalogadas no BTC constam dos projetos de pesquisa já mencionados, dos levantamentos de campo junto a empresas construtoras e escritórios de projetos atuantes no mercado, além de soluções recomendadas pela literatura técnica nacional e internacional e que, ainda que não sejam de uso corrente em nossos canteiros, podem ser testadas experimentalmente e adaptadas à nossa realidade. Foram também inseridas soluções construtivas observáveis em edifícios históricos que marcaram a trajetória tecnológica do setor, ressaltando o extenso repertório técnico e primor executivo que revelam.

Através dos registros, buscou-se também evidenciar as situações que maiores prejuízos têm representado para as atividades de execução das alvenarias de vedação, além dos pontos mais suscetíveis a manifestações patológicas posteriores, discutindo e investigando seus agentes, mecanismos de formação e desenvolvimento e, principalmente, os recursos de que dispõe o projeto para evitá-los ou minimizá-los.

As patologias construtivas que mais freqüentemente têm acometido as construções, comprometendo seu desempenho e durabilidade estão razoavelmente documentadas, discutidas e diagnosticadas na literatura técnica nacional e internacional. Os projetos para a produção podem ser o veículo de introdução e divulgação desse conhecimento acadêmico no meio técnico responsável pela produção. Do mesmo modo, a aplicação das soluções construtiva em obras pode, se registradas e avaliadas de forma sistemática e sistêmica, realimentar as etapas de elaboração de projetos, promovendo a aproximação conceitual entre projetistas e executores.

Do mesmo modo, a composição e veiculação, via *web*, de um banco de tecnologia no meio acadêmico poderia agilizar o acesso a resultados de pesquisas na área e mesmo conduzir os pesquisadores para a investigação dos temas mais requisitados pelo meio produtivo. O intercâmbio entre escolas de arquitetura e engenharia poderia promover a aproximação de seus profissionais, estabelecendo deste a sua formação pontos de convergência de linguagens distintas e, sobretudo, de abordagens de áreas técnicas complementares.

Referência: origem da informação (construtora, obra, escritório de projeto, publicações, relatórios, etc.)

Código alfanumérico: possibilita o agrupamento dos registros por classes e a emissão de relatórios por assunto.

Subsistema/Interface: destaque para os pontos relevantes ao detalhamento construtivo.

Denominação: referência sintética para buscas.

Palavras-chave: fundamentais para agilizar operações de busca; permite agrupar registros por assunto.

Detalhes complementares: remete a registros complementares referentes à mesma solução.

Detalhes correlatos: remete a registros similares enfocando, no entanto, outras soluções.

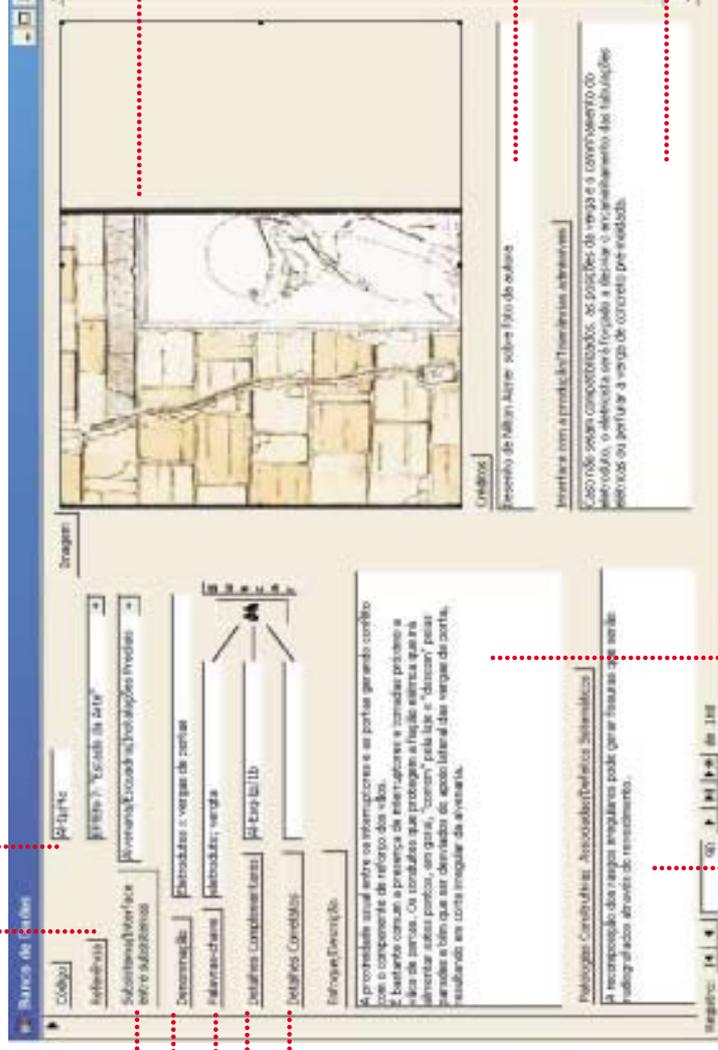


Imagem: fotos, detalhes construtivos, perspectivas, extratos de plantas ou elevações, tabelas, fichas de controle de serviços, etc.

Créditos: autoria.

Interface com a produção/Tolerâncias admissíveis: registro da compatibilidade da solução às condições de produção/valores limite para não conformidade na execução.

Enfoque/Descrição: destaque para aspectos relevantes a serem observados na aplicação da solução.

Patologias construtivas associadas/Defeitos sistemáticos: problemas patológicos decorrentes do equacionamento insatisfatório da situação enfocada; registro de avaliações de desempenho efetuadas.

FIG. 6.1 Exemplo de registro no Banco de Tecnologia Construtiva - BTC experimental, no modo 'formulário' do software Access, da Microsoft.

A constituição de um banco de tecnologia construtiva não se destina à catalogação de detalhes construtivos padronizados, diretamente aplicáveis a um projeto. O detalhe construtivo deve ser particularizado para cada situação e será sempre o resultado de condições de contorno específicas. A intenção é evidenciar as situações que devem ser particularizadas em um projeto como objeto de uma verificação mais minuciosa por parte do projetista, acerca de suas exigências e condições de trabalho e que, nos canteiros de obra, também exigirão do executor cuidados especiais.

O uso experimental do BTC indica que a estruturação de um banco de tecnologia construtiva por uma empresa construtora poderá resultar, após algum tempo, na padronização de algumas das soluções construtivas empregadas para a produção das paredes de vedação. Isto, no entanto, não eliminará a necessidade de detalhamento construtivo de outras situações que possam exigir o tratamento particularizado e mesmo soluções eventualmente admitidas como padrão poderão exigir ajustes dimensionais, substituição de componentes ou materiais ou alterações no seu processo de produção. Significa que, mesmo para estes detalhes, a inserção no projeto não deve ser automática, passando antes pela verificação cuidadosa do projetista.

Em uma avaliação primária, a estrutura proposta para o BTC mostrou-se satisfatória quanto à pertinência e utilidade dos campos criados para a inserção de informações. No entanto, o compartilhamento das informações nele inseridas mostrou-se primário e pouco ágil, certamente devido à utilização ainda muito tímida dos recursos do *software Access*.

Outra grande limitação imposta pela utilização do *software* selecionado é a geração de arquivos sempre muito grandes, superiores a 50MB, o que tem dificultado seu manuseio e, principalmente a transmissão de seus dados e a interação desejável com outros usuários.

Recomenda-se, pois, como medida fundamental à evolução tecnológica das empresas construtoras, a composição de uma equipe de profissionais, incluindo especialistas em informática, para a formatação, alimentação e manutenção de seu Banco de Tecnologia Construtiva.

Além dos conteúdos ilustrados na figura 6.1, mais dirigidos à redação técnica dos projetos de alvenaria, o BTC deverá armazenar dados relativos ao desempenho global do empreendimento, gerando parâmetros para novos projetos que associem, por exemplo, produtividade e custos, para os diversos padrões construtivos.

Tendo-se originado da necessidade da autora de sistematização dos dados para este trabalho e apresentando as limitações decorrentes da ausência de uma equipe multidisciplinar em sua elaboração, o BTC desenvolvido não contempla aspectos relevantes à gestão e ao controle dos empreendimentos e que são imprescindíveis para a extensão e consolidação dos efeitos benéficos da adoção dos projetos para a produção para as empresas construtoras, seus profissionais e clientes e para a evolução tecnológica da indústria da construção civil.

Outra deficiência deste trabalho é a escassez de referências a pesquisadores e instituições de renome internacional atuantes na área, o que seguramente pode ser computado como uma limitação na abordagem apresentada, a ser suprimida em etapa posterior à sua conclusão.

Embora se considere fundamental o conhecimento das experiências internacionais sobre o assunto, apresentou-se de tal amplitude o trabalho de sistematização das informações resultantes de pouco mais de uma década de aplicação dos projetos voltados à produção, no âmbito da construção tradicional brasileira, que esta abordagem foi priorizada, em detrimento do estudo mais aprofundado da produção técnica dos países desenvolvidos.

O conhecimento da história da construção civil brasileira pode ser a mola propulsora para a compreensão e transformação de nossa realidade e sua evolução pode significar a requalificação ambiental de nossas cidades.

Como nos alerta John (2001), carregamos o troféu nada confortável de maiores produtores de resíduos sólidos de toda a sociedade, além dos impactos negativos de nossa atividade em todas as suas etapas de produção.

A sustentabilidade econômica, social e ambiental dos grandes centros urbanos está, portanto, intimamente dependente do aperfeiçoamento da construção civil. "Qualquer sociedade seriamente preocupada com esta questão deve colocá-la como prioridade" (John, 2001).

Conforme conceitua Leonardo Boff (2000), "sustentável é a sociedade ou o planeta que produz o suficiente para si e para os seres dos ecossistemas onde ela se situa; que toma da natureza somente o que ela pode repor; que mostra um sentido de solidarização generacional, ao preservar para as sociedades futuras os recursos naturais que elas precisarão. Na prática, a sociedade deve mostrar-se capaz de assumir novos hábitos e de projetar um tipo de desenvolvimento que cultive o cuidado com os equilíbrios ecológicos e funcione dentro dos limites impostos pela natureza. Não significa voltar ao passado, mas oferecer um novo enfoque para o futuro comum".

Resta ainda citar Fritjof Capra (2000), em sua crença de que "a grande tarefa da nossa geração e das seguintes é a mudança do sistema de valores que está por trás da economia global, de modo que passe a respeitar os valores da dignidade humana e atenda às exigências de sustentabilidade ecológica. Cabe a nós dar início à transição para uma economia sustentável e fazer com que haja tempo para que essa mudança de valores detenha e reverta os estragos que já causou ao planeta e à raça humana".

Esta a verdadeira inspiração deste trabalho: compartilhar a firme convicção da autora de que somos capazes de produzir cidades ambientalmente mais equilibradas e socialmente mais justas.

Belo Horizonte, 21 de novembro de 2003.

7 BIBLIOGRAFIA

ABRANTES, V.; COSTA, J. M. Quality control in the design process. In: BEZELGA, A. (ed.); BRANDON, P.S. (ed.) **Management quality and economics in building**. London, E & FN Sp, 1991.

ABRANTES, V.; Construção em bom português. **Téchne**, n.14, p.27-31, 1991.

A CONSTRUÇÃO SÃO PAULO. **As dimensões dos tijolos em São Paulo**. V.1. n. 6, jun/1924.

A CONSTRUÇÃO SÃO PAULO. **A economia no custo das alvenarias de tijolos**. V.1. n. 8, out/1924.

AMARAL, A. A.. **A hispanidade em São Paulo**. São Paulo. Nobel, 1981.

ANDRADE, A.L.D.. **Vale do Paraíba – sistemas construtivos**. São Paulo, s.d. (Dissertação apresentada a FAUUSP para obtenção do título de mestre).

ANDRADE, F.P.D. A construção de edifícios. In: VARGAS, M., Coord. **Contribuições para a história da engenharia no Brasil**. São Paulo, EDUSP, 1994. p. 33-37.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil; CE-02:135.07 – Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações. **Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Projeto 02:135.07-003. 1998.

BAÍA, J.L.; MELHADO, S.B. Implantação de um sistema de gestão da qualidade em empresas de arquitetura.

BARING, J.G. O desempenho acústico das vedações verticais em edifícios. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º .: 1998 : São Paulo) **Anais**; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais**. São Paulo, EPUSP, 1991. (Boletim Técnico. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/44.

BARROS, M.M.S.B.; FLAIN, E. P.; SABBATINI, F.H. **Tecnologia de produção de revestimentos de piso**. São Paulo, EPUSP, 1993. (Texto Técnico. Departamento de Engenharia de Construção Civil. TT/PCC/05.

BARROS, M.M.S.B.; MELHADO, S.B. **Diretrizes para a elaboração do projeto para alvenaria de vedação**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1995. (Relatório CPqDCC n.20085 - EP/SC).

BARROS, M.M.S.B. **Metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios**. São Paulo, 1996. Tese (doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BARROS, M.M.S.B. O processo de produção das alvenarias racionalizadas. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º .: 1998 : São Paulo) **Anais**; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

BEALL, C. **Masonry design and detailing: for architects, engineers, and contractors**. McGraw-Hill: New York, 1993.

BERTO, A.F. Resistência ao fogo. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

BERTO, A.F; TOMINA J.C. **A regulamentação de segurança contra incêndio do município de São Paulo aplicada a edifícios altos de escritórios**. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo, Pini, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

BOFF, L. **Saber Cuidar**. Ética do humano. Compaixão pela terra. 5ed. Petrópolis, Editora Vozes, 2000.

BONNELL, D.G.R.; PIPPARD, W.R. **Patologia de la construccion**. Instituto Técnico de la construccion y del cemento. Revista 47, 1953.

BRANCO, J.D. **Manual do pedreiro**. Lisboa, LENEC, 1981.

CAPRA, F. **As conexões ocultas**. Ciência para uma vida sustentável. Editora Cultrix, São Paulo, 2000.

CARRAZONI, M. E. **Guia dos bens tombados**. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura, 1980.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) **Traité de physique du bâtiment**. Tome 3: **Physique du feu pour l'ingénieur**. CSTB, Paris, 2001

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC). **Tipologias Construtivas potencialmente utilizáveis em habitação popular**. BRAGA, M.A. Coord. Belo Horizonte, CETEC/FINEP, 1988. (Relatório Final)

CHICHIERCHIO, L.C. Conforto Ambiental: desempenho térmico e acústico e proteção contra o fogo. In: **Manual Técnico de Alvenaria**. Associação Brasileira da Construção Industrializada – ABCI. São Paulo, ABCI/Projeto, 1990.

CONSTRUTORA LOTUS. **Execução de alvenarias de vedação de blocos cerâmicos. Procedimentos de execução**. São Paulo, 1999. (Documento de circulação interna)

CORONA, E. **Dicionário da arquitetura brasileira**. Eduardo corona, Carlos Alberto Cerqueira Lemos. São Paulo: Artshow Books, 1989.

CYRELA. **Procedimentos de execução de serviços de alvenaria. Sistema de gestão da qualidade**. PE - Procedimento de Execução. São Paulo, 2000.(Documento de circulação interna).

DALZELL, W.R. **Arquitetura**. Trad. de Fernando de Castro Ferro. São Paulo. Melhoramentos/EDUSP. 1977. (Série Prisma, n.37)

Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. Gestão do processo de projeto na construção de edifícios.. São Carlos, 2001. **Anais**

EICHLER, F. **Patología de la construcción, detalles constructivos**. Barcelona. Editorial Blume, 1977.

ESTADOS UNIDOS. Brick Institute of America. **Bricklaying. Brick and block masonry**. Reston: BIA, 1988.

ENCOL. DIPRO. **Arquitetura empresarial**. Brasília, 1990. (Documento de circulação interna)

_____. **Por dentro da fachada**. Brasília, 1989. (Documento de circulação interna)

_____. **Por dentro das áreas externas**. Brasília, 1989. (Documento de circulação interna)

ENCOL. DIPRO/DIVIN. **Caderno de esquadrias**. Brasília, 1989. (Documento de circulação interna)

FABRIS, A. (Org.) **Ecletismo na arquitetura brasileira**. São Paulo. Nobel/EDUSP, 1987.

FARAH, M.F.S. **Alterações na organização do trabalho na construção habitacional: a tendência de racionalização**. (Trabalho apresentado no XII Encontro Anual da ANPOCS). Águas de São Pedro, 1988.

FONTENELLE, E.C. **Banco de tecnologia construtiva: uma proposta de estrutura e utilização no processo de projeto de edifícios habitacionais**. São Paulo, 1996. (Seminário da disciplina de pós-graduação EPUSP PCC 779 - Qualidade do projeto na construção de edifícios.)

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

FRANCO, L.S. O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º.: 1998 : São Paulo) **Anais**; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

FRANCO, L.S. O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º.: 1998 : São Paulo) **Anais**; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

FRANCO, L.S.; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Proposição de método Poli-Sical** (Relatório Final do Convênio EPUSP/SICAL-1 – Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados). EPUSP, São Paulo, 1994 (Documento 20. 081, 113p).

FERRO, S. **O canteiro e o desenho ...**

GLASSER. **Diretrizes para os projetos de alvenaria**. São Paulo, 1999 (Versão 2, não publicado)

HOLANDA, S.B.; MAIA, T. **Vale do Paraíba, velhas fazendas**. São Paulo, Cia Editora Nacional e EDUSP. 1975.

HANDISYDE, C. **Detalles Cotidianos**. Madrid. H. Blume Ediciones, 1978.

HOMEM, M.C.N. **Sobre a construção da cidade do café e da indústria (1875-1930)**. São Paulo, Museu Lasar Segall, 1983. (Catálogo da exposição realizada no Museu Lasar Segall de 06 de outubro a 11 de dezembro de 1983)

JOHN, V M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

KATO, M.F. **Reação ao fogo dos materiais de construção**. In: Tecnologia de edificações. São Paulo, Pini, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Edificações do IPT, 1988.

LEITÃO, L. A . **Curso elementar de construções**. Lisboa, Imprensa Nacional, 1826.

LEMOS, C. **Alvenaria Burguesa**. São Paulo, Nobel, 1985

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**. São Paulo: EPUSP, 1986. (Boletim Técnico. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/06.

LIMA, H. **De artista a operário**. João Pessoa, 1988.

LUCINI, H. C. **Cyrela – Coordenação modular de projeto: conceitos básicos de coordenação modular aplicada**. São Paulo, 2002. (Não publicado).

MALARD, M.L. et al. **O detalhamento construtivo nos projetos de arquitetura**. Belo Horizonte, EAUFGM, março de 1981. (Não publicado).

MEDEIROS, J.S. O desempenho das vedações frente à ação da água. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º .: 1998 : São Paulo) **Anais**; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros. São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

MEDEIROS, J.S.; SABBATINI, F.H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1999. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil, BT/PCC/246)

MEDEIROS, J.S. **Prevenção de trincas em alvenarias através do emprego de telas soldadas como armadura e ancoragem/**. J.S.Medeiros, L.S.Franco. São Paulo: EPUSP, 1999. (Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Civil, TT/PCC/22)

MELHADO, S.B. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle /** S.B. Melhado, V. Agopyan. – São Paulo : EPUSP, 1995. 20p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/139).

MELHADO, S.B.; VIOLANI, M.A . **Sistematização da coordenação de projetos de obra de edifícios habitacionais**. São Paulo, EPUSP, 1992. (Relatório Técnico do Convênio EPUSP/LIX DA CUNHA, Projeto EP/LIX-4. Relatório Técnico nº 20.067)

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MESEGUER, AG. **Controle e garantia da qualidade na construção**. Trad. Roberto Falcão Bauer, Antônio Carmona F^o, Paulo Roberto do Lago Helene, São Paulo, Sinduscon-SP/Projeto/PW, 1991.

MINAS GERAIS. Instituto Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico. **Dicionário biográfico de construtores e artistas de Belo Horizonte: 1894/1940**. Belo Horizonte: IEPHA-MG. 1997.

MORICE, A. **Os trabalhadores da construção civil em João Pessoa: primeiras reflexões**. João Pessoa, 1988.

NOVAES, C.C. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PACEY, A. **El labirinto del ingenio: ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología**. Trad. de Homero Alsina Thevenet. Barcelona, Gustavo Gili, 1980.

PANARESE, W. C. **Concrete masonry handbook for architects, engineers, builders** / by W.C. Panarese, S.H. Kosmatka, and F.A. Randall, Jr. Illinois, PCA – Portland Cement Association, 1991.

PICCHI, F.A.; AGOPYAN, V. **Sistemas da qualidade na construção de edifícios**. São Paulo : EPUSP, 1995. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/104).

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189f. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

RAINVILLE, C. **O vinhola brasileiro**. Rio de Janeiro, Eduardo Henrique Laemmert, 1880.

REALE, E. **Brás, Pinheiros e Jardins: três bairros, três mundos**. São Paulo, Pioneira e EDUSP, 1982.

REIS FILHO, N.G. **Quadro da arquitetura no Brasil**. São Paulo, Perspectiva, 1978.

SABBATINI, F.H. O uso da alvenaria como estrutura. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO: O USO DA ALVENARIA COMO ESTRUTURA. São Paulo, 1987. **Anais**.

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

SABBATINI, F.H. et al. **Recomendações para definição, produção e execução de revestimentos de pisos**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1988a (Projeto EP/EN-1, Documento 1F: 20.012 , 88p).

SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.S.B; SILVA, M.M.A.S **Recomendações para a construção de paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1988b (Projeto EP/EN-1, Documento 1D: 20.013, 159p).

SABBATINI, F.H. et al. **Metodologia para o controle da qualidade e procedimentos para a caracterização dos componentes da alvenaria** São Paulo, EPUSP-PCC, 1989a (Projeto EP/EN-1, Documento 1B: 20.014, 98p).

SABBATINI, F.H. et al. **Metodologia para o controle da qualidade e procedimentos para a caracterização dos materiais constituintes das argamassas**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1989b (Projeto EP/EN-1, Documento 1A: 20.017, 180p).

SABBATINI, F.H. et al. **Diretrizes para a produção e controle de dosagem das argamassas de assentamento e revestimento e recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes e tetos** São Paulo, EPUSP-PCC, 1989c (Projeto EP/EN-1, Documento 1C/E: 20.020, 158p).

SABBATINI, F.H.; SILVA, M.M.A.. **Recomendações para o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria: procedimentos para elaboração e padrão de apresentação**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1991 (Projeto EP/EN-7 Documento 20.053, 71p).

SABBATINI, F.H. **Interação Alvenaria/Estrutura**. Trabalho apresentado ao Congresso de Materiais e Tecnologia da Construção – SINDUSCON-MG, Belo Horizonte, 1997. (Não publicado).

SABBATINI, F.H., BARROS, M.M.B.S., FRANCO, L.S. Fundamentos, desempenho e alvenarias. In: **EMPACOTANDO PAREDES**. Série Empacotando Edifícios, v. 2., São Paulo, 1998. CD-ROM produzido por FRIGIERI & SZALAK.

SALMONI, A . DEBENEDETTI, E. **Arquitetura italiana em São Paulo**. São Paulo, Perspectiva, 1981.

SÃO PAULO (Cidade). Divisão de Pesquisa do Centro Cultural. Casa das retortas. In: **Brás – espaço e uso**. São Paulo, s.d.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Economia e Planejamento. **Aspectos estruturais do desenvolvimento da economia paulista: construção civil**. São Paulo, 1978

SÃO PAULO (Estado). Secretaria dos Negócios Metropolitanos. Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A . Secretaria Municipal de Planejamento. **Bens culturais arquitetônicos no município e na rede metropolitana de São Paulo.** São Paulo, 1984

SEGAWA. H. **Construção de ordens – um aspecto da arquitetura no Brasil – 1808-1930.** São Paulo, 1987. (Dissertação apresentada à FAUUSP para obtenção do título de Mestre.)

SEGURADO, J.E.S. **Alvenaria e cantaria.** Lisboa, Biblioteca de Instrução Profissional, s.d.

SILVA, M.M.A A utilização da alvenaria no Brasil: da implantação ao presente. In: VI Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção – o uso da alvenaria como estrutura. **Anais**, EPUSP, São Paulo, 1987

SILVA, M.M.A et al. **Detalhamento construtivo de alvenarias com utilização de modelagem tridimensional informatizada.** Belo Horizonte: Departamento de Arquitetura e Urbanismo da PUC Minas, 2000. (Relatório Final de Projeto de Pesquisa desenvolvido através do Fundo de Incentivo à Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.)

SILVA, M.M.A, PEREIRA Jr., M. L., SANTOS, R. E. Materialidade no projeto de arquitetura. In: **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo.** V. 8, n.9. Belo Horizonte. PUC Minas, 2001.

SJÖSTRÖM, C. **Durability and sustainable use of building materials.** In: LLEWELLYN, J.W.; DAVIES, H. (Ed.) Sustainable use of materials. London: BRE/RILEM, 1992.

SOUZA R. Avaliação de desempenho aplicada a novos componentes e sistemas construtivos para habitação. In: **Tecnologia de Edificações.** São Paulo: IPT, 1988.

SOUZA, R. Evolução e industrialização da construção no Brasil. In: Seminário Arquitetura e Industrialização. **Anais**. São Paulo, FAUUSP, 1980.

SOUZA, U.E.L. MELHADO, S.B. **Subsídios para a avaliação do custo da mão-de-obra na construção civil**. São Paulo : EPUSP, 1991 (Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/01).

TELLES, P.C.S. **História da engenharia no Brasil**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1984.

THEDIM BARRETO, P. **Casas de Câmara e Cadeia**. Revista do IPHAN, Rio de Janeiro, II, 1947.

THOMAZ, E. **Requisitos técnicos e operacionais visando a qualidade na construção de edifícios**. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

THOMAZ, E. HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução**. São Paulo: EPUSP, 2000 (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/252).

TOLEDO, B.L. **São Paulo: Três cidades em um século**. São Paulo, Duas Cidades, 1983

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Grêmio Politécnico. **Manual de resistência dos materiais**. São Paulo, Vahorden, 1905.

VARGAS, M. A. A tecnologia no Brasil. In: FERRI, M. G.; MOTOYAMA, S. Coord. **História das ciências no Brasil**. São Paulo, EPU/EDUSP, 1979.

VASCONCELOS, S. **Arquitetura no Brasil; sistemas construtivos**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1979.