

TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL:
CONTRIBUIÇÃO AO USO

por

MARCUS DANIEL FRIEDERICH DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Maria (RS), como requisito parcial para a obtenção do
grau de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL.

Santa Maria, RS – Brasil

1998

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A COMISSÃO EXAMINADORA, ABAIXO ASSINADA, APROVA A DISSERTAÇÃO

TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL:
CONTRIBUIÇÃO AO USO

ELABORADA POR
MARCUS DANIEL FRIEDERICH DOS SANTOS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. M.Sc. Odilon Pancaro Cavalheiro – Orientador

Dr. Nelson dos Santos Gomes

Dr. Ronaldo Bastos Duarte

Santa Maria, 11 de setembro de 1998.

DEDICO

À Deus,

pela plenitude da vida.

Aos meus Pais Honorino e Maria Reni e meus irmãos

pelo contínuo apoio, fé e esperança.

À minha noiva Márcia,

pelo apoio, compreensão, paciência e carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Odilon Pancaro Cavalheiro pela amizade, orientação, dedicação e incentivo na realização deste trabalho.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Alvenaria Estrutural: Gilson Marafiga Pedroso, Luís Eduardo Azevedo Modler, Tatiana Cureau Cervo e Juliana Paula Braggio pelo permanente incentivo.

Aos grandes amigos Marco Antonio Pozzobon e Rodrigo Roderico Pereira dos Santos que, com dedicação e empenho pessoal possibilitaram a elaboração deste trabalho.

Aos professores José Mário Doleys Soares (Diretor do Laboratório de Materiais de Construção Civil) e Joaquim Pizzutti dos Santos (Coordenador do Curso de Pós-Graduação) pelas importantes colaborações.

Aos fabricantes de blocos estruturais que me auxiliaram indicando seus clientes e, desta forma, possibilitaram o levantamento de dados almejado.

Às vinte e uma construtoras visitadas, pelo incentivo a este trabalho e a oportunidade que me proporcionaram pela obtenção de tão valiosos dados.

Às instituições CAPES e FAPERGS; às empresas Cerâmica CANDELÁRIA e Construtora GAMMA, que permitiram a viabilização deste trabalho, através do apoio financeiro.

À muitas outras pessoas, que contribuíram de alguma forma, sou imensamente grato. Agradeço a todos por participarem desta importante etapa de minha vida.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	<i>IV</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>VIII</i>
LISTA DE TABELAS	<i>XI</i>
LISTA DE ANEXOS	<i>XII</i>
RESUMO	<i>XIII</i>
ABSTRACT	<i>XIV</i>
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 OBJETIVO GERAL	5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3 HIPÓTESES GERAL E DE TRABALHO	6
1.3.1 HIPÓTESE GERAL.....	6
1.3.2 HIPÓTESES DE TRABALHO	6
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	6
1.5 DEFINIÇÃO DA ABRANGÊNCIA DA PESQUISA.....	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 BREVE HISTÓRICO	9
2.2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
2.3 CONCEPÇÃO DO PROJETO.....	14
2.4 CONCEITOS BÁSICOS	15

3. METODOLOGIA	24
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	24
3.2 LEVANTAMENTO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS	24
3.3 ENSAIOS COMPLEMENTARES	29
4. RESULTADOS E COMENTÁRIOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO ...	30
4.1 FUNDAÇÕES	30
4.2 ALVENARIA	32
4.2.1 BLOCO: TIPOLOGIA E USO	32
4.2.2 TRANSPORTE DOS BLOCOS	36
4.2.3 CUIDADOS COM OS BLOCOS ANTES, DURANTE E APÓS O ASSENTAMENTO.....	37
4.2.4 PROJETOS DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA	39
4.2.5 AMARRAÇÕES DAS PAREDES	42
4.2.6 TIPOS E CARACTERÍSTICAS DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO.....	45
4.2.7 MISTURA, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DA ARGAMASSA.....	50
4.2.8 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA ELEVAÇÃO DAS PAREDES.....	54
4.2.9 EXECUÇÃO DA PRIMEIRA FIADA	56
4.2.10 JUNTA DE ARGAMASSA.....	58
4.2.11 GRAUTE.....	63
4.3 ABERTURAS	67
4.3.1 JANELAS	67
4.3.2 PORTAS.....	71
4.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	75
4.5 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS.....	79
4.5.1 PAREDES HIDRÁULICAS.....	79
4.5.2 SHAFTS VERTICAIS.....	80
4.5.3 TUBULAÇÕES NO INTERIOR DE PAREDES ESTRUTURAIS.....	81
4.5.4 ENCHIMENTO COM ARGAMASSA E/OU TIJOLOS DE VEDAÇÃO.....	82
4.6 ESCADAS	83

4.7 LAJES.....	86
4.8 REVESTIMENTOS DAS PAREDES	88
4.8.1 REVESTIMENTOS INTERNOS.....	89
4.8.2 REVESTIMENTOS EXTERNOS.....	91
5. ENSAIOS COMPLEMENTARES.....	93
5.1 ENSAIOS DE ESTANQUEIDADE À ÁGUA EM PAREDES	93
5.1.1 CAPILARIDADE EM PAREDES.....	94
5.1.2 DESCRIÇÃO DO ENSAIO DE ESTANQUEIDADE.....	96
5.1.3 TIPOLOGIA DAS PAREDES ENSAIADAS.....	98
5.1.4 RESULTADOS.....	100
5.2 ENSAIOS ACÚSTICOS.....	104
5.2.1 CONCEITOS BÁSICOS.....	104
5.2.2 ISOLAMENTO ACÚSTICO.....	106
5.2.3 DESCRIÇÃO DO ENSAIO DE ISOLAÇÃO.....	109
5.2.4 RESULTADOS.....	110
5.3 RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA EM FUNÇÃO DO TEMPO	111
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	114
6.1 CONCLUSÕES	114
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	119
6.2.1 RECOMENDAÇÕES PARA OBRAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	119
6.2.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	121

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Tipo de bloco utilizado. 32*
- Figura 2 – Blocos estruturais de concreto (a) e de cerâmica (b). 34*
- Figura 3 – Parede sem compensador sendo completada a modulação com graute (a) e parede com compensador (b). 35*
- Figura 4 – Carrinho com rodas pneumáticas, adequado para transporte horizontal de blocos. 37*
- Figura 5 – Blocos armazenados na obra sobre estrados de madeira e protegidos, da ação direta de intempéries, com lona plástica. 37*
- Figura 6 – Cabina móvel para armazenar plantas e outros objetos no andar de execução da alvenaria. 42*
- Figura 7 – Elementos metálicos utilizados nos encontros de paredes com junta a prumo. 44*
- Figura 8 – Tipos de argamassa de assentamento encontrados. 45*
- Figura 9 – Placa de identificação dos traços de argamassa, graute e concreto. 47*
- Figura 10 – Resistência à compressão da argamassa para diferentes alturas de prédios. 50*
- Figura 11 – Misturador de argamassa industrializada com eixo horizontal localizado próximo à alvenaria em execução. 51*
- Figura 12 – Local com grandes dimensões para depósito de argamassa de assentamento. 52*
- Figura 13 – Estruturas de colocação da caixa de argamassa para execução da alvenaria. 53*
- Figura 14 – Recipientes, retangular (a) e/ou circular (b), para depósito de argamassa de assentamento. 54*
- Figura 15 – Escantilhão usado em obras de alvenaria estrutural. 55*
- Figura 16 – Régua metálica com bolhas utilizada para verificação do nível, do prumo (a) e da planicidade (b) da alvenaria. 57*

- Figura 17 – Juntas de argamassa horizontais (longitudinais e transversais) e verticais. 59*
- Figura 18 – Palheta utilizada para o assentamento de blocos. 60*
- Figura 19 – Relação entre as resistências do bloco e do graute. 64*
- Figura 20 – Fôrma utilizada para facilitar a colocação do graute no interior dos vazados dos blocos. 65*
- Figura 21 – Cuidado especial (papel) para retirada do excesso de argamassa do interior dos vazados dos blocos a serem grauteados. 67*
- Figura 22 – Contra-marco de argamassa armada. 69*
- Figura 23 – Execução do vão previsto para colocação do aparelho de ar condicionado. 74*
- Figura 24 – Obras com projeto elétrico mostrado nas elevações. 75*
- Figura 25 – Passagem de tubulação elétrica sem adequada integração de projetos. 76*
- Figura 26 – Local para o quadro de disjuntores, não previsto durante a fase de execução da alvenaria (a) e previsto (b). 78*
- Figura 27 – Tubulações hidráulicas externas às paredes estruturais. 82*
- Figura 28 – Quebras em blocos para fixação do patamar da escada às paredes. 84*
- Figura 29 – Peças de escada pré-moldada. 84*
- Figura 30 – Escada industrializada, em peça única. 85*
- Figura 31 – Cuidado especial adotado em laje de cobertura. 88*
- Figura 32 – Revestimento interno em gesso, aplicado diretamente sobre o bloco. 89*
- Figura 33 – (a) Tipologia das paredes, (b) fixação da câmara às paredes com a respectiva bureta e, (c) detalhe da localização da câmara na parede. 97*
- Figura 34 – Disposição das juntas de argamassa nas paredes dos blocos, representando as situações do ensaio de estanqueidade. 99*
- Figura 35 – Permeabilidade em paredes de blocos estruturais de concreto com revestimento em uma das faces. 101*
- Figura 36 – Permeabilidade em paredes de blocos estruturais cerâmicos com revestimento em uma das faces. 101*
- Figura 37 – Permeabilidade em paredes de blocos estruturais de concreto com revestimento nas duas faces. 103*

Figura 38 – Permeabilidade em paredes de blocos estruturais cerâmicos com revestimento nas duas faces. 103

Figura 39 – Reflexão, dissipação e transmissão do som em uma parede. 107

Figura 40 – Espectro de frequência para os valores de isolamento acústica (dB). 110

Figura 41 – Decréscimo de resistência da argamassa com moldagem retardada. 113

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – <i>Relação das construtoras visitadas e o número de prédios de cada canteiro de obras.</i>	24
TABELA 2 – <i>Tipos de fundações utilizadas nas obras de alvenaria estrutural pesquisadas.</i>	29
TABELA 3 – <i>Número de tipos de peças utilizadas para a construção de prédios em alvenaria estrutural.</i>	32
TABELA 4 – <i>Períodos de realização de testes de resistência à compressão em argamassas.</i>	47
TABELA 5 – <i>Resistência à compressão de prismas em dois blocos, com e sem preenchimento das juntas transversais.</i>	76
TABELA 6 – <i>Tipos de lajes, com as respectivas faixas de espessuras (sem contar o revestimento).</i>	86
TABELA 7 – <i>Tipos de acabamento das peças frias.</i>	90
TABELA 8 – <i>Índice de redução acústica em função da massa da parede.</i>	107
TABELA 9 – <i>Condições das paredes ensaiadas acusticamente.</i>	109
TABELA 10 – <i>Comparação dos resultados obtidos nos ensaios com os calculados pela Lei das Massas.</i>	110
TABELA 11 – <i>Características dos materiais utilizados para composição do traço da argamassa de assentamento.</i>	111
TABELA 12 – <i>Resistência à compressão da argamassa, com moldagem retardada.</i>	111

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I – <i>Questionário aplicado nas obras</i>	130
ANEXO II – <i>Planilhas com os resultados dos ensaios de permeabilidade à água</i>	138
ANEXO III – <i>Planilhas de resultados dos ensaios acústicos</i>	140

RESUMO

TÉCNICAS CONSTRUTIVAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: CONTRIBUIÇÃO AO USO

Autor: Marcus Daniel Friederich dos Santos

Orientador: Odilon Pancaro Cavalheiro

A alvenaria estrutural, quando bem utilizada, minimiza índices de desperdício e, por este motivo, nos últimos anos, vem crescendo o interesse e aplicação da mesma por parte das construtoras. Mesmo sem o total domínio da tecnologia, essas construtoras estão visualizando, neste sistema, uma alternativa muito competitiva para a construção de habitações. Nesse sentido, o presente trabalho procura obter um quadro geral de como a alvenaria estrutural esta sendo empregada em obras de três estados do Brasil. Para realizar o levantamento de dados em relação às principais técnicas construtivas que estão sendo utilizadas na alvenaria estrutural, foi elaborado um questionário constituído de 150 perguntas, que aborda as etapas de fundações, alvenaria, aberturas, tubulações elétricas e hidráulicas, escadas, lajes e revestimentos das obras investigadas. A pesquisa foi realizada em vinte e oito canteiros de obras que totalizavam 403 prédios previstos, utilizando o sistema de alvenaria estrutural. Para a análise crítica das técnicas construtivas identificadas, além de referências bibliográficas, foram consultados também engenheiros especialistas na área, bem como resultados de ensaios laboratoriais. Já para verificar tendências de comportamento com relação a situações particulares da alvenaria, frente a ações do som e da água, foram realizados ensaios acústicos e de estanqueidade. A partir dos resultados, concluiu-se que, nas obras pesquisadas, de uma maneira geral, o sistema de alvenaria estrutural está sendo explorado em apenas parte do seu potencial.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

Santa Maria, 11 de setembro de 1998

ABSTRACT**STRUCTURAL MASONRY BUILDING TECHNIQUES:
CONTRIBUTION TO THE USE**

Author: Marcus Daniel Friederich dos Santos

Advisor: Odilon Pancaro Cavalheiro

The interest of builders in application of structural masonry has been growing in the last years due to the technology cost effectiveness and minimization of wastes. In spite of the incomplete scope of the construction technology, this system has been looked upon by builders as a competitive alternative for residential buildings. Keeping this in mind, the present study is aimed at obtaining a general picture of the structural masonry applications. The main building techniques were identified based on a survey consisting of 150 questions, which covered stages of construction of the foundation, masonry, openings, electric and hydraulic tubulations, stairs, slabs, and revetments. 28 building sites in three Brazilian states were investigated amounting to a total of 403 examined buildings in which the structural masonry system was used. The collected data of the used construction techniques were critically analyzed basing on bibliographical references, on expert opinions of practical engineers in the field, as well as on results of laboratory testing reports. To verify behavior tendencies in relation to particular masonry situations related to sound and water impacts, acoustic and water stagnating tests were made. It was concluded that, in general, the potential of the structural masonry system is being just partially utilized in the studied buildings.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Civil Engineering Master Dissertation

Santa Maria, September 11th, 1998.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Apesar de todo o progresso conquistado para propiciar maior conforto ao homem, ainda o problema da habitação é um desafio difícil e permanente. As elevadas taxas de crescimento demográfico, aliadas aos pequenos índices de renda da população, apresentam-se como fatores agravantes deste desafio.

O problema social aumenta, principalmente, à medida em que nos grandes centros as correntes migratórias se intensificam. O migrante, procurando melhores condições de vida, muda-se para as cidades, onde ter um local para morar é de fundamental importância.

“A indústria da construção civil se destaca como uma das mais importantes em todos os países, pois a mesma contribui no Produto Interno Bruto (PIB) com cerca de 6 a 12% do total mundial e ainda emprega cerca de 10% da população economicamente ativa” (MESEGUER, 1983).

No Brasil, segundo ROSCOE (1998), a construção civil, isoladamente, tem uma participação de 9,3% no PIB, respondendo por 4,4 milhões de empregos na economia formal. Estes números representam mais de 6,5% da população economicamente ativa e além disso, possuem importância estratégica no desenvolvimento da nação, pois gera a infra-estrutura física para o funcionamento de outros setores (FRANCO, 1992) e (PICCHI, 1993).

GONÇALVES (1997) comenta que mesmo com esta grande influência sobre a economia brasileira há, atualmente, um déficit habitacional de aproximadamente

cinco milhões de moradias. “Ano após ano, ele é agravado pela ausência de políticas habitacionais que venham a implementar uma solução viável para suprir as necessidades do país” (ALY & SABBATINI, 1994).

Além disso, outra característica marcante da indústria da construção civil no Brasil é o desperdício de insumos que, segundo PICCHI (1993), está em torno de 30% em relação ao custo total das edificações, considerando o volume de entulho retirado, bem como o entulho que é incorporado no próprio processo construtivo, em função da necessidade de correções de problemas de níveis, prumos, etc.

Este é um dos fatores pelos quais se busca novas tecnologias, pois acredita-se que incorporadas a elas estarão melhores condições de controle da obra. Outro fator de peso para estas mudanças é a própria demanda de um maior número de habitações. Sendo assim, as novas técnicas apresentam também maiores chances de incrementar a produtividade da mão-de-obra.

As técnicas construtivas utilizadas atualmente pelas empresas de construção civil, no que se refere à construção de edifícios, além de apresentarem alto custo, nem sempre determinam desempenho satisfatório das edificações em utilização, não propiciando muitas vezes, a satisfação do usuário. Diversos fatores contribuem para o crescimento constante deste problema, entre os quais merecem destaque: aplicações inadequadas de materiais de construção, ausência de mão-de-obra qualificada e de diretrizes construtivas e, alto índice de desperdícios.

Neste sentido, conforme ALY (1987), “vários processos construtivos foram importados e aplicados diretamente na construção de conjuntos habitacionais, sem a realização prévia de estudos que os adequassem aos materiais, à mão de obra e ao clima do país. Esta prática teve por conseqüência o aparecimento de inúmeros problemas patológicos nas edificações, que poderiam ter sido minimizados, ou até mesmo evitados, caso os estudos tivessem sido realizados”.

A racionalização construtiva é o caminho para a solução dos resultados insatisfatórios obtidos pelas empresas de construção civil, tornando-as mais competitivas no mercado. Para isso, faz-se necessário o conhecimento das tecnologias de produção envolvidas nos processos construtivos dos edifícios para que se consiga diminuir custos e aumentar a qualidade.

“Na busca de eficiência e produtividade foram tentadas, nos últimos anos, muitas soluções. Dentre as poucas experiências de sucesso destacam-se os processos em alvenaria estrutural, os quais se tornaram predominantes na construção habitacional de interesse social” (FRANCO, 1992).

Segundo FRANCO (1992), a alvenaria estrutural, por sua simplicidade, permite uma imediata diminuição de custos e facilita as operações de execução do edifício. Além disso, a utilização desse sistema construtivo leva à redução dos investimentos fixos, como a compra ou aluguel de equipamentos, o que permite uma maior flexibilidade quanto a definição de cronogramas e fluxos de caixa, características essenciais para os investimentos. Na maioria dos casos ainda não foi explorado todo o potencial deste sistema construtivo em nosso país, tanto no que diz respeito à capacidade estrutural da alvenaria, quanto à racionalização do mesmo.

Esse sistema construtivo parece ser ideal para a realidade brasileira, pois necessita de mão-de-obra de fácil aprendizado, possui elevado potencial de racionalização e não exige grandes investimentos e imobilização de capital para a aquisição de equipamentos.

“A grande vantagem que a alvenaria estrutural apresenta é a possibilidade de incorporar facilmente os conceitos de racionalização, produtividade e qualidade, produzindo, ainda, construções com bom desempenho tecnológico aliado a baixos custos” (ARAÚJO, 1995).

A alvenaria estrutural emprega, em geral, paredes de blocos modulados como elementos resistentes, apresentando uma série de aspectos técnico-econômicos que a

destaca em relação aos métodos tradicionais de construir. A principal vantagem reside no grande potencial de racionalização de todas as etapas de construção, através da otimização do uso de recursos temporais, materiais e humanos.

“A alvenaria estrutural não armada é, possivelmente, entre os métodos construtivos na área habitacional, o que permite as construções a menores custos” (FRANCO, 1987). Observa-se portanto a importância do tema, uma vez que, se a alvenaria estrutural proporciona menores custos, trabalhar com melhores condições, objetivando maior produtividade com qualidade, implicará em grandes vantagens ao setor.

A alvenaria estrutural de blocos, no Brasil, necessita de uma revisão com objetivos voltados à racionalização e maior produtividade da mão-de-obra. “O desenvolvimento de pesquisas no campo tecnológico da produção de blocos estruturais, como também o desenvolvimento e acompanhamento de metodologias para a execução de obras é, sem dúvida, o caminho para o avanço tecnológico deste sistema” (MEDEIROS, 1993).

A utilização de novas tecnologias que trazem redução no consumo de mão-de-obra, menor desperdício de materiais e melhores condições de trabalho deve ser convenientemente estudada. Mas sabe-se que para o maior aproveitamento de todas as condições que a alvenaria estrutural pode oferecer, deve-se promover uma conscientização do meio técnico. No Brasil, alguns centros de pesquisa vêm trabalhando nessa área.

Diante das grandes vantagens encontradas, em especial aquelas de origem econômica, é cada vez maior o interesse pelo sistema construtivo de alvenaria estrutural. Mesmo sem o total domínio da tecnologia necessária, condição essencial ao sucesso de qualquer sistema construtivo, as iniciativas privada e estatal vêm, ao longo das últimas décadas, descobrindo na alvenaria estrutural uma alternativa muito competitiva para a construção de habitações, principalmente quando comparada ao

sistema tradicional de construção (estrutura reticular de concreto armado e vedações em alvenaria).

A alvenaria estrutural passou então a ser empregada correntemente, sem que se dispusesse de normalização adequada e métodos eficientes com vistas ao controle da qualidade do processo e dos produtos envolvidos. A falta de mecanismos como estes, frutos de pesquisas de desenvolvimento tecnológico adequadas às nossas condições, tem gerado patologias em algumas obras de alvenaria estrutural.

Por tudo isto, é importante ter-se uma visão abrangente de como está sendo empregada a alvenaria estrutural no país, atualmente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Como objetivo geral deste estudo, pretende-se realizar um levantamento de técnicas construtivas utilizadas em obras de alvenaria estrutural, em três estados do Brasil, visando contribuir para o seu desenvolvimento tecnológico.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Em termos de objetivos mais específicos, procura-se:

- realizar um levantamento de técnicas construtivas aplicadas em obras de alvenaria estrutural no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo;
- obter um quadro geral de como as obras de alvenaria estrutural estão sendo executadas;
- realizar uma análise crítica das principais técnicas construtivas observadas;

- executar alguns ensaios para obter tendências de comportamento da alvenaria em situações onde os dados, hoje disponíveis, são escassos ou mesmo inexistentes.

1.3 HIPÓTESES GERAL E DE TRABALHO

1.3.1 HIPÓTESE GERAL

Como hipótese geral para o desenvolvimento desta investigação, considera-se que as técnicas construtivas utilizadas em obras de alvenaria estrutural obedecem critérios de padronização, qualidade e economia.

1.3.2 HIPÓTESES DE TRABALHO

As hipóteses de trabalho a serem consideradas são, basicamente:

- uma técnica construtiva é determinada na fase do projeto;
- podem existir fatores perceptíveis que identificam a técnica mais econômica a ser aplicada sem prejuízo da qualidade;
- a implantação de novas técnicas construtivas confronta-se com a resistência, por parte dos operários, empresários e órgãos financiadores, em substituir as técnicas já difundidas no setor pelas inovações;
- a alvenaria estrutural apresenta condições favoráveis para a racionalização das técnicas construtivas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atender aos objetivos propostos, o trabalho foi organizado em seis capítulos, sendo completado pelos anexos. Como pode ser observado, o presente Capítulo I, além da exposição dos objetivos, hipóteses, estruturação do trabalho e

abrangência, compreende também inclusão da pesquisa dentro do contexto da construção civil no Brasil. Apresenta-se a necessidade do desenvolvimento da alvenaria estrutural como uma alternativa para as construções habitacionais.

Já no Capítulo II, são comentados conceitos de industrialização, racionalização e construtibilidade, pois estes têm íntima ligação com as técnicas construtivas a serem estudadas, bem como conceitos básicos da alvenaria estrutural. Nesse capítulo realiza-se, também, uma breve revisão bibliográfica sobre a alvenaria estrutural.

A metodologia utilizada para a aquisição das informações sobre as técnicas construtivas adotadas nas obras é descrita no Capítulo III, no qual é feita uma explanação sobre a forma de coleta dos dados, especificações importantes e comentários sobre o levantamento dos dados.

No Capítulo IV encontram-se os resultados obtidos no questionário bem como a análise crítica das principais técnicas construtivas observadas nos canteiros de obras visitados.

Já no Capítulo V são relatados ensaios acústicos e de estanqueidade, realizados em paredes, bem como ensaios de resistência à compressão de argamassa em condição adversa de utilização.

No Capítulo VI apresentam-se as conclusões e comentários das principais técnicas construtivas e, ainda, recomendações gerais para construções de alvenaria estrutural e para trabalhos futuros de pesquisa.

Finalmente, em anexo, encontram-se informações complementares, como o questionário aplicado nas obras, as planilha de resultados dos ensaios de permeabilidade e dos ensaios acústicos.

1.5 DEFINIÇÃO DA ABRANGÊNCIA DA PESQUISA

Em função de haver diferentes tipos de unidades (concreto, cerâmica, silico-calcáreo, etc.) que podem ser empregados na construção de edifícios de alvenaria estrutural, um estudo englobando todos estes casos seria muito extenso e não vai ser aqui apresentado. O trabalho limita-se apenas ao estudo de técnicas construtivas aplicadas em prédios com mais de três pavimentos, que utilizam blocos vazados de concreto e cerâmico estruturais.

Esta pesquisa abrange os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Os dois primeiros foram escolhidos para aplicação do questionário em função do Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento de Alvenaria Estrutural da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) influir nesta área, bem como limitações de recursos para viagens. Já o estado de São Paulo foi pesquisado por ser a região com maior concentração de obras de alvenaria estrutural do Brasil.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE HISTÓRICO

“A arte de construir tem acompanhado o homem desde os primórdios de sua cultura e sua evolução tem se baseado num processo de tentativa e erro. Este processo, lento e gradual, foi o responsável pelo aprendizado de muitas técnicas que ainda hoje são empregadas com bastante sucesso” (PRUDÊNCIO, 1986).

O uso da alvenaria estrutural teve sua origem nas antigas civilizações. Grandes blocos irregulares de pedra foram utilizados na execução de paredes estruturais em pirâmides, catedrais, palácios e fortalezas. “O desenvolvimento da técnica e o seu uso racional foram impedidos pela pouca trabalhabilidade dos blocos de pedra utilizados, como também pela falta de conhecimento sobre o comportamento das alvenarias” (CAMPOS, 1993).

No Brasil a alvenaria estrutural iniciou no período colonial, com o emprego da pedra e tijolo de barro cru. Os primeiros avanços na técnica construtiva foram marcados, já no Império, pelo uso do tijolo de barro cozido, a partir de 1850, proporcionando construções com maiores vãos e mais resistentes à ação das águas. Já no final do século XIX, a precisão dimensional dos tijolos permitia a aplicação de alguns conceitos em direção a racionalização e industrialização.

No limiar do século passado, surgiram o aço e o concreto armado, aumentando rapidamente o número de construções que passaram a utilizar estes tipos de materiais, pois ofereciam vantagens técnicas e econômicas. Também o campo teórico/experimental relativo a essa nova técnica se desenvolveu rapidamente. “Os métodos utilizados em obras de alvenaria tornaram-se obsoletos e

esse material foi abandonado, passando a ser usado quase exclusivamente como fechamento” CAMACHO (1986).

O largo emprego das estruturas de aço na Europa e a facilidade de importação acabaram por ser determinante na utilização deste sistema nas grandes obras nacionais até os anos 20 do século atual. O Viaduto Santa Efigênia e a Estação da Luz, em São Paulo, são dois exemplos típicos de estruturas importadas e aqui montadas, nesta época.

As estruturas em concreto armado, pelas mesmas razões, dominam grande faixa do mercado mundial de edificações residenciais e comerciais.

Após a primeira grande guerra mundial, a instalação da indústria de cimento Portland no Brasil sacramenta o uso das estruturas em concreto armado, construindo-se prédios de grande altura, como o Edifício Martinelli, em São Paulo, com 30 andares.

Seguindo uma tendência européia e americana, iniciada nos anos 40 e 50, quando estudos mais profundos passaram a viabilizar a alvenaria como estrutura, em meados da década de 60 é introduzida no Brasil a alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, em prédios de até 4 pavimentos, com tecnologia e procedimentos baseados em normas estrangeiras. Esta foi uma forma racionalizada encontrada para redução de custos das obras.

Daí para frente, os processos em alvenaria estrutural, empregando também blocos sílico-calcários e blocos cerâmicos, começaram a ser utilizados em escala crescente, principalmente no estado de São Paulo, com base em normas americanas, inglesas e alemãs, entre outras.

Atualmente, nos Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha e em muitos outros países, a alvenaria estrutural atinge níveis de cálculo, execução e controle, similares aos aplicados nas estruturas de aço e concreto, constituindo-se em um econômico e

competitivo sistema racionalizado, versátil e de fácil industrialização, face às diminutas dimensões do componente modular básico empregado (bloco).

Segundo HENDRY (1981), o sucesso econômico da alvenaria estrutural tem sido alcançado não só pela racionalização estrutural, mas também porque as paredes que constituem a estrutura da edificação desempenham várias outras funções simultaneamente, tais como subdivisão de espaços, isolamento térmico e acústico, proteção ao fogo e às condições climáticas.

Embora a alvenaria estrutural comece a ser largamente empregada em alguns centros do país, em outros continua desconhecida. Enquanto edifícios relativamente altos são erguidos, utilizando a capacidade resistente da alvenaria, outras obras de menor porte são projetadas com estruturas independentes (concreto armado e aço) por completo desconhecimento da nova técnica, gerando um contraste de certa forma interessante de ser observado.

O sistema construtivo em alvenaria estrutural que se emprega no Brasil e em outros países é praticamente o mesmo. As diferenças nos processos adotados acontecem em função de características como clima, sismos, cultura, identificando peculiaridades presentes em regiões distintas da terra.

2.2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

“A construção dos grandes conjuntos habitacionais no Brasil, a partir da segunda metade dos anos setenta e início dos anos oitenta, marca pela primeira vez, além da utilização em massa de sistemas construtivos inovadores, a preocupação em encontrar alternativas para o aumento dos níveis de produtividade no setor da construção civil” (FRANCO,1992). Com isso várias alternativas construtivas apareceram nos mais diversos canteiros de obras.

As técnicas construtivas inovadoras trouxeram consigo alguns conceitos que as tornam diferentes das utilizadas nos processos convencionais. A preocupação com

a melhor maneira de executar o trabalho e também com a qualidade final do produto é fator predominante. Neste item serão apresentados alguns conceitos que estão intimamente ligados à concepção destas técnicas como a industrialização, a racionalização e a construtibilidade.

SABBATINI (1989) conceitua a industrialização como sendo “um processo evolutivo, que através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva”.

A característica principal da industrialização é a organização da atividade produtiva, empregando, de forma racionalizada, materiais, meios de transporte e técnicas construtivas para atingir maior produtividade. Este incremento na produtividade não ocorre só com a utilização de novos processos construtivos, novas técnicas e novos materiais, mas principalmente com o aumento progressivo no nível de organização da atividade de construção civil em todas as suas fases, do projeto ao uso do produto fabricado pela indústria.

Já a racionalização compreende uma diminuição dos desperdícios e o máximo aproveitamento dos insumos disponíveis. Para alguns autores, conforme comentado por FRANCO (1992), sua aplicação vai além do canteiro, passando pela mudança de todo o setor da construção, como por exemplo a adoção de normalização e padronização para os mais diversos serviços da construção.

Os métodos construtivos utilizados atualmente na execução das paredes de alvenaria de vedação apresentam deficiências, principalmente quanto à fiscalização dos serviços, organização e padronização do processo de produção. Os procedimentos adotados nos processos construtivos convencionais estão baseados em técnicas construtivas de uso corrente na construção civil, muitas delas ultrapassadas e que resultam em baixa produtividade e alto índice de desperdício.

Além disso, há insuficiência de detalhamento nos projetos, muitas vezes determinada pelo desconhecimento por parte dos projetistas, das influências físicas a que estão expostas as edificações e do comportamento dos materiais de construção frente a elas ao longo do tempo.

“Por outro lado, a racionalização pode ser entendida, num enfoque mais específico, como a otimização das atividades construtivas. Neste caso, aplicam-se os princípios de racionalização às técnicas e métodos construtivos, como forma de se alcançar um melhor resultado no desenvolvimento destes específicos empreendimentos” (FRANCO, 1992).

A habilidade ou a facilidade de um edifício ser construído é conceituada como construtibilidade, possuindo uma grande relação com industrialização.

ARAÚJO (1995) faz uma comparação entre os conceitos de racionalização e construtibilidade e conclui que pouco se distanciam, na verdade, eles se completam e são empregados convenientemente quando se faz uso de um sistema industrializado, o qual busca a organização e adequação dos meios para se obter o produto final desejado.

A base da construtibilidade fundamenta-se no fator de que para ser otimizado todo o processo de construção, há a necessidade de se considerar, na etapa de projeto, os fatores relacionados com as operações construtivas.

Oliveira apud ARAÚJO (1995) apresenta um resumo dos principais fatores que melhoram a construtibilidade, dentre os quais podem-se citar:

- maior detalhamento dos projetos, visando facilitar a execução;
- padronização;
- seqüência executiva e interdependência entre atividades;
- acessibilidade e espaços adequados para o trabalho;
- comunicação projetos/obra.

O conceito de construtibilidade integra o conhecimento e experiência construtiva durante as fases de concepção, planejamento, projeto e execução da obra, visando a simplificação das operações construtivas.

2.3 CONCEPÇÃO DO PROJETO

“O projeto tem importância primordial na qualidade das edificações, sendo apontado como a principal origem de patologias das construções, em diversos estudos estrangeiros” (PICCHI, 1993).

MESEGUER (1991) afirma que 60% dos erros em construções, grandes e pequenas, têm sua origem em erros cometidos nas fases iniciais do trabalho. Para reverter este quadro é de grande importância a integração intensa entre projeto e obra, tanto no sentido da equipe de projeto sanar eventuais dúvidas ou colaborar com alterações não previstas, como da equipe de obra contribuir com sua experiência durante a elaboração dos projetos para aumento da construtibilidade do mesmo.

Na construção civil, o projeto quase sempre é encarado como uma finalidade, e não como um meio para obtenção de um fim, que seria a edificação. Justificando esta afirmativa, verifica-se a carência de projetos executivos, o que acarreta, muitas vezes, a decisão do “como executar” ser tomada no canteiro de obras e o que é mais grave, quase sempre pelo próprio mestre de obras, ou pelo engenheiro, mas sem um estudo prévio da melhor alternativa.

De um modo geral, um dos problemas encontrados quando se trabalha com um programa de qualidade é a falta de coordenação entre as fases de projetos e de execução da obra. O aperfeiçoamento desta interface melhora a eficácia na aplicação do sistema construtivo proposto.

O controle da qualidade deve começar na fase do projeto. A coordenação entre o projeto e a fase de execução evita, muitas vezes, o desperdício no canteiro, o

qual, quase sempre é atribuído à mão-de-obra ou má qualidade dos materiais, sendo que nem sempre são estes os únicos responsáveis.

Durante a viabilização dos empreendimentos, uma grande atenção é voltada aos aspectos estratégicos do gerenciamento empresarial, como fluxo financeiro e as etapas de comercialização. “O projeto é muitas vezes colocado em um segundo plano, sendo elaborado com um mínimo de aprofundamento das soluções construtivas, postergando-se estas para a fase de execução da obra” (FRANCO, 1992).

2.4 CONCEITOS BÁSICOS

Julgou-se importante apresentar algumas definições fundamentais para o entendimento global das demais etapas do trabalho, procurando-se evitar, assim, confusões geradas por termos empregados no dia-a-dia da construção civil e, ainda, por expressões que possuem sentidos variados.

a) Alvenaria

Apesar de ser correntemente empregada em nosso meio, alvenaria é muitas vezes mal conceituada. SABBATINI (1984) analisa diversas definições e apresenta o seguinte conceito para o termo alvenaria:

“A alvenaria é um componente complexo utilizado na construção e conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso”.

Outra definição resumida é dada por CAVALHEIRO (1996), que considera alvenaria como um produto da composição básica, em obra, de blocos ou tijolos unidos entre si por argamassa, constituindo um conjunto resistente e estável.

b) Alvenaria Estrutural

É toda a estrutura em alvenaria, predominantemente laminar, dimensionada com procedimentos racionais de cálculo para suportar cargas além do peso próprio.

“Pela dupla função que seus elementos básicos (paredes) desempenham nas edificações, ou seja, vedação e resistência, o subsistema estrutural confunde-se com o próprio processo construtivo” (CAVALHEIRO, 1996).

É aquela alvenaria que resiste aos esforços solicitantes graças às propriedades de seus componentes e a interação entre eles. Atualmente, entende-se por alvenaria estrutural aquela dimensionada por cálculo racional.

c) Bloco

A idéia básica que estabelece a diferenciação entre blocos e tijolos empregados na construção de paredes de alvenaria é a de domínio prático na obra: o tijolo pode ser manuseado facilmente, com apenas uma das mãos quando do seu assentamento, o bloco não. Os blocos, devido a suas dimensões e peso, normalmente são assentados com ambas as mãos.

d) Bloco de Concreto

“É a unidade de alvenaria constituída pela mistura homogênea, adequadamente proporcionada, de cimento Portland, agregado miúdo e graúdo, conformado através de vibração e prensagem, que possui dimensões superiores a 250x120x55 mm (comprimento, largura e altura)” (MEDEIROS, 1993).

Blocos vazados de concreto, ou simplesmente blocos de concreto, são elementos prismáticos, com dois ou três furos verticais dispostos ao longo da altura, em sua seção de assentamento, com área útil (área líquida) igual ou inferior a 75% da

área total da seção normal aos furos das peças (área bruta). Se essa condição não for satisfeita, o bloco será considerado maciço.

e) Bloco Cerâmico

O bloco cerâmico, segundo a NBR 7171/92, é definido como sendo um componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém. Os blocos cerâmicos são classificados de acordo com suas resistências à compressão, sendo que o material básico de sua fabricação é a argila.

f) Prisma Simples

É um corpo de prova constituído de duas ou três unidades de alvenaria superpostas, unidas entre si por junta de argamassa.

g) Parede

Elemento laminar vertical, apoiado de modo contínuo em toda a sua base, com comprimento maior que cinco vezes a espessura.

h) Parede de Vedação

A parede de alvenaria é denominada *parede de vedação* quando suporta apenas seu peso próprio, não admitindo no projeto outras cargas. Quando objetiva, também, embutir tubulações hidrossanitárias é chamada hidráulica.

i) Parede Estrutural

Toda aquela dimensionada por processos racionais de cálculo, para resistir a cargas além de seu peso próprio.

j) Alvenaria Estrutural Não Armada

Aquela construída com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa, e que contém armadura com finalidade construtiva ou de amarração, não sendo esta última considerada na absorção dos esforços calculados.

l) Alvenaria Estrutural Armada

Aquela construída com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa, na qual alguns vazados são preenchidos continuamente com graute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas com finalidade construtiva ou de amarração.

m) Pilar

Todo elemento estrutural em que a seção transversal retangular utilizada no cálculo do esforço resistente possui relação de lados inferior a cinco, prevalecendo, no caso das seções compostas, as dimensões de cada ramo distinto.

n) Cinta

Elemento construtivo estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes ou às vergas das aberturas, e que transmite cargas para as paredes estruturais, tendo função de amarração.

o) Verga ou Viga

Denomina-se verga o elemento estrutural colocado sobre vãos de aberturas não maiores que 1,20 m, com a finalidade de transmitir cargas verticais para os trechos adjacentes ao vão. Considera-se como viga um elemento estrutural sobre vãos

maiores que 1,20 m, dimensionado para suportar cargas verticais, transmitindo-as para pilares ou paredes.

Este conceito de norma é arbitrário, tendo em vista que poderá ocorrer casos de elementos de vãos menores que 1,20 m com cargas elevadas, conseqüentemente, com necessidade de dimensionamento.

p) Contra-verga

Elemento estrutural colocado sob o vão da abertura, com a finalidade de absorver eventuais tensões de tração.

q) Argamassa

É definida como um material composto, sem forma e de características plásticas, constituído de agregado miúdo inerte e de uma pasta aglomerante. Tem a propriedade de aderir a materiais porosos e de endurecer após certo tempo. (SABBATINI, 1987).

r) Argamassa de Assentamento

“É o elemento de ligação das unidades de alvenaria em uma estrutura única, sendo normalmente constituído de cimento, cal e areia” (MUTTI, 1998).

De acordo com SABBATINI (1984), as argamassas de assentamento não têm forma definida, mas possuem uma função específica: destinam-se ao assentamento de unidades de alvenaria. A argamassa de assentamento produz a junta de argamassa que é um componente com forma e funções bem definidas.

s) Junta de Argamassa

“É a lâmina ou cordão de argamassa endurecida, intercalado e aderente às unidades de alvenaria, que garante a monoliticidade da alvenaria” (CAVALHEIRO, 1996).

t) Revestimento

“Pode ser entendido como sendo o recobrimento de superfícies lisas ou ásperas, em uma ou mais camadas, com um mesmo material ou materiais distintos, via de regra com espessura uniforme, utilizado com finalidade de proteção e embelezamento” (POLISSENI, 1986).

u) Revestimento de Argamassa

Revestimento constituído por argamassa de natureza diversificada, aplicada em camadas sobre a parede, de modo a constituir superfície uniforme, com texturas lisa ou rugosa.

Os revestimentos de argamassas são constituídos de três camadas:

- i) Chapisco: “é uma camada de argamassa aplicada sobre o concreto ou alvenaria, com a finalidade de oferecer base ou superfície adequada ao emboço” (NBR 7200/82). Esta camada obtida pelo salpicamento de argamassa de areia e cimento contra uma base, tem a finalidade de melhorar a aderência entre a base e uma camada subsequente de argamassa.
- ii) Emboço: camada de argamassa, utilizando areia média, aplicada com a finalidade de ‘encorpar’ o revestimento e constituir base regular para a aplicação do reboco ou outro material de revestimento.
- iii) Reboco ou Massa Fina: camada de argamassa, utilizando areia fina, aplicada de maneira a constituir uma superfície lisa e uniforme. O reboco normalmente é aplicado sobre o emboço, havendo ocasiões em que é

aplicado diretamente sobre bases chapiscadas ou componentes com textura rugosa.

v) Graute

Elemento para preenchimento dos vazios dos blocos e canaletas para solidarização da armadura a estes elementos e/ou aumento de capacidade portante; composto de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e cal ou outra adição destinada a conferir trabalhabilidade e retenção de água de hidratação à mistura.

x) Diafragma

Elemento estrutural laminar, trabalhando como chapa em seu plano, e que, quando horizontal (laje) e convenientemente ligado às paredes resistentes, tem a finalidade de transmitir esforços de seu plano médio às paredes, devendo apresentar suficiente rigidez.

z) Nomenclatura Construtiva

Além dos conceitos básicos dos componentes e elementos que compõem a alvenaria é importante estabelecer definições gerais quanto à nomenclatura construtiva que deve ser empregada no estudo dos processos construtivos de edifícios. SABBATINI (1989) elaborou alguns destes conceitos, dentre os quais serão aqui adotados os seguintes:

- i) ***Técnica Construtiva***: é um conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção.

Segundo GAMA (1987), ***técnica*** é o conjunto de regras práticas para realizar determinadas atividades, envolvendo a habilidade do executor.

Deste modo entende-se por técnicas construtivas, as operações de elevação de uma parede de alvenaria, a montagem de uma fôrma de madeira para moldar uma laje de concreto, o assentamento de uma esquadria de janela, a fixação de uma porta, o assentamento de piso, o embutimento de canalizações elétricas ou hidráulicas, etc.

ii) **Método Construtivo**: é um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas (noção de precedência e seqüência), empregadas na construção de uma parte (subsistemas ou elementos) de uma edificação.

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

Como se vê a terminologia adotada subordina a técnica ao método e este ao processo. Todos estes três termos correspondem a modos de se produzir uma obra, sendo empregados para representar a transformação de objetos de uma para outra forma. Todos são conjuntos de operações, de procedimentos sistematizados que, no entanto, são termos para os quais adotam-se significados diferentes.

NOVAES (1996) comenta que o processo construtivo pode ser industrializado em meios em que se utilizam métodos e processos de produção em série de pré-fabricação total ou parcial; em que se emprega equipamentos mecânicos; em que se visa aumentar a qualidade, garantir a intercambiabilidade de componentes e diminuir custos, consumo de materiais e o tempo de produção; em que se usa intensivamente componentes e elementos produzidos em instalações fixas e acopladas no canteiro; em que se emprega preponderantemente técnicas industriais de produção, transporte e montagem e em que se aplica princípios da técnica industrial; produção em massa e em série; repetição de elementos, coordenação dimensional, uso intensivo de máquinas e especialização de mão-de-obra.

iv) *Sistema Construtivo*: é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.

CAVALHEIRO (1996) entende que *Sistema Construtivo* pode ser compreendido e utilizado como uma forma de macro identificar o tipo de estrutura. Assim, temos os sistemas construtivos em Concreto Armado, Concreto Protendido, Metálico, Madeira, Alvenaria Estrutural, etc.

A nomenclatura construtiva citada anteriormente obedece a uma hierarquia, de tal forma que o sistema construtivo depende dos processos empregados e cada um destes depende dos métodos aplicados, sendo esses identificados pelas técnicas utilizadas em cada atividade da construção.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas básicas. Na primeira parte foi realizado um amplo levantamento de dados a partir de visitas a obras em execução que utilizam o sistema de alvenaria estrutural com blocos de concreto ou cerâmicos, com vazados na vertical. A segunda etapa, experimental, apresentada no Capítulo V, aborda ensaios de avaliação de algumas técnicas que repercutem na qualidade da alvenaria.

3.2 LEVANTAMENTO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

O levantamento foi obtido através da aplicação de um questionário (Anexo I), composto de 150 perguntas, em 28 obras em fase de construção, utilizando o sistema construtivo de alvenaria estrutural.

Adotou-se a nomenclatura **obra**, durante todo o decorrer do trabalho, para identificar um conjunto de prédios que compõem um mesmo canteiro de obra, variando de 1 a 69 o número de prédios por canteiro.

O questionário foi respondido pelo engenheiro responsável pela execução em 17 obras, representando 60,71% do total das obras visitadas, pelo mestre de obras em 8 obras (28,57%) e pelo estagiário em 3 obras (10,72%).

Para limitação da amostra adotou-se os seguintes critérios para aplicação deste questionário:

- 1º) Altura dos prédios superior a 3 pavimentos;
- 2º) Alvenaria na fase de execução;

- 3º) Alvenaria executada com blocos de concreto ou cerâmicos;
- 4º) Pessoas com capacitação técnica para responder as perguntas;
- 5º) Obras localizadas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo;
- 6º) Finalidade da construção: residencial.

Na Tabela 1 encontra-se a lista das construtoras onde foram aplicados os questionários, o número de prédios previstos para serem construídos e o número de prédios na fase de execução e já executados em cada canteiro de obra, no momento da aplicação do questionário.

TABELA 1 – *Relação das construtoras visitadas e o número de prédios de cada canteiro de obras.*

Construtora	Estado	Prédios		
		Previstos	Em Execução	Executados
1) Administradora e Construtora Soma Ltda.	SP	38	10	-
2) Administradora e Construtora Soma Ltda.	SP	28	5	-
3) Administradora e Construtora Soma Ltda.	SP	25	5	1
4) Administradora e Construtora Soma Ltda.	SP	8	5	-
5) APL Incorporações e Construções Ltda.	SC	10	1	-
6) Apolo Ltda.	SP	1	1	-
7) Associação dos Trabalhadores sem Terra.	SP	32	24	8
8) BL Empreendimentos Imobiliários Ltda.	SC	4	2	1
9) Bortoncello Incorporadora Ltda.	RS	3	1	-
10) Construar S/A Construções Ltda.	SP	1	1	-
11) Construtora DHZ Ltda.	RS	4	3	-
12) Construtora Encomase Ltda.	RS	40	2	1
13) Construtora Ipoã Ltda.	SP	18	8	10
14) Elage Engenharia Ltda.	SP	21	6	1
15) Empreendimentos Master S. A.	SP	10	4	-
16) Empreendimentos Master S. A.	SP	69	19	-
17) Familiar Empreendimentos Ltda.	SP	2	2	-
18) Gamma Construções e Incorporações Ltda.	RS	5	2	3
19) Giasset Construções Ltda.	SP	6	2	-
20) Giasset Construções Ltda.	SP	7	1	2
21) Giasset Construções Ltda.	SP	16	1	-
22) Mitto Engenharia e Construções Ltda.	SP	13	13	-
23) Noreno Brasil Engenharia Ltda.	SP	3	1	-
24) Pereira Construções e Incorporações Ltda.	SP	5	1	-
25) Predial Cheren Empreendimentos Imobiliários	SP	8	1	1
26) Predial Cheren Empreendimentos Imobiliários	SP	6	1	-
27) Schahin Cury.	SP	10	4	6
28) Sispar Empreendimentos Imobiliários Ltda.	SP	10	2	6
Totais		403	128	40

O período necessário para responder o questionário era de, aproximadamente, duas horas. Logo após realizava-se uma seção de fotos de diversas etapas da obra. No final da coleta de dados chegou-se a um total de 645 fotos de várias situações visualizadas nas 28 obras pesquisadas.

Em função da existência de um grande número de técnicas construtivas utilizadas nas diversas etapas do sistema de alvenaria estrutural e mesmo todas apresentando grande importância, este trabalho limitar-se-á somente à análise dos seguintes tópicos das etapas da construção:

a) Fundação:

- tipo e profundidade;
- dimensões das vigas de fundação;
- concepção de cálculo.

b) Alvenaria

- tipos de blocos;
- espessura das paredes internas e externas;
- equipamentos utilizados para o assentamento dos blocos;
- existência de problemas de dimensões nos blocos;
- características importantes dos blocos (peso, absorção, sucção, etc.);
- número de profissionais por equipe;
- produtividade média diária dos pedreiros (m^2/dia);
- tipo de argamassa de assentamento;
- identificação dos componentes;
- dimensões dos recipientes utilizados para dosagem;
- cubagem dos materiais que compõem o traço de argamassa;
- tempo de descanso da cal com a areia;
- dimensões do recipiente de depósito da argamassa;
- equipamentos para os transportes horizontal e vertical;
- espessura da camada de nivelamento da primeira fiada;

- trabalho de eletricista concomitantemente com a execução da alvenaria;
- juntas vertical e transversal preenchidas;
- medidas adotadas para solução de juntas a prumo;
- espessuras das juntas de argamassa;
- detalhes apresentados na planta de primeira fiada;
- utilização de planta de segunda fiada;
- existência de elevações de todas as paredes;
- projeto elétrico integrado ao projeto de alvenaria;
- ensaios em argamassa, graute, blocos, prismas e pequenas paredes;
- resistências previstas;
- periodicidade de realização dos ensaios;
- formas de controle de qualidade na execução da alvenaria.

c) Aberturas

- dimensões das janelas, portas e vãos para aparelhos de ar condicionado;
- altura dos peitoris das janelas;
- utilização de peça pré-moldada nas aberturas;
- ferragem utilizada na verga e contra-verga;
- traspasse das vergas e contra-vergas para o interior da parede;
- forma de fixação das janelas e portas às paredes;
- cuidados especiais adotados em relação aos blocos, em torno das aberturas.

d) Instalações Elétricas

- projeto de alvenaria (elevações das paredes) previsto concomitantemente com o projeto elétrico;
- etapas da obra para fixação das caixas de luz;
- blocos proveniente de fábrica já com a abertura para fixação das caixas de luz;
- tubulações elétricas pelo interior de peças pré-moldadas ou canaletas grauteadas;
- presença de tubulações horizontais no interior das paredes;

- vãos maiores para caixas de comando previstos no projeto;
- tubulações elétricas descendo da laje (teto) ou subindo do piso para o interior das paredes.

e) Instalações Hidráulicas

- paredes consideradas hidráulicas;
- vinculação das paredes hidráulicas às estruturais;
- ligação de paredes hidráulicas na laje de teto;
- paredes hidráulicas construídas com blocos de vedação;
- tipos de *shafts* utilizados;
- formas de fechamento dos *shafts*;
- tipos de revestimentos das paredes hidráulicas;
- locais de utilização de forro falso;
- ocorrência de tubulações na horizontal e soluções utilizadas.

f) Escadas

- tipos;
- forma de vinculação.

g) Lajes

- tipos;
- espessuras;
- contra-piso;
- lajes de cobertura.

h) Revestimentos

- tipos e espessuras dos revestimentos interno e externo;
- utilização de chapisco;
- revestimentos de paredes hidráulicas.

O questionário na forma como foi utilizado junto às construtoras encontra-se no Anexo I.

3.3 ENSAIOS COMPLEMENTARES

Para obter-se tendências de desempenho de outras características julgadas importantes para o sistema construtivo de alvenaria estrutural, mesmo não sendo o escopo principal deste trabalho, foram realizados a avaliação do comportamento das alvenarias frente às ações do som e da água, além de verificado o decréscimo de resistência da argamassa nas primeiras horas após a mistura

Objetivando concentrar as informações pertinentes, a metodologia específica de cada ensaio encontra-se descrita no Capítulo V.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E COMENTÁRIOS DO QUESTIONÁRIO APLICADO

4.1 FUNDAÇÕES

A partir da análise dos dados, observou-se que os tipos de fundações e profundidades eram variados, em função das características de cada terreno, disponibilidade de equipamentos e recursos. Por estes motivos as profundidades das fundações oscilaram de 6 a 17 metros, sendo que não foram consideradas as profundidades das sapatas.

Na Tabela 2, onde são indicados os tipos de fundação, observa-se que a fundação com estacas cravadas foi a mais utilizada, representado 46,43% dos casos analisados. A justificativa da grande utilização deste tipo de fundação, além de seu excelente desempenho, é a grande difusão do mesmo no estado de São Paulo, onde concentra-se grande parte desta pesquisa.

TABELA 2 – *Tipos de fundações utilizadas nas obras de alvenaria estrutural pesquisadas.*

TIPO DE FUNDAÇÃO	NÚMERO DE OBRAS	PERCENTUAL (%)
Estaca Cravada	13	46,43
Estaca Rotativa	5	17,86
Sapata Corrida	3	10,71
Estaca 'Franki'	3	10,71
Tubulão	2	7,15
Estaca 'Broca'	1	3,57
Estaca 'Strauss'	1	3,57
Total	28	100,00

As vigas de fundação apresentavam concepções de cálculo diferentes, em função da conformação estrutural do prédio, principalmente quando havia pilotis na estrutura do mesmo.

Os critérios de cálculo das vigas de fundação, nas obras visitadas, obedeceram a condicionantes diversas:

- 1º) absorção de toda a carga da alvenaria, interligadas umas às outras;
- 2º) funcionamento em grupos separados e com balanços;
- 3º) funcionamento como grelha;
- 4º) união das estacas, na ocorrência de 'pilotis'.

Em se tratando da absorção de toda a carga da alvenaria, verificou-se que as vigas eram calculadas para absorver as cargas de todas as paredes sobre os vãos entre as estacas, sendo necessário vigas com grandes dimensões e alta densidade de ferragem.

Considerando o funcionamento em grupos separados e com balanços, o cálculo das vigas de fundação era semelhante ao anterior, mas os balanços permitiam uma maior uniformidade dos esforços. Esta situação foi observada em 5 obras.

Em termos de funcionamento como grelha, pode-se afirmar que esse tipo de consideração torna a estrutura mais segura quanto a eventuais recalques e reduz as dimensões e ferragens das vigas de fundações.

Quanto a união das estacas na ocorrência de pilotis, as vigas apresentavam dimensões bem inferiores às encontradas nos casos anteriores, decorrentes da função restrita de unir as estacas e não transmitir a carga da alvenaria para as fundações, porque havia pilares e vigas na estrutura de transição do prédio.

As dimensões das vigas oscilavam de 15 x 30 a 50 x 80 cm (largura x altura) e observou-se casos com grande variação das dimensões, para prédios com geometrias semelhantes.

É importante salientar que as vigas destinadas a absorver as cargas das alvenarias e conduzi-las para as estacas, devem ser projetadas levando em consideração as deformações das mesmas, porque podem ocorrer deformações excessivas, forçando o efeito arco na alvenaria, com surgimento de fissuras ou mesmo trincas.

4.2 ALVENARIA

A alvenaria foi dividida em vários sub-itens, decorrentes da diversidade de técnicas na aplicação dos métodos construtivos desse elemento.

4.2.1 BLOCO: TIPOLOGIA E USO

Bloco é o componente básico que, em conjunto com a junta de argamassa, compõe a parede. O bloco de concreto foi utilizado em 24 obras, representando a maioria das obras visitadas e os blocos cerâmicos utilizados em 4 obras, perfazendo o total das 28 obras pesquisadas, como pode ser observado na Figura 1.

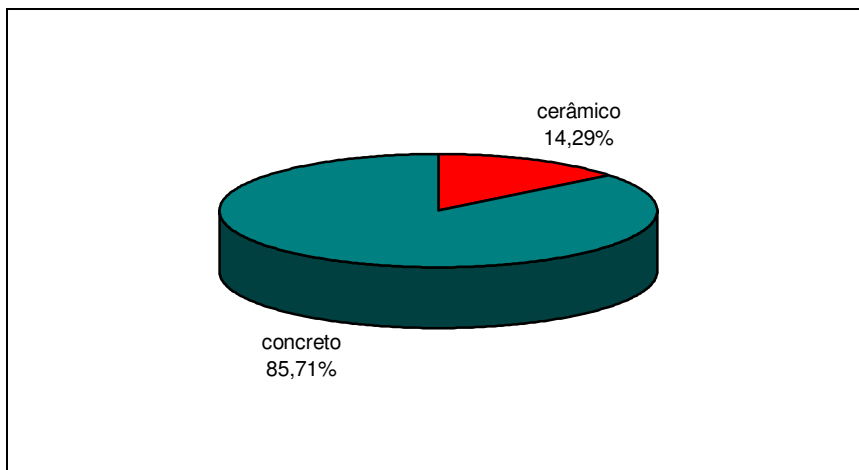


Figura 1 – Tipo de bloco utilizado.

Quanto à quantidade de diferentes peças empregadas, observou-se uma grande diversidade nesse item, porque havia obras que utilizavam três peças básicas enquanto outras dispunham de até 13 tipos de peças, conforme mostra a Tabela 3.

TABELA 3 – *Número de tipos de peças utilizadas para a construção de prédios em alvenaria estrutural.*

Nº DE PEÇAS	Nº DE OBRAS	Nº DE PAVIMENTOS	(%)
3	2	4	7,14
4	4	5,8,10,17	14,29
5	11	4,8,9,11,12,18	39,29
6	2	9,11	7,14
7	3	4,7	10,71
8	3	4,10,15	10,71
9	2	12,15	7,14
13	1	6	3,57

As principais peças são: bloco, meio bloco, canaleta, meia canaleta e hidráulico (vedação), sendo que os demais tipos são utilizados para solucionar problemas específicos, tais como juntas a prumo, modulações, passagens de tubulações, etc.

Os tipos de peças estão vinculados aos requisitos de projeto e capacidade de produção dos fornecedores, mas é importante salientar que, quando há um pequeno número de tipos, ocorre a necessidade de quebras e improvisações para soluções de problemas nas amarrações. Em contrapartida, se o número de tipos de blocos aumentar demasiadamente, poderá haver queda na produtividade durante o assentamento.

Na Figura 2 observa-se a tipologia de vários blocos, tanto de concreto como de cerâmica, projetados para soluções de diversas situações quotidianamente presentes em obra.

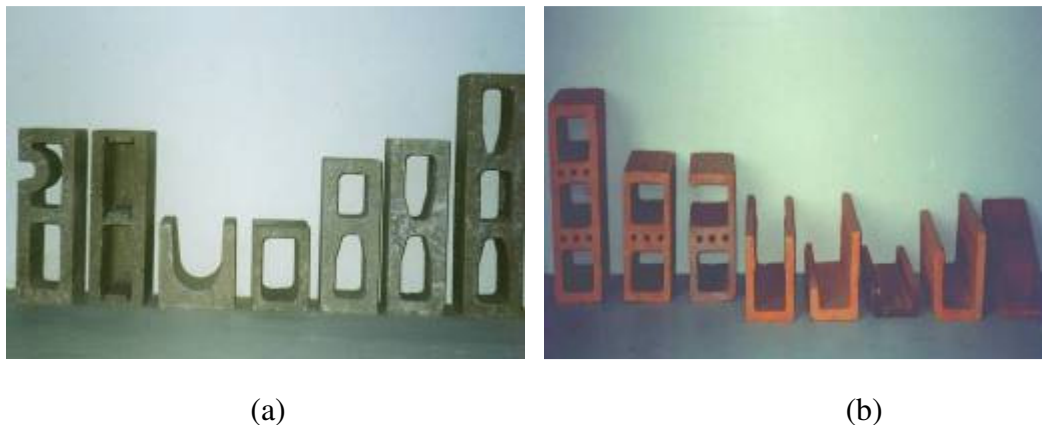


Figura 2 – Blocos estruturais de concreto (a) e de cerâmica (b).

As resistências médias características especificadas para os blocos utilizados nas obras variaram de 4,5 a 20 MPa, respeitando as recomendações de cálculo em função dos esforços solicitantes.

Observou-se que nas obras que utilizavam o bloco canaleta, com parte inferior fechada, havia quebras de várias peças localizadas nas alvenarias já executadas, como consequência da necessidade de passagem de tubulação elétrica, hidráulica ou ferragem, pela canaleta.

Essa constatação também foi observada nas obras construídas com peças cerâmicas em forma de ‘U’, ‘J’ e ‘L’, assentadas na última fiada. Devido ao processo de fabricação é difícil a confecção de furos para passagem de tubulações e, em decorrência dessa limitação, havia a necessidade de perfurações com ferramentas inadequadas, causando irregularidades nas aberturas e algumas vezes comprometimento da peça. Aconselha-se a adoção de equipamentos que possibilitem a confecção de furos circulares que permitam a passagem de tubulações ou ferragem, pelo interior da canaleta, sem dano à peça.

Outra peça utilizada foi o compensador, tendo como finalidade completar a modulação horizontal, em função do projeto arquitetônico ou das dimensões dos blocos utilizados não serem modulares com a unidade básica, necessitando de complemento.

Nas obras pesquisadas, 8 (28,57%) adotaram este recurso técnico para solucionar problemas de modulação, como pode ser observado na Figura 3b. Entretanto a adoção deste tipo de peça pode reduzir a produtividade e dificultar a passagem de tubulações e ferragens em seu interior. Por estes motivos é importante detalhar a localização dos mesmos nas elevações das paredes.

Em algumas obras, por não utilizarem esse tipo de peça, houve a necessidade de improvisações, tais como:

- aumento da espessura da argamassa na junta vertical;
- preenchimento com graute de vazados verticais, entre os blocos, com espessura superior a 2 cm (Figura 3a);
- utilização de outros materiais para fechamento dos vãos.



(a)



(b)

Figura 3 – Parede sem compensador sendo completada a modulação com graute (a) e parede com compensador (b).

4.2.2 TRANSPORTE DOS BLOCOS

Verificou-se que a maioria dos fabricantes de blocos dispunham de estrutura para entrega de blocos em *pallets*, não sendo este mecanismo aproveitado, no entanto, em grande parte das obras. Somente 6 obras (21,43%) dispunham de grua para transporte vertical e destas, apenas 4 obras (14,29%) a utilizavam para o transporte de blocos diretos sobre *pallets*.

A grua proporciona versatilidade para a obra, facilitando significativamente o trabalho, reduzindo o número de pessoas e os movimentos horizontais de materiais, principalmente ao se considerar as condições de tráfego em um canteiro de obra. Quanto maior o número de vezes que o bloco é manejado, maior a probabilidade de ocorrer quebras, bem como necessidade de pessoal.

O equipamento mais utilizado para o transporte vertical de blocos era o elevador para transporte de cargas, sendo este adotado em 21 obras (75,00%). Este equipamento possui limitações técnicas mas, mesmo assim é muito utilizado nas obras no Brasil, independentemente do sistema construtivo adotado.

Uma obra (3,57%) utilizou guincho manual para transporte vertical de material, necessitando de elevada energia humana, tendo pouca agilidade e apresentando grandes problemas quanto a segurança. Por estes motivos este meio é considerado inadequado para a construção de prédios.

Para o transporte horizontal de blocos verificou-se, com grande frequência, a utilização de carrinhos com duas rodas pneumáticas semelhantes ao da Figura 4, sendo estes os mais indicados para este tipo de atividade. Entretanto, em algumas obras, ainda utilizavam o tradicional ‘carrinho-de-mão’.



Figura 4 – Carrinho com rodas pneumáticas, adequado para transporte horizontal de blocos.

4.2.3 CUIDADOS COM OS BLOCOS ANTES, DURANTE E APÓS O ASSENTAMENTO

Na análise deste item observou-se que somente 5 obras (17,86%) adotavam cuidados de proteção dos blocos, quanto à intempéries, antes do assentamento. Esta proteção era feita através de lonas e estrados evitando, desta forma, a ação direta de variações de temperatura e umidade.



Figura 5 – Blocos armazenados na obra sobre estrados de madeira e protegidos, da ação direta de intempéries, com lona plástica.

Os blocos de concreto não devem ser molhados antes ou durante o assentamento. Esta prática, comum em outros tipos de unidades de alvenaria, para equilibrar a sucção de água da argamassa e garantir uma boa aderência, não deve ser empregada para blocos de concreto, devido ao fenômeno de retração na secagem. Caso esta retração seja restringida, como normalmente ocorre quando o bloco faz parte de uma parede, desenvolvem-se tensões de tração que podem dar origem a fissuras. Neste caso, a argamassa é que deve reter água para garantir a aderência adequada entre a unidade e a junta.

Para blocos cerâmicos é importante conhecer o índice de absorção inicial dos mesmos (sucção), o qual deve ser fornecido pelo fabricante, podendo também haver necessidade de proteção dos mesmos ou definição da condição necessária de molhagem para não haver absorção da água de hidratação do cimento contida na argamassa, em caso de blocos de elevado poder de sucção. Nas obras analisadas, no entanto, esses dados não eram fornecidos pelos fabricantes de blocos, ficando na dependência da experiência da pessoa a executar a alvenaria, a definição do tempo e forma de molhagem necessária dos blocos cerâmicos para regular a sucção de água.

Verificou-se que em 15 obras (53,57%) havia necessidade do emprego de blocos de diferentes resistências, em função das dimensões dos prédio. Observou-se, entretanto, cuidados especiais para evitar trocas de lotes de blocos, como:

- a) pinturas de faixas com cores diferenciadas nas pilhas de blocos armazenados, em função das resistências;
- b) placas identificando a resistência nas pilhas de blocos;
- c) ranhuras diferenciadas nos blocos, provenientes da fábrica, para identificar diferentes resistências;
- d) organização do canteiro de obra através do cronograma de entrega (utilizado para volume pequeno de obras);
- e) espessuras diferenciadas das paredes das unidades (de mesmo f_{ck}), consequentemente variando a resistência e o peso das mesmas;
- f) análise visual da coloração dos blocos;
- g) variação dimensional.

Será dada ênfase maior aos dois últimos itens, para que sejam evitados em outras obras, porque facilitam a ocorrência de erros na identificação de resistência das unidades.

Quanto ao item *análise visual da coloração de blocos* foi observado que, em relação ao modo como eram identificados os diferentes níveis de resistência dos blocos, tanto em obras com blocos cerâmicos como de concreto, ao se questionar tal item, afirmava-se que a identificação era pela coloração das unidades: caso os blocos fossem mais escuros representavam uma resistência maior e os de coloração mais clara indicavam menor resistência.

No item *variação dimensional* foi observado que em obras que utilizavam blocos cerâmicos, a identificação de diferentes resistências era pelo tamanho dos blocos dos lotes provenientes da fábrica: dimensões menores significavam maior resistência e dimensões maiores representavam menor resistência.

Este fator dimensional gerava problemas na modulação das fiadas, havendo necessidade de um aumento na espessura das juntas horizontais e verticais e aumento das juntas de argamassa acarreta prejuízo ao desempenho da alvenaria.

Após o assentamento dos blocos, somente uma obra (3,57%) realizava a proteção da alvenaria contra intempéries e, como fator agravante, em vários conjuntos visitados, verificou-se o assentamento da alvenaria com as paredes molhadas pela chuva e, ainda em alguns casos, o assentamento de blocos com a incidência de chuvas fracas. Este fato poderá reduzir a aderência argamassa/bloco, favorecendo a ocorrência de patologias nas alvenarias.

4.2.4 PROJETOS DE EXECUÇÃO DA ALVENARIA

Uma das plantas mais utilizada nas obras de alvenaria estrutural (em 100% dos casos observados) era a de 1ª fiada, sendo que, em alguns casos, esta planta apresentava alguns detalhes diferentes daqueles convencionalmente adotados nos projetos.

Os detalhes mostrados com maior frequência, nesta planta, eram os seguintes:

- posição de cada bloco, com representação dos vazados ou não;
- dimensões das peças (dormitórios, sala, cozinha, banheiros, circulação, etc.);
- localização das portas;
- dimensões dos vãos das portas;
- tipos de blocos;
- blocos com armaduras no interior dos vazados;
- blocos grauteados;
- convenções.

Em alguns casos, na planta de primeira fiada, outros detalhes eram mostrados, tais como:

- localização de pontos elétricos (tomadas, interruptores, CD, etc.);
- posições das janelas com suas respectivas medidas e altura do peitoril;
- posições das tubulações hidráulicas na alvenaria.

Com o acréscimo destes detalhes, na planta de primeira fiada, a função das elevações era somente sanar algumas dúvidas que porventura surgissem quanto à amarração da alvenaria.

O incremento de detalhes na planta de primeira fiada pode facilitar a execução da alvenaria, em função de que o pedreiro dispõe somente de uma planta para praticamente todas as paredes, diminuindo o deslocamento e manuseio de muitos projetos.

Outra planta usada em quase todas as obras era a das elevações das paredes (paginação), na qual eram representados:

- amarrações dos blocos;
- amarração de paredes;
- posições de ferragens;
- vãos de janelas e portas;
- blocos grauteados;
- localização de peças pré-moldadas;
- vergas e contra-vergas;
- cintas.

Em alguns casos eram acrescentados detalhes nas elevações das paredes como:

- posições de interruptores;
- tomadas;
- tubulações hidráulicas;
- ferragens construtivas; etc.

Somente 6 obras (21,43%), dos casos analisados, utilizavam, para a execução da alvenaria, a planta de 2^a fiada. Nesse sentido, verifica-se que para executar a alvenaria não há necessidade específica dessa planta, uma vez que sua grande importância está na fase de projeto.

Observou-se que em 3 obras (10,71%) havia um cuidado especial com os projetos de execução. Construiu-se um ambiente metálico, semelhante a uma cabina, para guardar os projetos. O objetivo era proteger os mesmos da ação do tempo, facilitar a leitura em condições adversas, evitando o constante manuseio e desgaste. Este recinto, ilustrado na Figura 6, era de pequena dimensão e deslocado de andar para andar, de acordo com a evolução dos trabalhos de alvenaria.



Figura 6 – Cabina móvel para armazenar plantas e outros objetos no andar de execução da alvenaria.

4.2.5 AMARRAÇÕES DAS PAREDES

Os princípios de construtibilidade também foram empregados na concepção de detalhes de ligação entre os painéis estruturais. Comumente encontra-se como soluções para estas ligações a colocação de reforços metálicos nas juntas horizontais entre os painéis, ou vazados grauteados dos blocos.

A necessidade destes tipos de ligações, em geral, decorre da não utilização de modulação planimétrica, em função do fornecedor de blocos não dispor de blocos especiais para proporcionar junta em amarração das paredes. Estes detalhes mostraram-se de difícil execução, além de interromperem os serviços normais de assentamento, diminuindo sensivelmente a produtividade.

Os tipos de amarrações mais frequentes são em ‘L’, ‘T’ ou em ‘X’, sendo que os dois últimos necessitam de providências adicionais para execução das amarrações.

Em 21 obras (75,00%) havia juntas a prumo, decorrentes da inexistência de peças especiais para completar a modulação. Mas em alguns desses casos havia possibilidade da realização de juntas em amarração, entretanto, por opção do calculista, visando principalmente aumentar a produtividade, optou-se pela junta a prumo nas ligações com as paredes externas.

Como não havia intertravamento de blocos, principalmente nos cantos, foram utilizados artifícios técnicos para contornar esta situação como:

- ferragem horizontal em forma de estribo colocada na junta de argamassa (Figura 7a);
- tela metálica horizontalmente nas junta de argamassa (Figura 7b);
- ferragem horizontal em forma de 'L' colocada na junta de argamassa (Figura 7c);
- ferragem em forma de 'U' na vertical, colocada nos vazados de dois blocos (Figura 7d);
- ferragem em forma de 'L duplo', colocando uma parte em um vazado do bloco (vertical) e a outra na junta (horizontal) de argamassa de outro bloco (Figura 7e);
- ferragem em forma de 'U duplo' na vertical, colocada entre os vazados de dois blocos (Figura 7f);

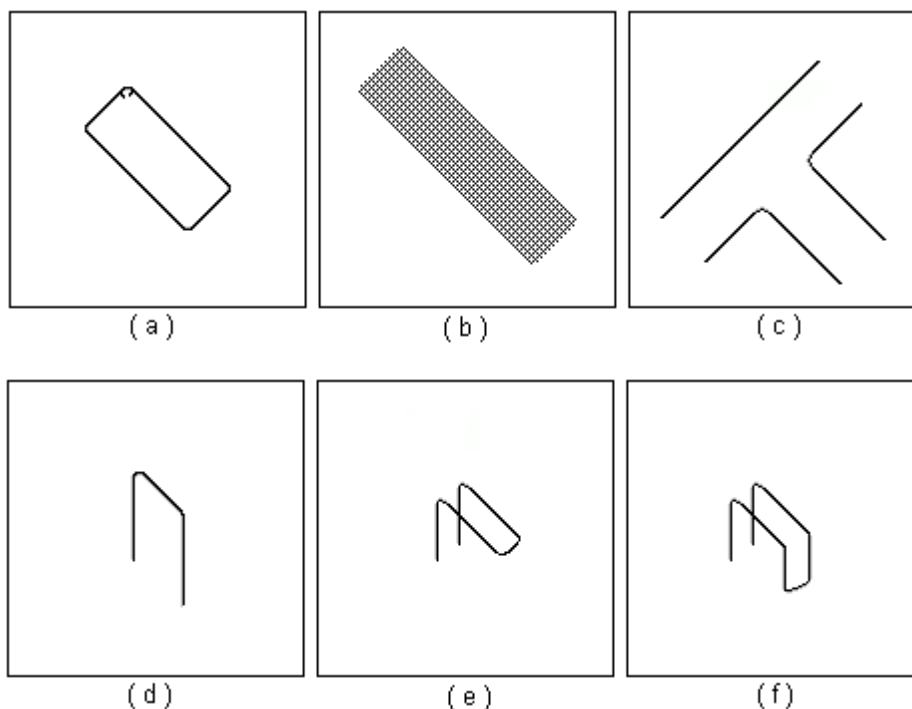


Figura 7 – Elementos metálicos utilizados nos encontros de paredes com junta a prumo.

As peças metálicas eram colocadas a cada duas ou três fiadas de bloco e o diâmetro variava de 3,2 a 8 mm, independente do número de pavimentos ou localização das amarrações, seguindo as determinações do calculista ou, até mesmo, decisão do próprio mestre de obras no momento da execução da alvenaria.

A colocação desta ferragem é, de certa forma, aleatória porque não existe cálculo específico para esta situação relatado em bibliografia nacional, bem como justificativa dos engenheiros para o diâmetro de ferragem e espaçamento horizontal nas fiadas.

A ferragem utilizada para realizar o papel da amarração física da alvenaria ficava muito suscetível a problemas durante a execução. Isto foi verificado nas ferragens colocadas sobre as juntas de argamassa porque, em função da pequena espessura da junta e certa rigidez da ferragem, dificilmente obtinha-se uma adequada aderência da mesma na junta de argamassa, conseqüentemente, a armadura ficava solta sobre o bloco, não cumprindo o papel para o qual foi especificada.

Independente das amarrações das paredes, deve-se tomar precauções com relação a paredes de grandes comprimentos, as quais necessitam juntas de controle.

4.2.6 TIPOS E CARACTERÍSTICAS DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Na Figura 8 são mostrados os tipos de argamassa utilizados para o assentamento dos blocos nas obras analisadas.

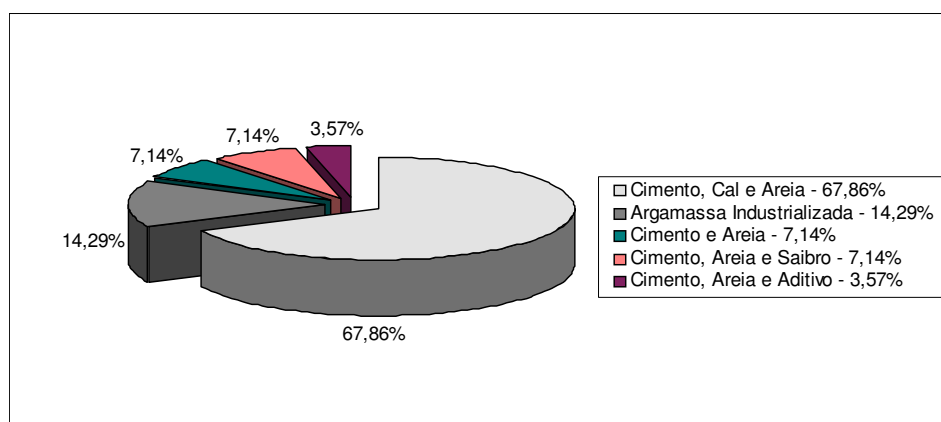


Figura 8 – Tipos de argamassa de assentamento encontrados.

A argamassa mais utilizada para o assentamento de blocos, nas obras analisadas, foi a mista de cimento, cal e areia, a qual apresenta importantes propriedades.

O cimento e a areia proporcionam uma alta resistência, mas baixa retenção de água; isto deixa a parede muito resistente, mas vulnerável à fissuração e à penetração da chuva. Já a combinação de cal (ou os finos argilosos do saibro), cimento e areia produz efeito contrário, baixas resistências e alta retenção de água; paredes que usam este tipo de argamassa têm baixas resistências, particularmente iniciais, se comparadas com as executadas com argamassa de cimento e areia, mas em contrapartida possuem excelente deformabilidade, o que diminui a abertura das fissuras e, decorrentemente, melhora a estanqueidade.

No meio destes dois extremos, uma combinação equilibrada de cimento, cal e areia produz uma argamassa dotada de cada uma das boas propriedades

anteriormente citadas, onde se combina a resistência dada pelo cimento com a trabalhabilidade e retenção de água dadas pela cal (ou saibro).

As vantagens de se usar argamassa mista (cimento + cal ou saibro e areia), são:

1) No estado plástico:

- maior retenção de água;
- maior tempo de manuseio;
- mistura com coesão;
- maior capacidade de incorporação de areia.

2) No estado endurecido:

- melhoria da aderência;
- maior resiliência;
- baixa eflorescência;
- colmatação de fissuras.

Constatou-se que a maioria das obras analisadas utilizava a cal hidratada na composição do traço de argamassa para assentamento. Mas é importante salientar que em somente 4 obras (14,29%) a mistura da cal, água e areia ficava em descanso.

Segundo SABBATINI (1986), quando se utiliza a cal hidratada (em pó) um requisito de grande importância é deixar a argamassa ‘descansar’. A cal deve ser misturada com a areia e água no mínimo 16 horas antes de seu emprego na argamassa. Esta prática, denominada de ‘descanso’, é recomendável porque o hidróxido de cálcio na forma de cal hidratada, não encontra-se bem hidratado e é necessário mantê-lo sob condições de umidade durante certo tempo, obtendo-se assim um produto bem hidratado e em condições de desenvolver todo seu potencial de resistência, além de melhorar a trabalhabilidade.

Foram realizados trabalhos de pesquisa na Universidade Federal de Santa Maria, onde analisou-se propriedades de argamassas mistas compostas de cimento

pozolânico, cal hidratada e areia média lavada. Neste trabalho variou-se o tempo de descanso da mistura intermediária de areia e de cal, com 75% da água prevista, para posterior agregação do cimento.

As propriedades analisadas foram retenção de água, resistência à compressão e aderência em blocos cerâmicos. Os melhores resultados foram obtidos a partir de 48 horas de descanso da areia misturada à cal, mostrando-se este o período adequado para melhor hidratação de algumas partículas da cal, que durante o processo de industrialização, não sofrem completa hidratação.

Outro fato importante verificado é a existência de placa de identificação do traço de argamassa nas obras, mas constatou-se esta prática em apenas 3 obras (10,71%). Apesar de parecer apenas um detalhe, esse fato tem sua importância, principalmente em obras de maior porte onde ocorrem variações nos traços de argamassa em função da altura do prédio.

TRAÇO PARA USO NOS PAVIMENTOS		
TERREO		
1º TIPO		
2º TIPO		
3º TIPO		
TRAÇO ARGAMASSA FCK 10 MPA	GROUT FCK 20 MPA	CONCRETO FCK 18,0
01 saco de cimento	01 saco de cimento	01 saco de cimento
03 padiola de areia 28x35x45	02 padiola de areia 22x35x45	02 padiola de areia 27x35x45
15 Kg. de cal	02 padiola de pedrisco 22x35x45	01 padiola de brita I 26x35x45
30 lts. de água	05 Kg. de cal	01 padiola de brita II 28x35x45
	24,5 lts. de água	22 lts. de água

Figura 9 – Placa de identificação dos traços de argamassa, groute e concreto.

O controle de qualidade da argamassa era realizado através de ensaios de resistência à compressão em corpos de prova cilíndricos (5x10 cm). A frequência de realização deste ensaio era variada, estando vinculada às diversas etapas das obras.

A NBR 8798/85 – *Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto*, prescreve que na ausência de outras informações, o lote deve corresponder à argamassa ou ao graute utilizado em no máximo um andar, ou uma semana de produção, ou 200 m² de área construída, ou 500 m² de parede, prevalecendo a menor quantidade.

TABELA 4 – *Períodos de realização de testes de resistência à compressão em argamassas.*

CONDIÇÃO	Nº DE OBRAS	(%)
Cada andar	1	3,57
Intervalo de dois andares	6	21,43
Somente no início da obra	4	14,29
Mudança de faixa de resistência	2	7,14
Eventualmente (não obedecem critérios definidos)	7	25,00
Não controlavam	8	28,57

Verifica-se através da Tabela 4, que a maioria das construtoras não realizavam o controle da resistência da argamassa na periodicidade recomendada pela norma. Isto é uma preocupação que deve ser externada aos técnicos responsáveis pelas mesmas, salientando a importância destes ensaios para garantir o desempenho adequado da alvenaria.

Durante a confecção da argamassa, moldava-se prismas de dois ou três blocos para avaliação da resistência dos mesmos. Este procedimento foi observado em 17 obras (60,71%), mas com a seguinte ressalva: a grande maioria só o realizava no início da obra ou a cada mudança de resistência do bloco.

A mudança nos traços de argamassa, em função da altura da obra, pode gerar alguns transtornos, mas apresenta algumas vantagens de ordem econômica e de prevenção patológica.

Para exemplificar esta situação relata-se o caso de um prédio com 17 pavimentos, no qual foi utilizado uma argamassa de $f_a = 22$ MPa do primeiro ao

último pavimento. Nesta situação podem ocorrer dois problemas: consumo excessivo de cimento e junta de argamassa demasiadamente rígida. Segundo SABBATINI (1986), uma das funções da junta de argamassa, no estado endurecido, é proporcionar resiliência à estrutura, isto é, dar possibilidade à argamassa de microfissurar, absorvendo deformações provenientes de variações térmicas, umidade ou pequenos recalques diferenciais na estrutura. Como esta argamassa apresentava resistência quase o dobro da resistência do bloco, possivelmente surgirão patologias nesta edificação.

GOMES (1983) realizou ensaios de resistência à compressão em paredes de blocos cerâmicos de resistência máxima de 15,3 MPa, variando a resistência da argamassa, e verificou que as argamassas de maior resistência possibilitam a construção de paredes mais resistentes. No entanto, estas paredes apresentam ruptura excessivamente frágil e não acompanham os eventuais movimentos da estrutura. Por outro lado, as argamassas de baixa resistência não absorvem as imperfeições existentes nos blocos, não distribuindo as tensões corretamente, apresentam menor resistência à tração, menor aderência e sofrem desgastes nas paredes externas não revestidas.

A resistência ideal da argamassa para alvenaria estrutural sugerida por GOMES (1983) deve ser superior a 70% da resistência do bloco (área bruta) e nunca ultrapassar a resistência do mesmo.

Analisando ainda a argamassa de assentamento, observou-se que em 4 obras a resistência da argamassa variava em função da altura do prédio. Em 16 obras (57,14%) era utilizado o mesmo traço de argamassa do primeiro ao último andar, como pode ser constatado através da Figura 10, independentemente da resistência dos blocos. Em 8 obras a resistência da argamassa era desconhecida.

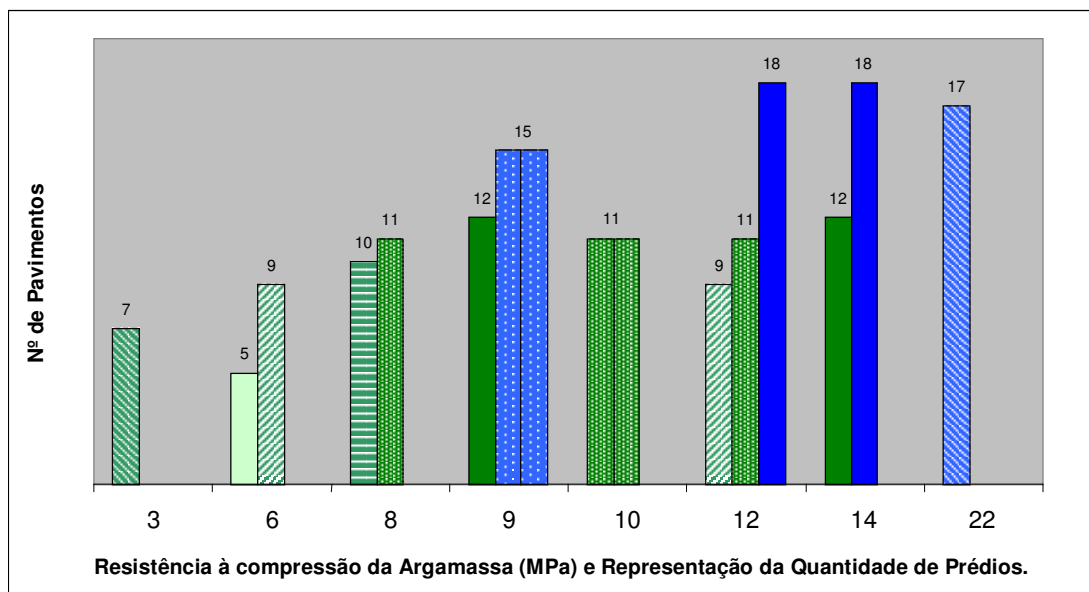


Figura 10 – Resistência à compressão da argamassa para diferentes alturas de prédios.

4.2.7 MISTURA, TRANSPORTE E ARMAZENAGEM DA ARGAMASSA

A partir da investigação das questões de mistura, transporte e armazenagem da argamassa, observou-se que o equipamento mais utilizado para a mistura de argamassa é a betoneira. A constatação foi feita em 24 obras (85,71%), uma vez que a técnica é funcional, mas necessita um maior número de pessoas para realizar a adição dos componentes e o transporte da argamassa, quando comparado com o misturador utilizado no andar.

Na Figura 11, é possível observar que a produção de argamassa encaminha-se para uma maior racionalização. Isto é constatado, por exemplo, na utilização do misturador de argamassa com eixo horizontal no local em que esta sendo executada a alvenaria, com argamassa industrializada acondicionada em sacos. Este procedimento de confecção de argamassa era utilizado em 4 obras (14,29%).

As vantagens de se utilizar essa técnica para confecção de argamassa são diversas, mas destacam-se as seguintes:

- não há necessidade de locais amplos para armazenar cimento, cal e areia, necessitando-se somente de um ambiente protegido para depósito dos sacos de argamassa;
- redução de tempo e de equipamentos para o transporte de materiais (padiolas, carrinhos, pás, etc.);
- facilidade de limpeza do ambiente onde a argamassa é misturada à água;
- necessidade de uma única pessoa para operar o equipamento, incluindo nesta operação a alimentação, mistura e transporte da argamassa até o local de utilização;
- materiais dosados na indústria ou em local apropriado, reduzindo a probabilidade de erros na confecção dos traços ou nas proporções das misturas;
- dosagem automática da quantidade de água a ser adicionada para confecção da argamassa.



Figura 11 – Misturador de argamassa industrializada com eixo horizontal localizado próximo à alvenaria em execução.

Já o trabalho de mistura de argamassa com betoneira necessita de mais etapas para sua execução. Este iniciava-se pelo transporte por padiolas, que são caixas de madeira ou metálicas transportadas, na grande maioria das vezes, por duas pessoas,

ou então levadas por ‘carrinhos de mão’. Ambos funcionavam como dosadores de materiais que compõem o traço. Após a mistura, a argamassa era transportada até o local de assentamento dos blocos com carrinhos de mão, giricas ou com recipientes específicos da grua.

Um dos itens analisados na pesquisa foi o local onde a argamassa ficava armazenada antes do assentamento, bem como o tempo de espera até sua utilização. Foi observado em 2 obras (7,14 %) depósitos de grandes dimensões de argamassa pronta (com cimento), como pode ser observado da Figura 12, onde a mesma permanecia por períodos de 2 a 6 horas até ser totalmente consumida. A influência do tempo de espera, após mistura dos componentes da argamassa, na sua resistência, é descrita na seção 5.3.



Figura 12 – Local com grandes dimensões para depósito de argamassa de assentamento.

O recipiente onde depositava-se a argamassa, utilizado individualmente pelos pedreiros para assentamento dos blocos, era de dimensões e formas variadas. Para o assentamento da alvenaria, esses pequenos depósitos ficavam localizadas sobre a laje onde estava sendo executada a alvenaria e a partir da 6^a ou 7^a fiadas de blocos, os mesmos eram colocadas sobre os andaimes.

Observou-se que em 4 obras (14,29%) havia preocupações quanto a ergonomia nos trabalhos de assentamento de blocos realizados pelos pedreiros. Nestes casos eram utilizadas pequenas estruturas metálicas com vários níveis, onde colocava-se a caixa de argamassa na altura que melhor se adequasse ao pedreiro, como é mostrado na Figura 13. Além disso, esta estrutura possuía rodas, possibilitando o deslocamento da mesma de acordo com o deslocamento do pedreiro ao longo da parede.



Figura 13 – Estruturas de colocação da caixa de argamassa para execução da alvenaria.

É importante salientar que as dimensões e formatos dos recipientes, onde eram armazenadas as argamassas utilizadas para a execução da alvenaria, dependiam da ferramenta utilizada para o assentamento dos blocos. Por exemplo, ao se utilizar a colher de pedreiro não havia muita limitação quanto ao formato, mas quando se tratava do uso da ‘canaleta’ ou da ‘palheta’ devia existir adequação às características desse equipamento, facilitando, dessa forma, a retirada de argamassa do interior do recipiente.

Verificou-se que em 18 obras (64,29%) eram utilizados recipientes para depósito da argamassa de assentamento com forma retangular (Figura 14a), enquanto

que em outras 10 obras (35,71%) estes eram circulares, construídos a partir de pneus de carro (Figura 14b).



(a)

(b)

Figura 14 – Recipientes, retangular (a) e/ou circular (b), para depósito de argamassa de assentamento.

4.2.8 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA ELEVAÇÃO DAS PAREDES

Para racionalizar a execução do plano vertical da alvenaria pode-se empregar ‘escantilhões’. Estes equipamentos funcionam como gabaritos que materializam o prumo, o nível, o alinhamento e as distâncias entre fiadas, eliminando a necessidade de construções dos tradicionais ‘castelos’ nas extremidades das paredes. De acordo com SABBATINI (1989), esta técnica traz grandes vantagens para o aumento da produtividade da mão-de-obra, pois na técnica tradicional, cerca da metade do tempo de construção de uma parede é gasto na execução dos ‘castelos’. Empregando escantilhões, o pedreiro controla facilmente o nível e o prumo, reduzindo o tempo e os deslocamentos para execução da alvenaria. Porém, de acordo com o levantamento de dados verificou-se que em apenas 2 obras (7,14%) era empregado este equipamento, sendo que sua pouca utilização parece estar ligada à dificuldade de sua fixação na laje ou na parede. Outro fator que influi no pouco uso dos escantilhões é a resistência, por parte dos operários, em empregar novas tecnologias.

A fixação dos escantilhões nas obras referidas acontecia na própria alvenaria, através de fios de arame colocados nas juntas de argamassa, fixados em pequenos

castelos, de três a quatro fiadas, construídos nos extremos das paredes. Estes escantilhões eram de alumínio e com graduação de 20 em 20 cm na altura, adequadamente prumados e nivelados, conforme pode-se observar na Figura 15.



Figura 15 – Escantilhão usado em obras de alvenaria estrutural.

Em qualquer das técnicas empregadas para o assentamento dos blocos é fundamental que a camada ou filete de argamassa de assentamento, a ser distribuída, possua um ligeiro excesso de material, de modo que seja necessário uma pequena pressão das unidades com a mão ou equipamento adequado, no sentido de se atingir a espessura ideal da junta, especificada em projeto. Este procedimento é importante para melhorar a aderência, tendo sido observado nas 28 obras analisadas.

Para se atingir a espessura desejada da argamassa de assentamento, muitas vezes eram dadas batidas no bloco, com o intuito de acomodar o mesmo, mas este

procedimento é questionado por alguns pesquisadores. Os mesmos afirmam que isto pode resultar na redução da aderência argamassa/bloco, prejudicando algumas características importantes da alvenaria. A cultura construtiva repassada de geração a geração de profissionais na construção civil é favorável as tradicionais batidas nos blocos. Os profissionais, quando questionados sobre este assunto, alegavam ser praticamente impossível a execução da alvenaria sem este procedimento.

Nível, prumo e esquadro foram ferramentas utilizadas em todas as obras, sendo estas consideradas básicas para a execução de qualquer tipo de alvenaria. Outra ferramenta de grande importância utilizada em algumas obras era a régua metálica com bolhas, para verificar o nível, o prumo e a planicidade das paredes (Figura 16).

O comprimento destas réguas variava de 1 a 2,5 metros com 1 a 5 bolhas. As réguas com 5 bolhas eram compostas de 2 bolhas extremas para ajuste do prumo e 3 bolhas, localizadas no terço central, para ajuste do nível.

4.2.9 EXECUÇÃO DA PRIMEIRA FIADA

A primeira fiada exerce um papel fundamental na resistência, nivelamento, esquadro e planimetria das alvenarias. Qualquer erro na execução desta fiada repercutirá nas demais, dificultando o trabalho do pedreiro e comprometendo a qualidade da parede.

A espessura de argamassa para nivelamento da primeira fiada deve ser de 1,0 cm, mas, muitas vezes, ocorrem problemas decorrentes do processo de concretagem, bem como dos tipos de fôrma e de escoramento da laje, exigindo espessuras maiores para nivelá-la. Em algumas obras esta espessura era superior a 2,0 cm, necessitando-se adicionar mais cimento na argamassa para aumentar a resistência, em função da espessura ser superior a recomendada. A espessura máxima encontrada, nas obras analisadas, foi de 5,0 cm.

Os blocos de canto da alvenaria eram assentados primeiramente, com redobrado cuidado e, em alguns casos, utilizavam régua de nível de precisão para verificação do correto alinhamento, nível e prumo dos blocos.

Os cantos ou castelos das paredes eram construídos mais altos, geralmente cinco ou seis fiadas a mais em relação ao trecho central da parede. A cada fiada assentada no canto da parede eram verificados, com a régua, o alinhamento, o nível e o prumo, esta última operação mostrada na figura 16a.

Na figura 16b observa-se que a planeza do castelo, em certos casos, era verificada também com o auxílio da régua metálica, procurando-se o alinhamento de várias fiadas simultaneamente.



(a)



(b)

Figura 16 – Régua metálica com bolhas utilizada para verificação do nível, do prumo (a) e da planicidade (b) da alvenaria.

4.2.10 JUNTA DE ARGAMASSA

A argamassa de assentamento, quando endurecida, forma a junta de argamassa que é um componente com forma e funções bem definidas, como já foi mencionado neste trabalho.

Segundo o Código *Walling* da *British Standards Institution* (BSI) apud SABBATINI (1984), as funções primárias das juntas de argamassa em uma parede de alvenaria são:

- a) unir solidariamente as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços laterais;
- b) distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos;
- c) absorver as deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita;
- d) selar as juntas contra a penetração de água da chuva.

SAHLIN (1971), diz que é razoável assumir que a resistência à compressão da alvenaria diminui em aproximadamente 15% para cada aumento de 3 mm na espessura da junta, em relação a uma junta ideal de 1,0 cm de espessura. Esse fato também é confirmado por SUTHERLAND (1981) e por HENDRY (1981). Essa relação, segundo SAHLIN, deve ser usada somente para uma estimativa dentro das variações normais da prática.

Dois tipos de juntas horizontais de argamassa eram usadas na alvenaria de blocos vazados nas obras visitadas: 1) com preenchimento total (longitudinal e transversal) e 2) com preenchimento parcial (somente longitudinal).

Além das juntas horizontais há também as juntas verticais, sendo que estas podem ou não ser preenchidas por argamassa na fase de execução da alvenaria. Muitas vezes a junta vertical é deixada em segundo plano pelos projetistas, mas é importante ressaltar que a mesma confere propriedades importantes para o sistema construtivo de alvenaria estrutural, como se verá mais adiante. A figura 17 esquematiza as diferentes juntas.

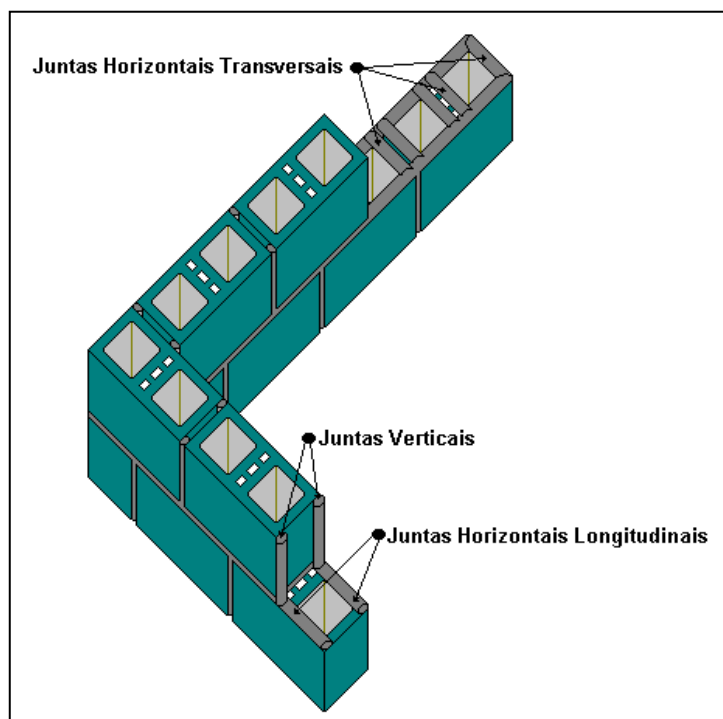


Figura 17 – Juntas de argamassa horizontais (longitudinais e transversais) e verticais.

Cada tipo de junta da argamassa deve cumprir funções específicas na alvenaria. As obras analisadas adotaram diferentes processos para confecção das mesmas e por este motivo serão comentadas separadamente.

a) Execução das Juntas Longitudinais

Como pode ser observado na Figura 17, as juntas longitudinais são cordões de argamassa colocados nas paredes dos blocos, dispostos na mesma direção da parede de alvenaria.

Várias ferramentas podem ser utilizadas para a execução das juntas, mas em todas as obras visitadas utilizava-se colher de pedreiro por alguns profissionais. A explicação pela grande frequência de uso desta ferramenta é a cultura construtiva formadora da mão-de-obra. O pedreiro apreendeu a sua profissão trabalhando com a colher e isto é determinante para que o mesmo permaneça adotando esta ferramenta também para execução da alvenaria com blocos estruturais. Outras ferramentas eram adotadas em paralelo à colher de pedreiro nas obras analisadas, como:

- ‘desempeno’, também chamado de palheta;
- canaleta;
- gabarito metálico;
- ‘bisnaga’.

Mesmo que a colher de pedreiro fosse utilizada em todas as obras analisadas, empregava-se, paralelamente, a palheta por alguns pedreiros, sendo observada sua utilização em 9 obras (32,14%). Essa ferramenta apresenta vantagens, principalmente em relação a produtividade, possibilitando o espalhamento de argamassa em superfícies de 30 a 100 cm em linha, além de ser uma ferramenta de fácil manuseio e que assemelha-se muito com o desempeno utilizado para revestimento.

As dimensões das palhetas eram variadas, mas destacam-se as seguintes: 5 x 40, 10 x 40, 9 x 46, 15 x 60 (largura x comprimento, em cm), mas com maior frequência utilizava-se palhetas com dimensões 5 x 40, verificada em 5 obras (17,86%). Na Figura 18 é ilustrada a forma da palheta, bem como sua utilização.



Figura 18 – Palheta utilizada para o assentamento de blocos.

A canaleta ou ‘meia cana’ era utilizada em terceiro lugar, sendo observado seu uso em 2 obras (7,14%). Esta ferramenta apresenta grandes vantagens, principalmente economia de argamassa, porque limita a quantidade a ser depositada

sobre a superfície do bloco, evitando, desta forma, o desperdício de material. Não é muito utilizada em função de ser uma ferramenta considerada nova na construção civil, mas apresenta bons resultados de produtividade e economia de argamassa.

Para construtoras que estão começando a empregar o sistema construtivo em alvenaria estrutural, a canaleta é uma ferramenta que facilita, na fase inicial, o treinamento de pessoal para o assentamento dos blocos, porque o seu manuseio é simples, facilitando a distribuição da argamassa sobre a pequena espessura das paredes dos blocos.

O gabarito metálico e a bisnaga não foram observados em nenhuma das obras analisadas, mas é importante relatar a sua existência e utilização em outras obras de alvenaria estrutural.

Além disso, dois outros dados levantados foram a produtividade dos pedreiros e o consumo de argamassa por metro quadrado de alvenaria. Esses itens foram respondidos pelos entrevistados mas, em função da insegurança percebida na coleta dos dados, comentar-se-á brevemente o assunto.

Os dois equipamentos que resultaram em maior produtividade foram a colher de pedreiro e a palheta, atingindo até 4 m²/hora de alvenaria por pedreiro, totalizando o assentamento de até 48 blocos por hora (blocos de 14 x 19 x 39 cm). Entretanto o consumo de argamassa para assentamento dos blocos era superior, se comparado ao consumo quando empregada a canaleta.

As características das juntas longitudinais são fundamentais para o desempenho da parede de alvenaria estrutural.

São consideradas juntas transversais aquelas sobre os septos transversais dos blocos. Essas juntas não são preenchidas quando utiliza-se o bloco de concreto, porque nesta unidade de alvenaria, em geral, não ocorre a coincidência integral de septos e o seu preenchimento ocasionaria desperdício de argamassa.

Em pesquisa realizada com prismas de dois blocos cerâmicos na UFSM, CAVALHEIRO (1997) comprovou a influência do preenchimento da juntas transversais em prismas, demonstrado na Tabela 5.

TABELA 5 – Resistência à compressão de prismas com dois blocos, com e sem preenchimentos das junta transversais.

Variabilidade e	Resistência à Compressão Média na Área Bruta (MPa)		
	Bloco (f_b)	Prisma (f_p)	
		Preenchimento Total(*)	Preenchimento Longitudinal(**)
	11,14	4,50	3,67
n	7	6	6
s	0,94	0,40	0,47
c.v. (%)	8,44	8,89	12,80
Relação Adimensional f_p/f_b		0,40	0,33

* Juntas longitudinais e transversais preenchidas.

** Juntas longitudinais preenchidas somente.

A redução da resistência foi de 18,40%, quando comparado o preenchimento longitudinal com o total. Isto ocorreu em função da redução da área útil de argamassamento.

Para preencher as juntas transversais eram utilizados os mesmos equipamentos com os quais se preenchiam as juntas longitudinais.

c) Execução das Juntas Verticais

As juntas verticais exercem papel importante no sistema construtivo de alvenaria estrutural, principalmente em prédios com alturas superiores a 4 pavimentos ou com forma considerada esbelta. Alguns estudos preliminares sinalizam que o não preenchimento da junta vertical reduz a resistência ao cisalhamento das paredes, sendo que alguns pesquisadores o justificam como contribuinte para os acréscimos de qualidades acústicas, térmicas e de produtividade. Objetivando verificar essas afirmações, foram realizados alguns ensaios relatados no Capítulo V.

O aumento da produtividade e a redução no consumo de argamassa foram verificados nas obras onde não havia o preenchimento da junta vertical, mas é importante salientar que a produtividade não faz muito sentido quando interfere negativamente em importantes características da construção.

4.2.11 GRAUTE

O graute foi utilizado em 26 obras (92,86%), com a função de aumentar a resistência à compressão nas alvenarias não armadas e/ou conferir aumento da resistência à compressão e flexão nas paredes armadas.

Entre as 28 obras estudadas, 24 (85,71%) eram de alvenaria estrutural armada e a utilização do graute era obrigatória. As outras 2 obras (7,14%) eram de alvenaria estrutural não armada, sendo que utilizavam, entretanto, o graute para aumentar a resistência à compressão da alvenaria.

A resistência à compressão do graute oscilava entre 9 e 35 MPa, em função das condições impostas para cada caso pelo projeto estrutural, conforme pode se visto na Figura 19. É importante ressaltar que a resistência dos blocos, indicada nessa figura, foi considerada na área líquida. Para se chegar a estes valores adotou-se, como forma simplificada de cálculo, a relação área líquida/área bruta de 0,50.

Faz-se essa consideração porque a resistência do graute deve ser equiparada a resistência do bloco na área líquida.

Baseando-se nos dados levantados, verificou-se que é freqüente a utilização de grautes com grandes resistências em blocos de baixas resistências, bem como a situação oposta. Isto ocorre em função da variação da resistência do bloco e a manutenção do traço do graute para diferentes pavimentos do prédio.

Em 15 obras (53,57%) havia mais de uma resistência de bloco, mas somente em 6 obras (21,43%) variava a resistência do traço do graute, em função da resistência do bloco em utilização.

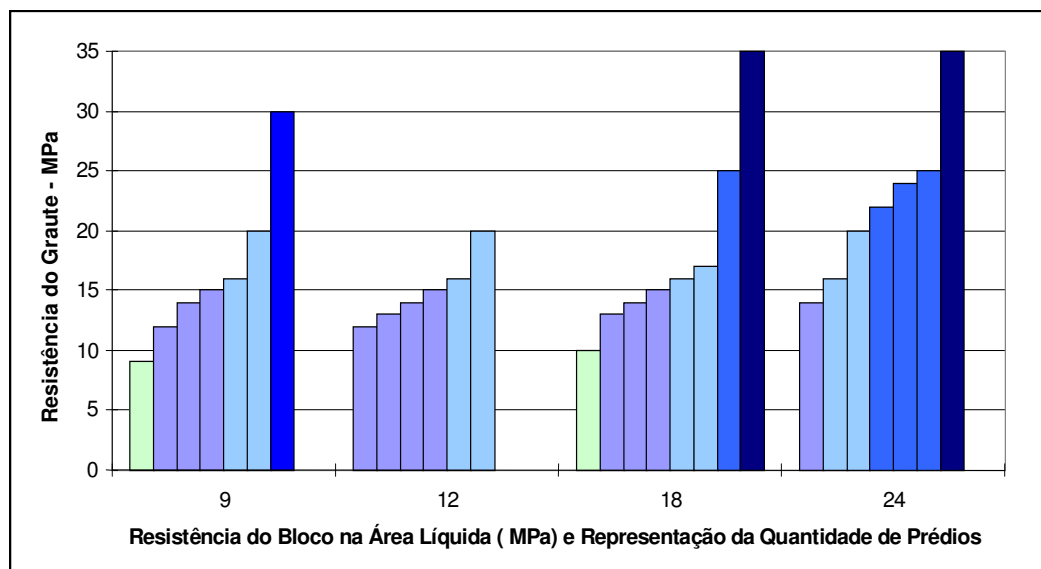


Figura 19 – Relação entre as resistências do bloco e do graute.

Para a colocação do graute no interior dos vazados dos blocos utilizavam-se diversas ferramentas/dispositivos, mas constatou-se que a maneira mais eficiente era o emprego de uma pequena fôrma metálica, de seção trapezoidal, colocada sobre os blocos, onde era despejado o graute (Figura 20).



Figura 20 – Fôrma utilizada para facilitar a colocação do graute no interior dos vazados dos blocos.

Um fator importante observado era a altura em que os vazados dos blocos eram preenchidos com graute. Este item tem sua relevância em função do graute ser, em geral, um concreto auto-adensável (não necessita de energia mecânica para seu adensamento), com fator água/cimento superior aos praticados no concreto convencional. Caso a altura de grauteamento seja muito elevada, podem ocorrer problemas durante o preenchimento dos vazados pelo acúmulo de ar no interior dos mesmos, bem como pela segregação de material. Por estes motivos é necessário tomar as seguintes providências:

- bloco com abertura para inspeção na parte inferior da coluna a ser grauteada (Figura 21);
- retirada do excesso de argamassa de assentamento localizado nas juntas internas dos blocos;
- limpeza de restos de argamassa acumulados na base a ser concretada;
- limitação da altura em, no máximo, 6 fiadas (1,20 metros) para grauteamento;
- fechamento dos furos abertos para inspeção antes do grauteamento, com madeira ou material similar;
- inspeção na base do furo, após a concretagem, para certificação do completo preenchimento de graute.

A abertura na parte inferior dos blocos, para inspeção antes do grauteamento foi observada em 15 obras (53,57%) e, em 11 obras (39,29%), observou-se não haver nenhum cuidado especial para inspeção.

A limpeza do furo, antes do grauteamento, é possível com a confecção de uma pequena abertura na parte inferior do bloco da primeira fiada. Esta limpeza era realizada em 11 obras (39,29%).

Outra técnica de limpeza do interior dos furos utiliza uma esponja fixada em uma haste colocada no interior do furo do bloco da primeira fiada grauteada. Com a execução da alvenaria, desloca-se a haste no interior dos furos até a altura a ser grauteada e retira-se o excesso de argamassa acumulada sobre a esponja. Esta técnica não foi observada nas obras alvo desta pesquisa, mas é importante comentá-la por haver outras obras que a utilizaram.

É importante salientar a necessidade de limpeza, no interior dos furos, para retirada do excesso de argamassa. Isto ocorre porque para o assentamento dos blocos é necessário um volume maior de argamassa, possibilitando correções de prumo e nível, aumentando a aderência argamassa/bloco. Conseqüentemente há excesso de argamassa nas faces internas e externas dos blocos. Esta deve ser retirada dos furos a serem grauteados porque possui características diferentes do graute e pode prejudicar a resistência do conjunto.

Observou-se, em 3 obras (10,71%), a utilização de uma máquina que projetava água sob pressão para melhor limpeza do interior dos vazados a serem grauteados. Outra situação interessante observada, em uma obra, foi a utilização de papel, na base do vazado a ser grauteado, para facilitar a retirada do excesso de argamassa que ali se acumulava.



Figura 21 – Cuidado especial (papel) para retirada do excesso de argamassa do interior dos vazados dos blocos a serem grauteados.

4.3 ABERTURAS

As aberturas analisadas foram janelas, portas e vãos para aparelhos de ar condicionado, sendo verificados vários itens específicos de cada situação.

4.3.1 JANELAS

O subsistema esquadrias geralmente representa uma parcela significativa do custo global das edificações. Apesar disso, verificou-se que em alguns casos, muito pouca atenção era dada ao método de instalação destes componentes. Isto foi comprovado pelo baixo nível de racionalização, incluindo procedimentos como a quebra e enchimento da alvenaria, fixação das esquadrias e seus elementos complementares (parapeitos, pingadeiras, etc.).

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

As dimensões das aberturas estão vinculadas à modulação do bloco e esse é um fator muito importante a ser observado na fase de projeto, proporcionando maior racionalização, caminhando desta forma, para a industrialização.

Essa padronização foi observada na altura das janelas em 24 obras (85,71%). A altura das janelas era de 121 cm, coincidindo com altura de seis fiadas de blocos com as respectivas juntas de argamassa mais 1,0 cm, sendo que nas outras 4 obras (14,29%) a altura variava de 132 a 161 cm.

Quanto à largura havia uma maior heterogeneidade, em função da relação com a área prevista de iluminação das peças interiores, mas mesmo assim, a medida que mais prevaleceu foi de 121 cm em 13 casos (46,43%) sendo que as demais variavam de 101 a 181 cm.

Janelas de banheiro, área de serviço e de uso comum dos prédios não foram alvos deste estudo.

Nos processos desenvolvidos, foram adotadas soluções que racionalizaram esses serviços. No processo em alvenaria cerâmica, a forma de fixação dos marcos das janelas previa a utilização de buchas plásticas e parafusos, eliminando completamente procedimentos como quebra e enchimento de vãos. Para atendimento das folgas e precisões necessárias para execução desse serviço eram utilizados gabaritos colocados antes do assentamento da alvenaria. Assim, simplesmente encostando-se os blocos nesse gabarito, durante o assentamento, garantia-se o vão com as dimensões e precisões requeridas para a posterior colocação da esquadria. Este elemento (o gabarito) também auxiliava na confecção da verga, pois servia de apoio aos blocos que a constituíam.

Neste mesmo processo, os componentes canaletas utilizados para a formação das vergas e contra-vergas possuíam detalhes especiais para facilitar a execução desses serviços, bem como para aumentar o desempenho dos componentes. Em

alguns casos, observou-se a utilização de canaletas com parede externa com menor altura, para posterior fixação de peças que formavam o peitoril das janelas, já com a adequada inclinação.

Em 4 obras (14,29%), nas quais era empregado o processo construtivo com blocos de concreto, utilizou-se um componente especial para otimizar a instalação das janelas. Esse componente constituía-se de um contramarco de argamassa armada que acumulava, ao mesmo tempo, as funções de peitoril e apoio de verga, além de definir perfeitamente o vão para a colocação das esquadrias (Figura 22). Este componente foi concebido para ser colocado na fase de assentamento do bloco, e sua consolidação na parede era feita com a mesma argamassa. Esta peça também eliminou a necessidade de execução do ‘requadramento’ do revestimento, tanto nas faces internas como externas.



Figura 22 – Contra-marco de argamassa armada.

Ao ser utilizada esta técnica construtiva, deve-se pensar em uma adequada vedação na interface da peça de concreto com a esquadria, para evitar a passagem de umidade e eventuais fissuras nas peças.

Para a construção das janelas é necessário utilizar recursos construtivos para possibilitar a execução de vãos nas alvenarias. São usados, nas partes superior e inferior das aberturas, blocos canaletas com concreto e ferragem formando pequenas vigas denominadas, respectivamente, vergas e contra-vergas.

1) Verga

Além da largura da abertura, há necessidade de traspasse da verga no interior da parede. Em 12 obras (42,86%) a verga coincidia com a viga de cintamento, gerando economia e racionalizando a execução da alvenaria, diminuindo consumo de material e reduzindo etapas de trabalho.

Quando não coincidia com a viga de cintamento havia necessidade de traspasse para o interior da parede em cada extremo da abertura. Este traspasse era de 15 a 30 cm em 8 obras (28,57%) e de 40 a 60 cm em outras 8 obras.

A ferragem utilizada nas vergas não obedecia critérios de padronização, em função da grande variedade de diâmetros e número de barras adotados nas obras. Para exemplificar este caso serão relatadas duas situações extremas verificadas; uma obra com quatro pavimentos e janela com vão de 120 cm utilizou 3 barras de ferros de 10 mm, já outra obra, com 18 pavimentos e o mesmo vão de abertura, utilizou uma barra de ferro de 10 mm.

As quantidades de barras de ferro utilizadas para a formação da verga foram as seguintes:

- 1 ferro de 10 mm em 10 obras (35,71%);
- 2 ferros de 10 mm em 7 obras (25,00%);
- em 11 obras (39,29%) a quantidade de barras e os diâmetros eram variados.

Em 4 obras (14,29%), ocorria a variação do diâmetro da ferragem da verga em função do pavimento que estava sendo executado, isso porque coincidia com a cinta superior.

2) Contra-verga

A contra-verga exerce papel importante na confecção da abertura, sendo indispensável na prevenção de fissuras de canto.

Nas obras analisadas, 26 (92,86%) adotavam a contra-verga e 2 obras (7,14%) não utilizavam este artifício construtivo. Em 11 obras (39,29%) a contra-verga coincidia com a cinta intermediária, mas em 15 obras (53,57%) eram tomados cuidados especiais na execução. Os cuidados eram comprimento de traspasse, nivelamento, ferragem e concretagem. Incorporado à contra-verga estava o peitoril da abertura que era projetado de várias formas.

Os tipos de peitoris, que também formavam a contra-verga, mais observados foram os seguintes:

- peça pré-moldada de concreto com a pingadeira incorporada;
- moldado no local sobre a contra-verga, mas sem pingadeira;
- moldado no local, com pingadeira;
- peça de mármore ou granito, já com a pingadeira prevista na peça.

É importante ressaltar que foram observados prédios, habitados, já com fissuras nas fachadas, decorrentes da inexistência de detalhes construtivos, sob as aberturas, para expulsar a água das fachadas, sendo uma das causas de penetração de umidade e concentração de fungos.

4.3.2 PORTAS

A modulação dos blocos dificulta certas padronizações, quando analisadas as dimensões comerciais praticadas pelo mercado relacionadas a portas. Os problemas eram verificados nas seguintes situações:

- bloco com comprimento nominal de 40 cm é projetado arquitetonicamente sobre uma malha modular de 20 cm, possibilitando vãos totais de porta de 61, 81 e 101 cm. Entretanto as portas são fabricadas com larguras nominais de 60, 70, 80 e 90 cm, sendo necessário acrescentar, ainda 6 a 7 cm na dimensão nominal, correspondente ao marco (quando for de madeira).
- bloco com comprimento nominal de 30 cm é projetado arquitetonicamente sobre uma malha de 15 cm, possibilitando vãos totais de porta de 61, 76, 91 e 106 cm, mas os vãos necessários são 66, 76, 86 e 96 cm. Ocorre, pois, a coincidência em somente um caso.

A alvenaria estrutural possui um número representativo de obras em execução no Brasil, sendo assim oportuno ressaltar a importância das fábricas de portas e janelas direcionarem esforços no sentido de criar novas medidas de aberturas, compatíveis com as modulações dos blocos mais utilizados.

Os vãos existentes entre o marco da porta e os blocos eram preenchidos utilizando-se diversas técnicas, tais como: peça pré-moldada de concreto, peça de madeira, tijolos cerâmicos de vedação, argamassa, compensadores e outras soluções improvisadas na própria obra.

A parte superior do vão porta, também chamada de verga, era executada adotando técnicas variadas, mas predominou a execução com blocos canaletas, verificada em 17 obras (60,71%). O traspasse no interior da parede para garantir o engastamento foi de 15 cm em 4 obras, 20 cm em 10 obras e 40 cm nas outras 3 obras. A quantidade e o diâmetro da ferragem eram os mesmos adotados para confecção das vergas das janelas citadas na seção anterior.

O escoramento dos blocos canaletas era através de peças de madeira colocadas em torno de todo o vão da abertura ou, em outros casos, somente na parede superior, fixadas nas laterais com pregos ou braçadeiras metálicas.

Outro tipo de verga, utilizado em 4 obras (14,29%), era uma peça pré-moldada de concreto. A colocação desta peça sobre o vão não necessita de escoramento, podendo ser produzido um grande número de unidades. Apresenta, ainda, a vantagem de não prejudicar o trânsito das pessoas durante a fase de construção da alvenaria.

Já em 7 obras (25,00%), o vão da porta projetava-se até a laje do teto, sem a construção da verga, sendo a parte superior deste vão preenchida por uma peça fixa, acoplada ao marco da porta. Este tipo de porta é denominado de “porta bandeira”. No cálculo estrutural das paredes, deve-se adotar algumas considerações específicas para esta situação.

Para melhor fixação dos marcos aos blocos, em torno das aberturas, estes eram grauteados, porque em muitos casos eram fixados com parafusos e buchas. Este grauteamento era mais freqüente em paredes constituídas de blocos de concreto.

Observou-se que em 20 obras (71,43%) realizava-se o grauteamento dos furos dos blocos em todas as aberturas, para proporcionar maior rigidez ao dispositivo de fixação do marco na parede. Esta prática é recomendada principalmente porque é comum grandes esforços de tração e cisalhamento causados por batidas, durante a vida útil da porta.

Outra forma de fixação do marco da porta na alvenaria era com poliuretano expandido. Este método é racional porque evita quebras, não necessita grautear os blocos em torno da abertura e pode ser executado próximo a etapa final de acabamento do prédio, sendo o marco e a porta fixados com a pintura final.

É importante ressaltar que as portas externas não eram fixadas com poliuretano, em decorrência da facilidade do mesmo ser cortado, conseqüentemente sendo suscetíveis à ação de ladrões, limitando-se, assim, esta técnica de construção somente às portas internas.

4.3.3 VÃOS PARA APARELHOS DE AR CONDICIONADO

Observou-se que a utilização de aparelhos de ar condicionado fixos em paredes e salientes na parte externa das habitações está vinculado às condições climáticas e a cultura de cada região. Isto foi verificado porque, no estado de São Paulo, somente em uma obra (3,57%) foi previsto este tipo de eletrodoméstico, na fase de projeto, nas construções que estavam sendo executadas. Já nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul o quadro é oposto: em quase todas as construções visitadas foram previstas aberturas nas fachadas para posterior fixação deste aparelho.

Os vãos eram variáveis e dependiam das dimensões das peças que seriam condicionadas. A Figura 23 representa a forma de execução deste tipo de abertura, que, na maioria das vezes, localizava-se na parte central, sob a janela.



Figura 23 – Execução do vão previsto para colocação do aparelho de ar condicionado.

4.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A passagem de tubos e eletrodutos nas paredes deve ser bem definida na fase de projeto, porque a utilização de rasgos para as instalações é uma prática não condizente com os princípios básicos de racionalização, apesar de ser muito empregada pelas construtoras, mesmo utilizando o sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Segundo FRANCO (1992), nos processos construtivos em alvenaria estrutural devem ser impostas severas restrições à execução de rasgos nas paredes estruturais. Em função destas restrições e da busca constante pela racionalização, procura-se outras formas para passagem de eletrodutos pelo interior da parede, podendo ser, também, pelo interior de peças especiais (canaletas ou blocos especiais), ou ainda, através de dutos criados com paredes duplas ou outros elementos denominados *shafts*. Esta harmonia entre estrutura e instalações deve ocorrer fundamentalmente na fase de projeto, limitando-se os operários das obras somente a executar o projeto integrado.

Alguns projetos elétricos foram previstos e representados nas elevações das paredes, outros apenas localizavam as posições de pontos de luz sem representá-los na alvenaria. Esta situação é visualizada na Figura 24.

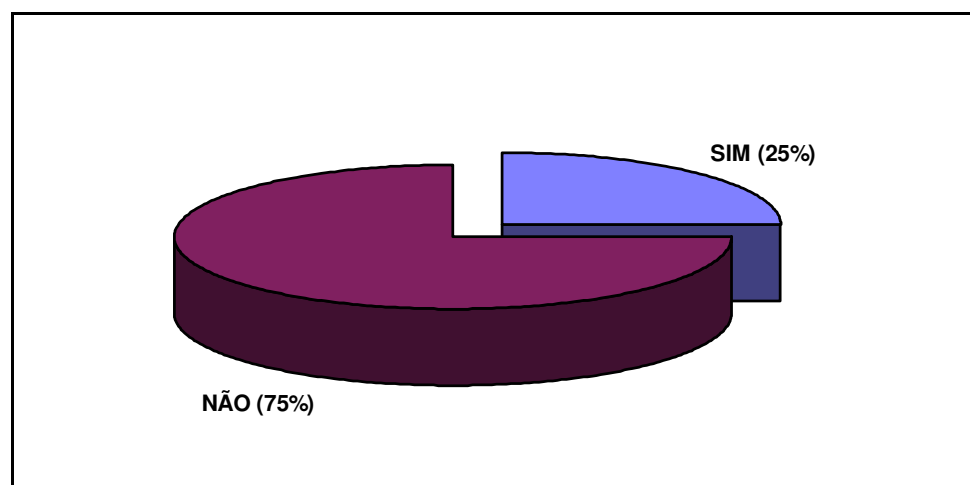


Figura 24 – Obras com projeto elétrico mostrado nas elevações.

A representação do projeto elétrico nas elevações proporciona muitas vantagens, como:

- integração do projeto elétrico com as elevações das paredes, durante a execução;
- redução da probabilidade de erros na locação de pontos elétricos, em função da existência de peças pré-moldadas e grautes onde é prevista a passagem de tubulações;
- economia de tubulações e fios;
- padronização das medidas e localizações; etc.

Verificou-se, também, que os projetos elétricos apresentavam alguns problemas de concepção, principalmente pela falta de integração dos mesmos com os projetos estruturais e arquitetônicos, como pode ser observado na Figura 25. Isso foi constatado pela execução de rasgos horizontais nas paredes, quebras de blocos na vertical, em função da dificuldade para a passagem de tubulações, sendo que em alguns casos estas passavam por vergas e contra-vergas que seriam posteriormente concretadas, além de outras práticas não recomendadas tecnicamente.



Figura 25 – Passagem de tubulação elétrica sem adequada integração de projetos.

Em 5 obras (17,86%), as caixas de luz eram fixadas nos blocos antes do assentamento dos mesmos na alvenaria; já nas outras 23 obras (82,14%) as caixas de luz eram fixadas após o assentamento dos blocos na parede.

Nas posições onde eram previstos interruptores e tomadas, os blocos colocados nestes locais eram cortados ou quebrados. Essa prática foi observada em 24 obras (85,71%), mas nas outras 4 (14,29%), haviam blocos com geometria adequada para a fixação de caixas de luz. Estas peças possuem a vantagem de não necessitar quebras, evitando, desta forma, entulhos e possibilidades de maiores desperdícios.

As tubulações previstas para alimentar as tomadas baixas, localizadas a 30 cm do piso (nas obras analisadas), eram projetadas de duas diferentes formas. Na maioria dos casos as tubulações partiam do piso para a parede, sendo verificada esta situação em 18 obras (64,29%); em 10 obras (35,71%) as tubulações partiam do teto, descendo até a posição para a qual haviam sido projetadas.

Já as tubulações das tomadas médias e altas eram executadas de maneira convencional, colocadas durante a montagem da laje, descendo pelo interior dos vazados das paredes.

Em 13 obras (46,43%) havia tubulações executadas na horizontal, mas em poucas obras eram tomados cuidados especiais para a passagem destas tubulações, como, por exemplo:

- blocos com geometria especial que permitissem a passagem de tubulações na horizontal;
- passagem de tubulações em paredes não estruturais;
- previsão de blocos canaletas para unir dois pontos de luz próximos.

A presença do eletricista durante a execução da alvenaria, apresenta grandes vantagens na qualidade do produto final. Esta prática foi observado em 19 obras (67,86%) e é recomendada para obras que utilizam o sistema construtivo de alvenaria

estrutural, porque através do trabalho em conjunto dos pedreiros com os eletricitistas, ocorre, conseqüentemente, a integração prática dos projetos, corrigindo possíveis falhas de eventual falta de harmonia na fase de projeto.

Na fase de projeto, ainda, é de grande importância a determinação e locação de colunas montantes e de distribuições para a passagem de fios, cumprindo as finalidades para as quais foram previstas. Estas são compostas de tubulações com fios que alimentam circuitos elétricos, telefônicos, televisão, etc., que originam um volume de tubulações significativo a ser considerado durante a fase de projeto. O fechamento dessas colunas era com tijolos cerâmicos, blocos cerâmicos de vedação, blocos estruturais, placas de gesso, etc.

Outra questão levantada na pesquisa diz respeito ao quadro onde se localizavam os disjuntores, sendo que buscava-se saber se tinham sido previstos na fase de assentamento. Esse detalhe, de importância para o desempenho da alvenaria e integração dos projetos, foi verificado em 19 obras (67,86%); entretanto, nas outras 9 obras (32,14%), os vãos eram abertos posteriormente à execução da alvenaria. Essa prática também foi verificada nas mesmas obras quando se tratava de quadros gerais de comando de luz, telefone e antenas, onde os vãos das caixas eram abertos após a alvenaria já executada. Essa técnica não é recomendada em função das dimensões significativas do vão, e por estarem localizadas nas paredes de entrada dos prédios.



(a)

(b)

Figura 26 – Local para o quadro de disjuntores, não previsto durante a fase de execução da alvenaria (a) e previsto (b).

Na Figura 26a observa-se a situação de uma parede onde não havia integração do projeto elétrico com a elevação da alvenaria, situação que não foi verificada no caso da Figura 26b, onde o local para o quadro de disjuntores estava previsto na planta de elevação da alvenaria.

4.5 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

Para embutir as instalações hidráulicas nas alvenarias foram observadas as seguintes opções:

- paredes hidráulicas;
- *shafts* verticais;
- tubulações no interior de paredes estruturais;
- enchimento com argamassa ou tijolos de vedação.

4.5.1 PAREDES HIDRÁULICAS

As paredes hidráulicas eram utilizadas em 19 obras (67,86%), definidas no projeto como não estruturais. Nessas paredes eram passadas as tubulações hidrossanitárias e em função de sua concepção estrutural eram permitidos certos rasgos nas mesmas, sem comprometimento estrutural. No entanto, observou-se em paredes consideradas hidráulicas o assentamento dos blocos em amarração com outras paredes estruturais e laje moldada sobre a última fiada de blocos de vedação. Desta forma, essa parede fica submetida a cargas, podendo ocorrer patologias futuras.

É importante salientar que ao se adotar esta técnica de paredes hidráulicas deve-se observar cuidados importantes como:

- não realizar o engastamento com outras paredes estruturais através da amarração de blocos;
- utilizar ferragens nas juntas horizontais para unir as paredes hidráulicas às estruturais;

- caso as paredes estruturais e hidráulicas sejam executadas concomitantemente, não assentar a última fiada de blocos de vedação antes da concretagem da laje;
- não é recomendada a utilização de argamassas expansivas para encunhamento da última fiada com a laje, sob risco de colocá-la em carga, além de seu peso próprio;
- reforçar a laje onde será construída a parede hidráulica, pois não haverá superposição de paredes estruturais, entre andares.

4.5.2 *SHAFTS* VERTICAIS

A utilização deste elemento foi observada em 24 obras (85,71%). Havia diversos tipos de *shafts* sendo construídos, porém estes possuíam em comum a racionalização na execução das instalações, que praticamente elimina a interferência do trabalho do pedreiro com o do instalador e soluciona a passagem de tubulações de maiores diâmetros entre andares, sem a necessidade de quebras e enchimentos das paredes.

A forma de fechamento dos *shafts*, bem como suas dimensões eram variadas. As dimensões não foram alvo de estudo deste trabalho, em função de que estas medidas dependem do número e diâmetro das tubulações necessárias no interior do mesmo. Quanto à forma de fechamento, predominaram quatro tipos:

- tela metálica ao redor dos canos e posterior preenchimento com argamassa;
- tijolos cerâmicos maciços fixados com argamassa;
- blocos cerâmicos de vedação fixados com argamassa;
- chapas de fibra de vidro ou PVC, parafusadas.

Na maioria das obras foram utilizados *shafts* com fechamento de tela e argamassa, mas este procedimento pode causar alguns problemas no futuro, tais como:

- dificuldade de inspeção das tubulações após concluída a obra;

- possível comprometimento das tubulações quando for realizada alguma manutenção, pela fixação com argamassa e proximidade entre as tubulações;
- não haver possibilidade de inspeção sem quebras.

Outra forma de fechamento observada era com tijolos cerâmicos maciços, sendo considerado este um bom sistema, porém ocorre a mistura de tijolos e blocos prejudicando, de certa forma, a racionalização decorrente da modulação, tão frisada no sistema de alvenaria estrutural.

O fechamento de *shafts* com blocos de vedação, com a mesma geometria do bloco estrutural, ou até mesmo com blocos estruturais, aumenta a racionalização e facilita a execução.

E por último, o fechamento com placas de PVC ou fibra de vidro, proporcionando grande racionalização ao sistema, pelas seguintes vantagens:

- facilidade de manuseio e fixação;
- praticidade para inspeção das tubulações;
- rapidez na execução;
- modulação;
- padronização da altura de chuveiro, registro, saboneteira, etc, tudo concentrado em uma única peça;
- peças não necessitam de revestimento, já provindo de fábrica com acabamento.

4.5.3 TUBULAÇÕES NO INTERIOR DE PAREDES ESTRUTURAIS

Esta técnica foi observada em apenas 5 obras (17,86%), mas é importante salientar que não é permitida a sua utilização quando se está trabalhando com o sistema construtivo de alvenaria estrutural. O motivo desta limitação é porque estas paredes formam a estrutura do prédio, e qualquer problema que porventura ocorra nas tubulações fatalmente irá implicar em quebras nas paredes para solucioná-lo. Este procedimento poderá comprometer o desempenho estrutural da edificação.

4.5.4 ENCHIMENTO COM ARGAMASSA E/OU TIJOLOS DE VEDAÇÃO

Em 9 obras (32,14%) as tubulações hidráulicas foram construídas aparente (Figura 27a) e, posteriormente, preenchidas com argamassa e/ou tijolos de vedação de pequena espessura (Figura 27b,c). A principal vantagem que esta técnica agrega ao sistema é o aumento do número de paredes estruturais, porque as tubulações não interferem na estrutura do prédio, além disso, facilita a montagem de *kits* hidráulicos por serem as tubulações, no momento da instalação, colocadas aparentes à estrutura do prédio.



(a)



(b)



(c)

Figura 27 – Tubulações hidráulicas externas às paredes estruturais.

É recomendado o emprego de paredes hidráulicas e de *shafts*, por serem opções que propiciam maior racionalização e independência entre serviços. Estas soluções também têm a vantagem de não interferirem na estrutura da edificação, bem como facilitarem a posterior manutenção das instalações quando a edificação estiver em uso.

4.6 ESCADAS

Os tipos de escadas utilizados nas obras foram os seguintes:

- moldadas no local - 19 obras (67,86%);
- pré-moldadas, em peças isoladas - 4 obras (14,29%);
- industrializadas, em peça única - 4 obras (14,29%);
- metálicas - 1 obra (3,57%).

Na grande maioria das obras foram utilizadas escadas moldadas no local definitivo, com fôrmas de madeira e escoramento de madeira ou metálico. A escada era concretada concomitantemente com a laje, sendo engastada nesta e apoiada na outra extremidade, através do patamar, sobre uma viga de distribuição concretada sobre a parede. Esta situação foi verificada em 16 obras.

Em 3 obras observou-se um sistema de vinculação do conjunto escada/patamar, onde a ferragem deste penetrava em três paredes, através de buracos feitos nos blocos, quebrando-se uma das paredes dos mesmos (Figura 28). Este procedimento não apresenta características de industrialização e racionalização, em função das quebras e probabilidade de surgimento de patologias.



Figura 28 – Quebras em blocos para fixação do patamar da escada às paredes.

As escadas pré-moldadas em peças, também denominadas de ‘jacaré’, eram compostas por elementos pequenos e leves, fixados na alvenaria, depois desta e das lajes de piso terem sido executadas. Os seus componentes básicos eram:

- vigas dentadas (Figura 29a);
- degraus e espelhos pré-fabricados, monolíticos ou separados (Figura 29b);
- patamar pré-fabricado (Figura 29c).



(a)



(b)



(c)

Figura 29 – Peças de escada pré-moldada.

Em 4 obras foi utilizado esse tipo de escada, que apresenta bom nível de industrialização e racionalização. É importante salientar que, nesse caso, deve-se prever alturas diferenciadas no primeiro e no último degraus, tendo em vista a necessária equalização das alturas dos espelhos, após a colocação do revestimento de piso, uma vez que os degraus não são revestidos, nesse tipo de escada.

As peças de concreto eram colocadas sobre as vigas dentadas, previamente fixadas com parafusos e porcas às paredes laterais da caixa de escada, como é ilustrada na Figura 29. Para melhor fixação das vigas era previsto enchimento dos blocos com graute, onde os parafusos e buchas seriam fixados.

Nestas obras utilizavam-se elementos de concreto moldados no local (rodapés), para melhorar a estabilidade do conjunto de peças, solidarizando a escada à parede. É importante adotar alguns cuidados quando utilizar este tipo de escada, porque se não ocorrer a adequada fixação das peças pré-moldadas às paredes, formando um conjunto coeso e estável, pode ocorrer acidentes durante a utilização da mesma, por moradores dos prédios, ou mesmo durante a própria execução da obra.

Em 4 obras foram observadas escadas inteiras, sendo este um componente que não necessita de fôrmas, ferragens e escoramento na obra, porque o mesmo é produzido em indústria, como pode ser observado na Figura 30.



Figura 30 – Escada industrializada, em peça única.

Vários tipos de acabamento de degrau de escada foram observados, mas destaca-se o acabamento através do processo de alisamento da superfície durante a concretagem, pois o mesmo não necessita de camada de regularização. Este procedimento era utilizado em 16 obras (57,14%).

4.7 LAJES

Há diversos tipos de lajes sendo empregados em obras de alvenaria estrutural, mas destaca-se, em 19 obras (67,86%) visitadas, a opção por lajes moldadas no local. Este tipo de laje não é considerado industrializado, apresentando, todavia, excelente desempenho em edifícios altos, por apresentar rigidez em todas as direções e, se convenientemente ligada às paredes estruturais, possibilita integral acionamento destas para absorção dos esforços laterais.

Conforme a Tabela 6, verifica-se que são utilizados, basicamente, três tipos de laje, prevalecendo a opção por laje maciça moldada no próprio local.

TABELA 6 – *Tipos de lajes, com as respectivas faixas de espessuras (sem contar o revestimento), utilizadas nas obras analisadas.*

TIPO DE LAJE	ESPESSURA (cm)	Nº DE OBRAS	(%)
Moldada no local	7 a 12	19	67,86
Industrializada	9 e 10	4	14,29
Pré-laje	8 a 13	5	17,86

A laje de concreto armado é executada de forma a receber a camada de assentamento de piso diretamente, prescindindo da utilização de camada de regularização. Este método é muito utilizado em obras de alvenaria estrutural, sendo que nas obras visitadas 15 (53,57%) a utilizavam.

A fixação do revestimento final do piso diretamente sobre a laje, chamado de ‘contra-piso zero’, apresenta as seguintes vantagens:

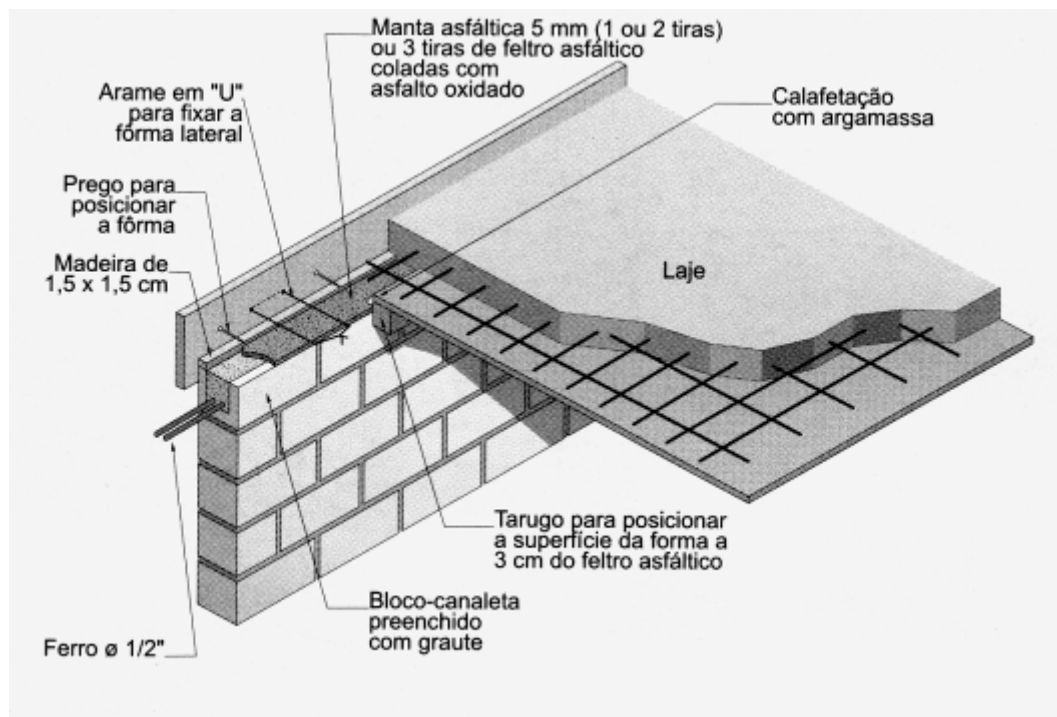
- redução do carregamento nas fundações;
- agilidade na execução da obra;
- redução significativa do deslocamento de equipamento e pessoal após as paredes executadas;
- economia de material (cimento e areia);
- extinção da possibilidade de partes do contra-piso apresentar má aderência;
- redução do cronograma físico-financeiro;
- anulação da possibilidade de variações em alturas de portas, em função de possíveis variações na espessura do contra-piso.

Quando utiliza-se laje acabada é necessário a definição prévia dos tipos de revestimentos utilizados em cada ambiente e dos níveis de rebaixamentos necessários na laje, principalmente nos locais onde são previstos pisos frios.

Ao analisar-se lajes de uma construção é importante salientar a pouca atenção que é dada às **lajes de cobertura** dos edifícios construídos no Brasil, independente do sistema construtivo adotado. Esta parte da estrutura do prédio está sujeita a condições térmicas mais severas que as demais.

Através do questionário verificou-se que em apenas 7 obras (25,00%) adotavam-se cuidados especiais na última laje (cobertura), como:

- juntas de dilatação horizontais, seccionando a laje em diversas partes;
- impermeabilização e proteção térmica das mesmas;
- laje apoiada em camada flexível sobre a parede, conforme Figura 31.



FONTE: REVISTA TÉCNICA N.º 34,

1998

Figura 31 – Cuidado especial adotado em laje de cobertura.

4.8 REVESTIMENTOS DAS PAREDES

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

O aprimoramento do desempenho dos painéis e o controle de execução, que garante a constância da qualidade, abre a perspectiva para a utilização de procedimentos como alvenaria aparente ou com pequenas espessuras de revestimentos internos e constância nas espessuras dos revestimento externos. Estes revestimento serão comentados separadamente por possuírem características e propriedades, de certa forma, diferentes.

4.8.1 REVESTIMENTOS INTERNOS

O revestimento das paredes internas à base de gesso era utilizado em 19 obras (67,86%), com exceção das paredes em que havia a ação direta de água como da cozinha, banheiro e área de serviço. Esse tipo de revestimento era aplicado diretamente sobre a base (Figura 32), evitando assim camadas de regularização, como é comum no sistema de revestimento convencional. No acabamento decorativo, elimina a massa corrida, resultando, em geral, redução no tempo de execução dos serviços em torno de 50%. O revestimento em gesso diminui a carga da parede, aliviando assim as fundações, além de não sobrecarregar os meios de transportes horizontais e verticais da obra. Com características de não combustão e termoisolação, proporciona maior qualidade. Também é importante registrar a facilidade no controle da execução dos serviços, gerando mais racionalização em obra.



Figura 32 – Revestimento interno em gesso, aplicado diretamente sobre o bloco.

Este conjunto de fatores tem como resultado menos desperdício, traduzindo-se numa melhor alocação de recursos financeiros para a realização do empreendimento.

O revestimento à base de gesso era empregado em pasta, aplicado manualmente em todas as obras que o utilizavam internamente, sendo a execução deste serviço feita por pessoas especializadas, denominados ‘gesseiros’, em geral, contratados por subempreiteiras, que prestavam serviços às construtoras.

Havia uma restrição quanto à aplicação do gesso como revestimento em ambientes úmidos, por ser conhecida a sua fragilidade em relação à água, e o mesmo pode-se observar, quando de seu emprego em locais de grande movimento de pessoas e/ou cargas, como, por exemplo, nas áreas destinadas às escadas, pois é baixa a sua capacidade de absorver cargas de impacto nos planos revestidos.

Em todos os casos verificados, a pasta era produzida no próprio local de aplicação, não sobrecarregando os meios de transporte, horizontal e vertical, e facilitando, assim, o movimento na obra de outros materiais, que necessitavam ser preparados em locais distantes de sua aplicação.

As espessuras praticadas de revestimento de gesso oscilaram de 3 a 15 mm. Quando a base era composta por alvenaria cerâmica havia a necessidade de umedecimento da mesma. Já no caso de paredes de blocos de concreto, o substrato não era umedecido.

Uma das vantagens atribuídas ao revestimento à base de gesso de construção é a possibilidade de eliminar-se a execução de massa corrida na superfície do revestimento endurecido.

O revestimento interno a base de argamassa, foi utilizado em 6 obras (21,43%) com espessuras variando de 1,0 cm a 2,0 cm. Em outras 2 obras (7,14%) era em alvenaria estrutural aparente e por ultimo em uma obra (3,57%) utilizou-se um revestimento composto por uma mistura de componentes diferenciados, não sendo possível obter a composição do mesmo.

Quanto aos revestimentos dos banheiros, cozinhas e áreas de serviço eram, na grande maioria, em azulejo em todas as paredes ou partes da mesma, como mostra a Tabela 7.

TABELA 7 – *Tipos de acabamento das peças frias.*

SITUAÇÃO	COZINHA	BANHEIRO	ÁREA DE SERVIÇO
Azulejo em todas as paredes	14	16	14
Azulejos em partes das paredes	9	7	9
Revestimento com argamassa	4	4	4
Fórmica	1	1	1

O azulejo era assentado diretamente sobre os blocos, sem a necessidade de uma camada de regularização para correções de imperfeições decorrentes de irregularidades de dimensões nas unidades, possibilitando a execução de painéis regulares.

4.8.2 REVESTIMENTOS EXTERNOS

O revestimento externo tem funções vitais em uma construção e, muitas vezes, não é dada a devida atenção à sua execução e nem à necessária manutenção. Mesmo sendo um componente importante para a construção, não foi possível ser dado a atenção merecida a este item neste trabalho, mas procurar-se-á fornecer alguns dados sobre os revestimentos externos que foram utilizados nas obras de alvenaria estrutural analisadas.

A primeira camada utilizada no revestimento com argamassa era o chapisco, sendo este utilizado em 18 obras (64,29%) e sua espessura era de aproximadamente de 0,5 cm.

Foram verificados os empregos do emboço e do reboco em 22 obras (78,57%). Em 4 obras de blocos de concreto, não era utilizado o chapisco, sendo o emboço aplicado diretamente sobre o bloco.

Alvenaria estrutural aparente externamente foi observado em somente uma obra. Caso se utilize este tipo de acabamento externo deve-se tomar alguns cuidados, principalmente com a manutenção periódica da proteção sobre os blocos.

Nas outras 5 obras (17,86%) eram utilizados outros tipos de revestimentos, como textura com massa acrílica, grafitado, etc.

CAPÍTULO V

5. ENSAIOS COMPLEMENTARES

A carência de dados que reflitam o comportamento das alvenarias frente à ação da água e, igualmente, a pouca informação sobre o desempenho acústico das alvenarias de bloco de concreto e de bloco cerâmico, em situações reais diversas, motivaram a execução de alguns ensaios para avaliação de características das paredes com relação aos agentes água e som.

Mesmo trabalhando-se com amostras pequenas, por não estarem estes ensaios dentro do escopo principal do trabalho, os resultados servem para mostrar algumas interessantes tendências de comportamento.

Um outro ensaio, bastante simples, com relação à resistência da argamassa de assentamento com uso retardado é mostrado neste capítulo, procurando retratar os efeitos de um fato concreto observado em duas obras visitadas.

5.1 ENSAIOS DE ESTANQUEIDADE À ÁGUA EM PAREDES

Os ensaios visam analisar o comportamento, quanto à estanqueidade, de paredes com blocos estruturais de concreto e cerâmicos em diversas situações.

São objetos de variação, basicamente:

- juntas vertical e transversal;
- tipo de bloco;
- revestimento.

Primeiramente, realizar-se-á uma breve introdução teórica sobre o assunto para facilitar a compreensão dos ensaios bem como dos resultados.

5.1.1 CAPILARIDADE EM PAREDES

a) Descrição do processo de capilaridade

O transporte de água por capilaridade é consequência da força de aspiração capilar, que é exercida nos poros de um material hidrófilo. Esta força é uma ação combinada da tensão superficial da água e da adesão das moléculas de água na superfície interna do poro.

Um material é dito hidrófilo quando a adesão é forte, ou seja, o material será facilmente molhado pela água. Quando a adesão é fraca diz-se que o material é hidrófugo, ou seja, a água não entrará facilmente em contato com os poros do material.

b) Transporte de água devido a forças externas

A força do vento lança a água da chuva sobre as fachadas dos edifícios e a ação da gravidade atua de maneira a causar um escoamento da água sobre a superfície. Quando a água encontra uma fenda ou trinca em uma parede ela tende a penetrar. Portanto, segundo POLESSINI (1986), para que haja penetração de água em uma edificação são necessárias três condições:

- 1º) água sobre a superfície;
- 2º) aberturas (fendas, trincas ou rachaduras) que permitam a água penetrar;
- 3º) forças que pressionam a água pelas aberturas.

POLESSINI (1986) salienta que as forças que pressionam a água pelas aberturas são:

- força resultante da energia cinética das gotas de chuva;
- força de aspiração capilar;
- força da gravidade;
- força da pressão do vento.

DIAMANT (1967) aponta que numa parede maciça a penetração de água ocorre:

1º) devido somente à energia cinética, quando a gota de chuva, impulsionada contra a parede, encontrar uma abertura que tenha largura superior a 4,5 mm;

2º) devido a capilaridade, quando a água de chuva encontrar uma abertura com largura menor que 0,5 mm;

3º) devido à gravidade, quando a abertura está em posição descendente e possui uma dimensão superior a 0,5 mm;

4º) devido à pressão do vento, quando a abertura possui dimensões entre 0,013 mm e 6 mm;

5º) devido à pressão do vento e capilaridade, concomitantemente, quando a água é transportada por ação capilar até o seu limite e a pressão do vento empurra ainda mais a água para o interior da parede, podendo chegar até a outra face.

A penetração de água nos edifícios, através dos elementos constituintes de sua envoltória exterior, está associada fundamentalmente a dois fatores climáticos: chuva e vento. Sem o vento, a chuva cairia verticalmente e pouco molharia as paredes externas do edifício, bem como haveria pouca ou nenhuma diferença de pressão entre o interior e o exterior do edifício. Além disso, outras características que condicionam a penetração de água de chuva são a forma e a constituição dos materiais empregados em uma edificação, que vão determinar a intensidade dos fenômenos de capilaridade, difusão e absorção de umidade, bem como da ação da força da gravidade na penetração de água nas fendas ou trincas.

Segundo POLISSENI (1986), para prevenir esse tipo de umidade nas edificações é necessário dar uma maior importância para a envoltória do edifício, levando-se em consideração:

- as condições climáticas locais (direção, intensidade do vento e precipitações);
- análise da fachada quanto aos detalhes construtivos, os quais têm como finalidade expulsar a água da mesma (pingadeiras, molduras, etc.), protegendo as juntas, janelas, portas e as paredes;

- verificação através de ensaios de desempenho quanto à estanqueidade à água dos componentes (janelas, portas, etc.) e dos elementos (paredes com o sistema de pintura);
- avaliação do desempenho ao longo do tempo e programação da manutenção, através da análise da durabilidade das soluções empregadas.

Com as precauções acima tomadas e o acompanhamento em obra da execução do projeto, os riscos de penetração de umidade serão minimizados.

O *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* – CSTB (1982) define que uma parede deve apresentar as seguintes características:

- possuir estabilidade mecânica quando solicitada a carregamento normal ou sofrer deformação imposta por fenômenos térmicos e climáticos;
- ser segura em caso de incêndio, sismo ou outras solicitações excepcionais;
- ser impermeável a água de chuva;
- contribuir para a satisfação das exigências higrotérmicas e acústicas do usuário;
- contribuir para a estética da edificação.

5.1.2 DESCRIÇÃO DO ENSAIO DE ESTANQUEIDADE

O ensaio adotado consiste em submeter um trecho de parede à presença da água por meio de uma câmara acoplada à parede, tomando-se por base procedimento de ensaio utilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-SP). O ensaio permite avaliar o desempenho da alvenaria quanto à estanqueidade à água, ou seja, verificar as características de permeabilidade da parede.

A câmara tem um formato de caixa (32,5x16x8,5cm) e contém no seu perímetro uma moldura para acoplamento à parede (por meio de silicone), ilustrado na Figura 33 (b) e (c). Utiliza-se uma bureta graduada em mililitros (ml) para possibilitar medir o volume de água eventualmente infiltrado através da superfície aberta da caixa, na face em contato com a parede. Caso haja infiltração de água na

parede, o mesmo volume de água infiltrado será reposto pela água contida na bureta, mantendo-se constante o nível de água no interior da câmara e permitindo-se assim a quantificação da água infiltrada.



(a)



(b)



(c)

Figura 33 – (a) Tipologia das paredes, (b) fixação da câmara às paredes com a respectiva bureta e, (c) detalhe da localização da câmara na parede.

Resumidamente, o ensaio consiste em:

- 1º) fixar a câmara de ensaio na parede, selando-se suas bordas com silicone;
- 2º) preencher com água a câmara e a bureta, registrando-se o nível inicial;
- 3º) registrar o nível de água na bureta após os seguintes períodos: 0 hora, $\frac{1}{4}$ hora, $\frac{1}{2}$ hora, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 8 horas;

4º) após 24 horas verificar ocorrência de manchas de umidade na face oposta da parede onde acopla-se a caixa.

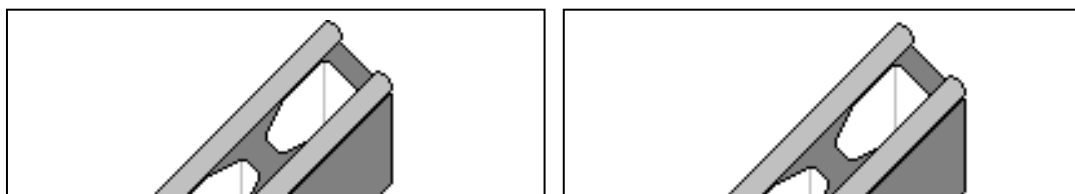
Para cada um dos períodos relacionados anteriormente registra-se o volume de água infiltrado, obtido pela diferença entre o nível de cada período e o nível inicial da água contida na bureta.

5.1.3 TIPOLOGIA DAS PAREDES ENSAIADAS

Os testes de estanqueidade foram realizado em 2 paredes de blocos de concreto e outras 2 compostas de blocos cerâmicos em 3 situações de revestimentos para cada um dos tipos de blocos, totalizando 12 ensaios. As dimensões destas paredes eram de 120x100x14 (comprimento, altura e espessura, respectivamente, em centímetros), ilustradas na Figura 33a. As paredes foram construídas representando 4 diferentes situações quanto ao tipo de bloco e juntas:

- a) blocos de concreto e argamassamento somente nas juntas longitudinais, sem preencher as juntas verticais (Figura 34a);
- b) blocos de concreto e argamassamento nas juntas longitudinais e verticais (Figura 34b);
- c) blocos cerâmicos e argamassamento somente nas juntas longitudinais dos blocos, sem preencher as juntas verticais e transversais (Figura 34c);
- d) blocos cerâmicos e argamassamento nas juntas longitudinais, transversais e verticais dos blocos (Figura 34d).

Não foram preenchidas as juntas transversais dos blocos de concreto, porque esta é a situação verificada em obra com tal tipo de bloco.



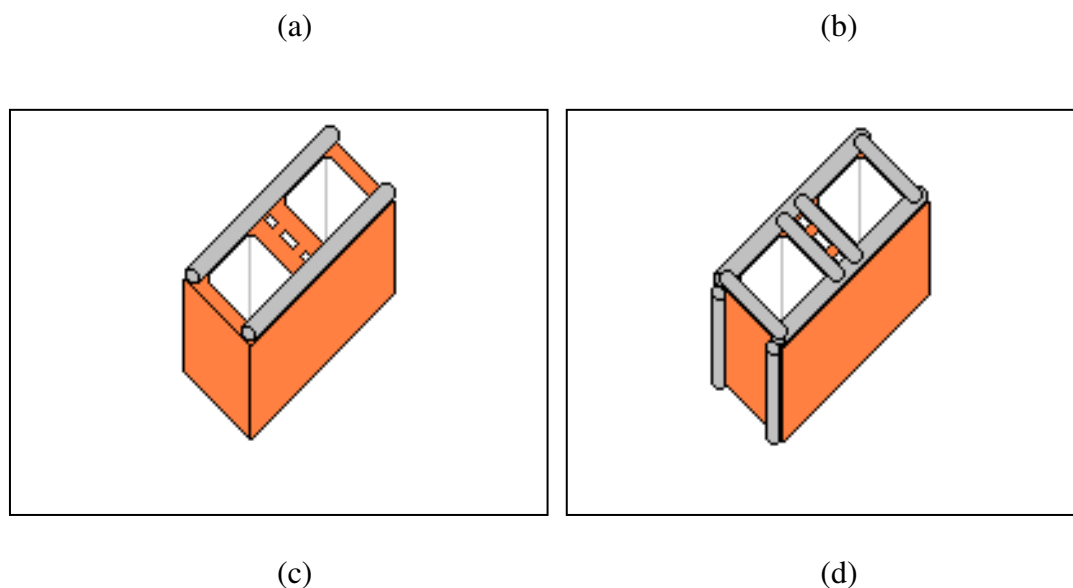


Figura 34 – Disposição das juntas de argamassa nas paredes dos blocos, representando as situações do ensaio de estanqueidade.

Empregou-se argamassa de assentamento com traço 1:1:6 (cimento:cal:areia, em volume), sendo os blocos assentados com canaleta e a parede na situação de junta amarrada. Quanto ao revestimento, em cada parede as condições foram as seguintes:

- 1º) sem revestimento;
- 2º) revestimento de argamassa de 2,5 cm em uma face, representando o lado externo;
- 3º) revestimento de argamassa de 2,5 cm em uma face, representando o lado externo e revestimento de 1,0 cm na outra face, representando o lado interno.

Antes de executar o revestimento, as paredes foram chapiscadas com cimento e areia de granulometria grossa, com traço 1:3 em volume.

O revestimento era composto de argamassa de traço 1:2:9 (cimento:cal:areia, em volume) sendo que a areia e a cal eram deixadas em descanso por um período mínimo de 24 horas antes da aplicação na parede.

5.1.4 RESULTADOS

5.1.4.1 Paredes sem revestimento

Nas quatro situações analisadas, ao realizar-se o ensaio de estanqueidade em paredes sem revestimento, houve infiltração de água pelas juntas de argamassa, quase que instantaneamente, impossibilitando a leitura na bureta. A percolação de água ocorreu nas duas faces da parede.

O comportamento foi diferenciado nas paredes com blocos cerâmicos e de concreto. Nas de blocos cerâmicos a percolação ocorreu pelas juntas da argamassa e nas de blocos de concreto a percolação foi visualizada nos próprios blocos.

5.1.4.2 Paredes com revestimento em uma das faces

As paredes, com revestimento de 2,5 cm de espessura em uma das faces (representando o reboco do lado externo da edificação), foram testadas com e sem preenchimento da junta vertical. O dispositivo do ensaio onde colocava-se a água era fixado na face da parede revestida.

a) Blocos de concreto

Pela análise da Figura 35, observa-se a tendência de parede construída com blocos de concreto, onde é preenchida a junta vertical, absorver volume maior de água, quando comparada com paredes em condições semelhantes, porém sem o preenchimento da junta vertical.

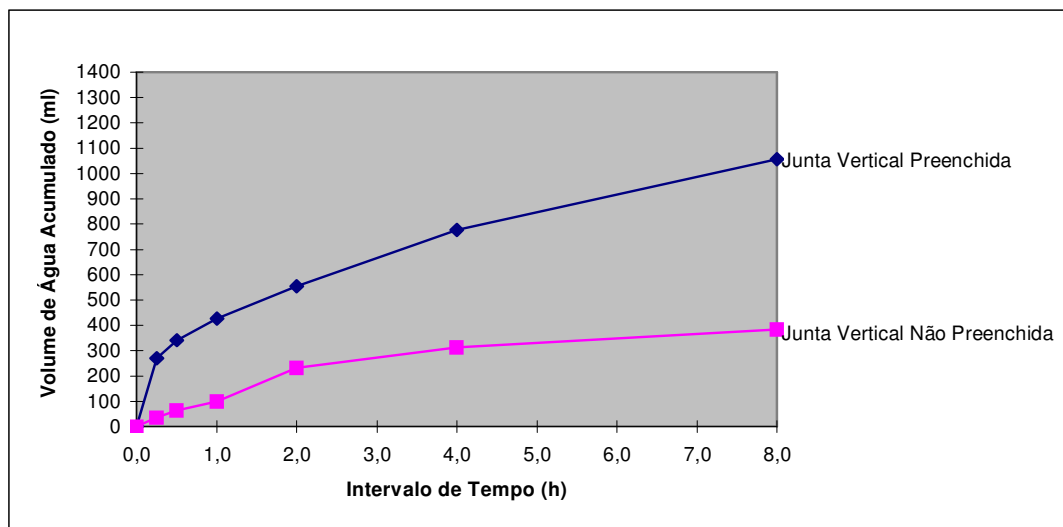


Figura 35 – Permeabilidade em paredes de blocos estruturais de concreto com revestimento em uma das faces.

b) Blocos cerâmicos

A parede construída com blocos cerâmicos, revestida em uma das faces, apresentou menor permeabilidade, isto é, maior estanqueidade à água na situação de não preenchimento da junta vertical, como pode ser observado na Figura 36.

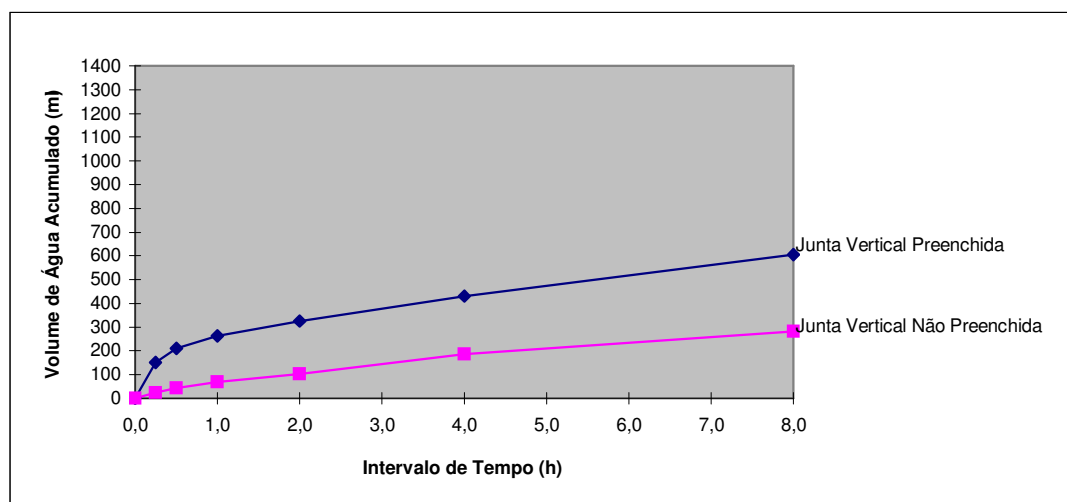


Figura 36 – Permeabilidade em paredes de blocos estruturais cerâmicos com revestimento em uma das faces.

O comportamento das paredes de blocos cerâmicos e de blocos de concreto, com revestimento em uma das faces, foi semelhante, quanto a influência da junta vertical, ocorrendo em ambas a maior permeabilidade na situação de junta vertical preenchida. No entanto, os volumes de água acumulados, em ambas situações de juntas, foram maiores nas paredes de blocos de concreto.

5.1.4.3 Paredes com revestimento nas duas faces

Paredes com revestimento de argamassa com 2,5 cm de espessura (representando o lado externo) e 1,0 cm (representando o lado interno da edificação) foram testadas igualmente com e sem preenchimento da junta vertical. O dispositivo do ensaio onde colocava-se a água, era fixado na face da parede com revestimento de 2,5 cm de espessura.

a) Blocos de concreto

Na Figura 37 encontra-se o resultado da permeabilidade em parede com blocos de concreto e revestimento nas duas faces, ocorrendo comportamento semelhante ao dos casos anteriores, quanto ao tipo de junta. Mesmo ensaiada uma parede em cada situação, verifica-se a tendência de paredes com blocos de concreto, sem preenchimento da junta vertical, apresentarem maior estanqueidade à água, quando comparadas às com preenchimento da junta vertical. Isto pode ser explicado em função do aumento de pontes para a passagem de umidade, na condição de preenchimento da junta vertical.

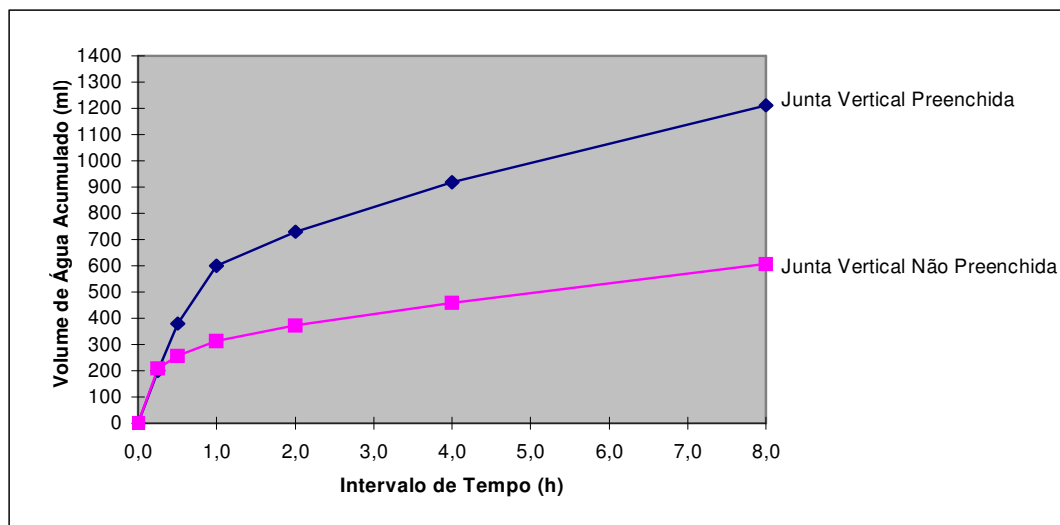


Figura 37 – Permeabilidade em paredes de blocos estruturais de concreto com revestimento nas duas faces.

b) Blocos cerâmicos

A parede construída com blocos cerâmicos e revestida nas duas faces apresentou menor permeabilidade, isto é, maior estanqueidade à água, também na situação de não preenchimento da junta vertical, como pode ser observado na Figura 38.

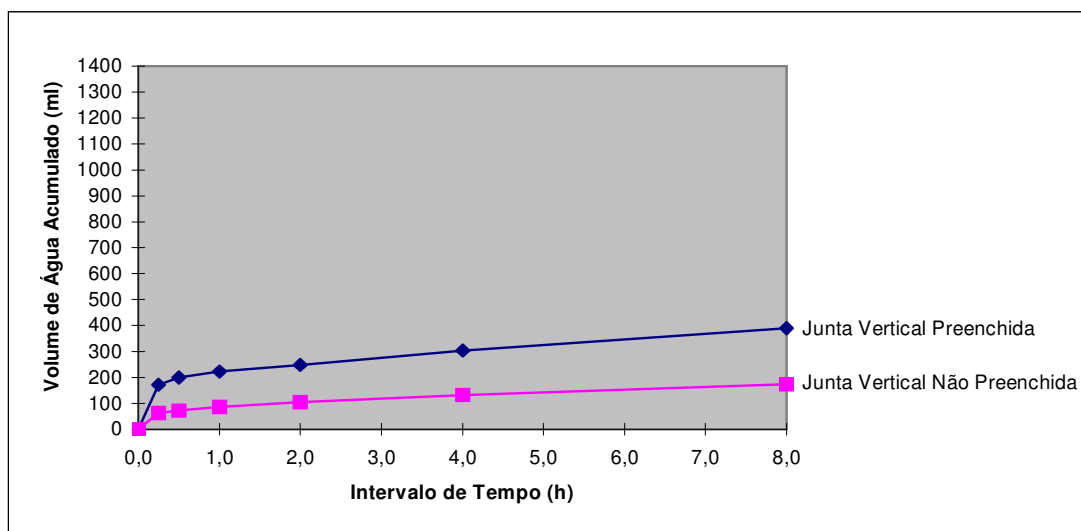


Figura 38 – Permeabilidade em paredes de blocos estruturais cerâmicos com revestimento nas duas faces.

Nesta condição de revestimento, a parede construída com blocos cerâmicos apresentou melhor performance, comparada às demais situações descritas anteriormente, isto é, o volume de água acumulado em seu interior foi menor, mesmo considerando o preenchimento das juntas transversais, sendo que isso é válido para paredes com e sem preenchimento da junta vertical.

5.2 ENSAIOS ACÚSTICOS

Os ensaios realizados são de medição da isolamento sonora em paredes construídas com blocos estruturais cerâmicos. São comparados os comportamentos acústicos de paredes com e sem preenchimento da junta vertical. Esta última situação, como citada no capítulo 4, tem sido empregada por influência de algumas tecnologias inovadoras, no entanto, não se tem ainda dados do comportamento das paredes, nesta situação, à luz de ensaios técnicos.

Primeiramente, realizar-se-á uma breve introdução teórica sobre acústica, para facilitar a compreensão do mecanismo de transmissão do ruído aéreo em paredes, bem como do cálculo da isolamento acústica.

5.2.1 CONCEITOS BÁSICOS

a) **Som:** É um distúrbio, que se propaga por meio elástico, causando uma alteração de pressão ou deslocamento de partículas do material, e pode ser reconhecido por uma pessoa ou por um equipamento, sendo considerado como um sinal acústico que produz sensação agradável.

b) **Ruído:** São os sons desagradáveis ao ouvido humano. Geralmente os sons têm uma composição harmônica, enquanto que os ruídos são sons complexos, de composição harmônica não definida.

c) **Frequência:** Quando um elemento vibra, cumpre um movimento oscilatório que se repete várias vezes por segundo. Denomina-se frequência o número de ciclos completos de vibração por unidade de tempo e sua unidade de medição é o Hertz (Hz). Para que um som seja ouvido pelo homem, sua frequência deve estar na faixa de 20 Hz a 20.000 Hz.

d) **Nível de pressão sonora:** A intensidade do som depende do valor da pressão sonora. Um som fraco, apenas audível pelo homem, tem uma pressão sonora da ordem de 2×10^{-5} Pascal (limite de audição). Ao contrário, uma pressão sonora elevada, da ordem de 20 Pascais é a máxima pressão que o ouvido humano pode suportar (limite de dor). Utiliza-se uma unidade adimensional, chamada decibel (dB), para expressar a intensidade do som.

e) **Ruído de fundo:** Conjunto de sons e ruídos que ocorrem conjuntamente com o fato sonoro objeto de interesse ou consideração específica.

f) **Reverberação:** É o fenômeno de desaparecimento gradual da energia sonora, após a interrupção da fonte sonora.

g) **Tempo de reverberação:** É definido como o tempo necessário para que o nível de pressão sonora decresça 60 dB, após a interrupção da fonte sonora.

h) **Ruído rosa:** É o som que possui o mesmo nível de pressão sonora (dB) para todas as frequências.

i) **Decibel A ou dB(A):** O nível de pressão sonora é o resultado da medição de som que abrange todo espectro audível, expresso em dB, realizada com um medidor de nível sonoro. Em muitos casos, o medidor de nível sonoro incorpora filtros com curvas de resposta que se assemelham à resposta do ouvido humano. Nesse caso, dizemos que o medidor de nível sonoro foi compensado de acordo com diferentes curvas de compensação. Quando não se usa compensação, a medida é dita linear. A curva mais utilizada é a curva de compensação

‘A’, e a leitura do medidor é expressa em dB(A). A curva de compensação ‘A’ correlaciona como um nível sonoro será ouvido pelo homem.

5.2.2 ISOLAMENTO ACÚSTICO

O **isolamento acústico** serve para minimizar os efeitos, em um ambiente, de um som gerado em outro. Pode-se usar dois termos semelhantes: *isolação sonora* e *isolamento sonoro*. A *isolação sonora* refere-se ao comportamento acústico de um único elemento construtivo. O *isolamento sonoro* refere-se ao grau de impermeabilidade aos sons e ruídos de sua envoltória, englobando os desempenhos quanto à *isolação sonora* de seus diversos elementos construtivos ou vedos, tais como, paredes, piso e teto de um recinto.

Os dois tipos de ruídos presentes em uma edificação são o ruído aéreo e o de impacto. O ruído aéreo ocorre quando a fonte geradora do som atua diretamente sobre o ar, como, por exemplo, vozes, instrumentos musicais, aparelhos de reprodução sonora, etc. Já o ruído de impacto ocorre quando a fonte geradora de ruído é uma vibração, contínua ou de impacto, gerada diretamente sobre a estrutura e que se transmite por meio sólido.

O presente trabalho limitar-se-á ao estudo sobre *isolação acústica* de ruídos aéreos em paredes, por ser este o elemento construtivo principal da alvenaria estrutural.

O processo de transmissão do ruído aéreo pode ser descrito da seguinte forma: uma onda sonora, ao incidir sobre uma parede, imprime a esta um movimento vibratório, e este movimento, ao comprimir e expandir as moléculas de ar imediatamente próximas à camada oposta da divisória, gera um som no recinto.

Visto de uma forma mais específica, quando uma onda sonora de energia E_i , alcança uma parede, se divide em duas, uma energia refletida E_r e uma absorvida E_a . Essa última, por sua vez, se decompõe em uma energia dissipada no interior da parede E_d e uma transmitida através da parede E_t , conforme esquema da Figura 39.

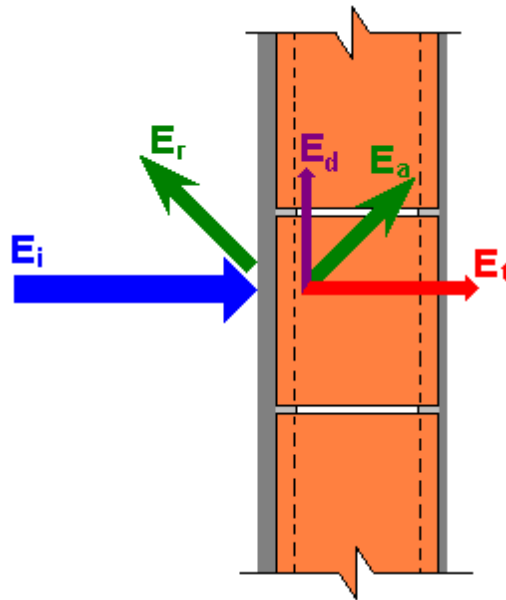


Figura 39 – Reflexão, dissipação e transmissão do som em uma parede.

Na prática, não se dispõe dos valores da energia incidente e transmitida, então mede-se os níveis de pressão sonora (N) de um recinto e de outro. Define-se assim o isolamento acústico entre recintos (D), medido em dB, como:

$$D = N_1 - N_2$$

O nível de pressão sonora, tanto nas salas emissora como receptora, é tomado como o valor médio dos níveis existentes em várias posições da sala. Isto é feito com o fim de se eliminar erros gerados pela presença de ondas estacionárias.

Devemos notar que sempre haverá transmissão lateral, já que o som pode chegar através de outros caminhos. Por este motivo, o índice de redução acústica (R) é determinado em câmaras especiais, chamadas câmaras reverberantes, onde é garantido que as transmissões laterais são desprezíveis.

A Lei das Massas prevê um aumento de 6 dB no isolamento, a cada vez que se duplica a massa por unidade de superfície do material constituinte da parede. Da mesma forma, pode-se ver que o isolamento sobe 6 dB, cada vez que se duplica a frequência da onda sonora incidente (Lei da Frequência).

Segundo o CSTB (1982), o índice de redução acústica (R), depende da massa e também do espectro de emissão escolhido. O isolamento de um painel aumenta com a massa, mas de uma maneira muito lenta, porque sua variação é do tipo logarítmica como é mostrado na Tabela 8.

TABELA 8 – Índice de redução acústica em função da massa da parede.

MASSA (m)	ÍNDICE DE REDUÇÃO ACÚSTICA (R)
$m < 150 \text{ Kg/m}^2$	$R = 17 \log m + 4 \text{ dB(A)}$
$m > 150 \text{ Kg/m}^2$	$R = 40 \log m - 46 \text{ dB(A)}$

Um outro aspecto importante a considerar é que, considerando-se a frequência crítica dos materiais, as equações citadas não se aplicam. Por essa razão, resultados precisos só poderão ser obtidos através de ensaios. No entanto, a maioria dos índices de redução acústica dos painéis simples, medidos em laboratório, respeitam estas equações, com um desvio de $\pm 2,5 \text{ dB(A)}$.

A Lei das Massas tem a vantagem de permitir a determinação rápida da isolação de um vedo. Os fatores que influem na isolação de uma parede são:

a) Porosidade dos componentes;

b) Dimensões do painel;

c) Fatores diversos:

- nível de pressão sonora do local de emissão;
- distribuição espectral do ruído;
- índice de redução acústica;
- superfície da parede divisória;
- absorção total da sala receptora;
- tempo de reverberação do local;
- condições dos ambientes (paredes adjacentes, móveis, aberturas, cortinas, carpetes, etc.).

5.2.3 DESCRIÇÃO DO ENSAIO DE ISOLAÇÃO

O desempenho acústico das alvenarias foi avaliado sob a ótica do parâmetro de isolamento sonora por faixas de frequência, sendo os ensaios realizados no Laboratório de Termo-Acústica do Centro de Tecnologia da UFSM, através de duas câmaras reverberantes (emissão e recepção). Os ensaios seguem a norma internacional ISO 140 (1978).

Através de caixa de som é gerado um ruído, na câmara de emissão, por faixas de frequências de terças de oitava, nas frequências de 100 Hz a 4.000 Hz. São medidos os níveis de pressão sonora nesta câmara e na de recepção, além do ruído de fundo e tempo de reverberação, em cada faixa de frequência.

Os valores são medidos e calculados em cada uma das faixas de frequência de terço de oitava consideradas, empregando-se um analisador acústico BK 4418, conforme as especificações do fabricante. Os índices de redução acústica obtidos em dezesseis faixas de frequências, de 100 Hz a 4.000 Hz, são plotados em gráfico Perda de Transmissão x Frequência.

5.2.4 TIPOLOGIA DAS PAREDES ENSAIADAS

Foram construídas, com blocos estruturais cerâmicos de dimensões 14x19x29 cm, em períodos de tempo diferentes, duas paredes de 12 metros quadrados (4 metros de largura por 3 de altura), tendo uma as juntas verticais preenchidas com argamassa e a outra não. As duas paredes foram ensaiadas nas condições descritas na Tabela 9.

TABELA 9 – Condições das paredes ensaiadas acusticamente.

PAREDE		
IDENTIFICAÇÃO	CONDIÇÕES	MASSA TOTAL (kg/m ²)
CJ-0R	- com junta vertical preenchida - sem revestimento	145,00
CJ-1R	- com junta vertical preenchida - revestimento de 2,5 cm na face de emissão do som	196,25
CJ-2R	- com junta vertical preenchida - revestimento de 2,5 cm na face de emissão do som - revestimento de 1,0 cm na face de recepção do som	216,75
SJ-1R	- sem junta vertical preenchida - revestimento de 2,5 cm na face de emissão do som	180,25
SJ-2R	- sem junta vertical preenchida - revestimento de 2,5 cm na face de emissão do som - revestimento de 1,0 cm na face de recepção do som	200,75

Observações:

- As argamassas de assentamento e revestimento utilizadas foram de traço 1:1:6 (cimento:cal:areia, em volume).
- Os ensaios foram realizados com, no mínimo, uma semana de cura da argamassa.

5.2.4 RESULTADOS

Na Figura 40 são mostrados os resultados obtidos nos ensaios de isolamento nas 5 diferentes situações analisadas.

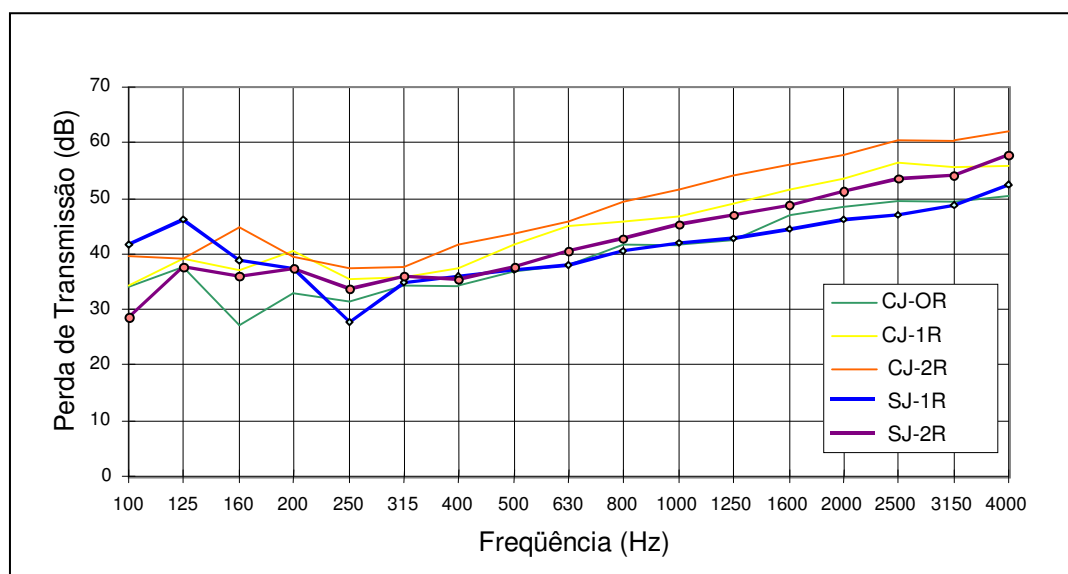


Figura 40 – Espectro de freqüência para os valores de isolamento acústica (dB).

Pela análise do gráfico, verifica-se diferentes comportamentos acústicos das paredes quanto ao preenchimento da junta vertical. Isto pode ser constatado ao comparar-se os resultados de CJ-1R e CJ-2R (junta vertical preenchida) com SJ-1R e SJ-2R (junta vertical não preenchida), onde verifica-se que paredes com preenchimento da junta vertical apresentaram performance superior às sem preenchimento da junta vertical.

TABELA 10 – *Comparação dos resultados obtidos nos ensaios com os calculados pela Lei das Massas.*

IDENTIFICAÇÃO	RESULTADOS DOS ENSAIOS	PREVISÃO PELA LEI DA MASSA (CSTB)
CJ-0R	PT = 41,0 dB (A)	PT = 40,7 dB (A)
CJ-1R	PT = 45,6 dB (A)	PT = 45,7 dB (A)
CJ-2R	PT = 48,4 dB (A)	PT = 47,4 dB (A)
SJ-1R	PT = 40,9 dB (A)	PT = 44,2 dB (A)
SJ-2R	PT = 43,4 dB (A)	PT = 46,1 dB (A)

Analisando os resultados da Tabela 10, observa-se que os valores de PT das paredes CJ-0R, CJ-1R e CJ-2R, obtidos pela Lei das Massas (CSTB), estão de acordo com os obtidos nos ensaios, pois apresentaram um desvio relativo menor que 2,5 dB(A). Já os valores obtidos para SJ-1R e SJ-2R apresentam desvios maiores em relação aos valores do ensaio.

5.3 RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA EM FUNÇÃO DO TEMPO

Este ensaio foi realizado simulando-se o tempo de espera para uso da argamassa de assentamento, com os componentes já misturados, em intervalos sucessivos de 2 horas, até um período máximo de 8 horas.

O traço de argamassa utilizado para este experimento foi 1:1:6 (cimento:cal:areia, em volume) e as características físicas dos materiais são mostradas na Tabela 11.

TABELA 11 – *Características dos materiais utilizados para composição do traço da argamassa de assentamento.*

MATERIAL	MASSA UNITÁRIA (kg/dm ³)	CARACTERÍSTICAS
Cimento	0,967	Pozolânico CP IV – 32
Cal	0,671	Hidratada
Areia	1,554	Média Lavada

Foram moldadas 5 séries de 6 corpos-de-prova, espaçadas por intervalos de 2 horas. Fixou-se a mesma consistência da argamassa para cada série de moldagem, com a finalidade de se obter a trabalhabilidade necessária para o assentamento de blocos estruturais, utilizando a canaleta. O valor desta consistência, 230 ± 10 mm, foi controlado por ensaio na mesa de consistência (NBR 7215/82), sendo necessário adicionar água na argamassa ao longo do tempo, para manter este índice, semelhantemente ao que foi observado em obra.

Procedeu-se a desmoldagem 2 dias após a moldagem dos corpos-de-prova, os quais foram deixados 26 dias em câmara úmida.

Na Tabela 12 estão expressos os resultados de resistência à compressão dos corpos-de-prova cilíndricos de argamassa de 5x10 cm ensaiados e os respectivos percentuais de queda de resistência com o tempo

TABELA 12 – *Resistência à compressão da argamassa, com moldagem retardada.*

Espera na moldagem dos corpos de prova (h)	0	2	4	6	8
Média (MPa)	2.97	2.63	2.29	2.26	1.68
Coefficiente de variação (%)	14.03	6.35	7.27	2.26	4.22
Decréscimo da resistência (%)	0,00	11,45	22,90	23,91	43,43

Verifica-se, através destes ensaios, que a resistência da argamassa à compressão fica prejudicada pelo tempo de espera para uso, podendo sofrer reduções próximas a valores de 50% da resistência inicial, em um período de 8 horas .

Este ensaio foi realizado porque constatou-se através das visitas e aplicação do questionário, que não se tinha, em duas obras, o cuidado de se utilizar a argamassa logo após sua confecção, chegando, em certas situações, a argamassa ser misturada no início dos trabalhos e seu consumo ocorrer ao longo do dia.

Mesmo sem realizar ensaios de aderência, pode-se afirmar que também esta propriedade da alvenaria fica fortemente prejudicada por este tempo de demora até a utilização da argamassa no assentamento.

Através da Figura 41 pode-se observar a visível queda de resistência ao longo do tempo.

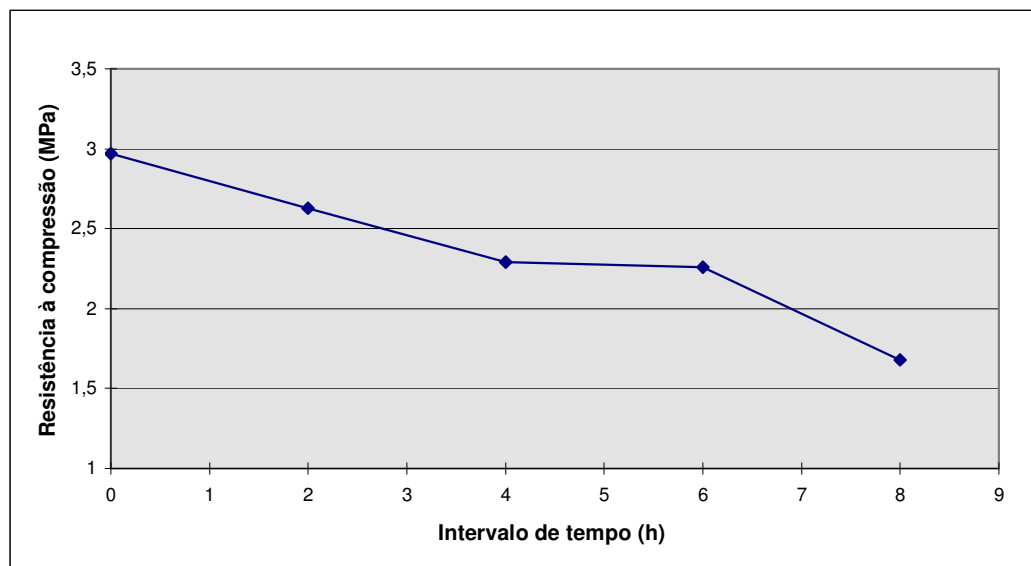


Figura 41 – Decréscimo de resistência da argamassa com moldagem retardada.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

As hipóteses levantadas no início deste trabalho foram confirmadas parcialmente. Em várias situações, a definição de quais técnicas construtivas a empregar ocorria na fase de projeto, mas a aplicação destas, em alguns casos, não seguia o que foi pré-determinado, sendo as mesmas executadas conforme decisão dos próprios operários na obra. Situação semelhante ocorria quando havia carência de detalhamento nos projetos.

Há fatores perceptíveis que identificam a técnica mais econômica a ser aplicada sem prejuízo à qualidade, porém verificou-se que, em muitos casos, prevaleceu o fator econômico, em detrimento à qualidade.

Conforme relatos, conclui-se que ao serem implantadas novas técnicas construtivas ocorre, por parte dos operários e de empresários, certa aversão às mudanças, pois isto lhes altera a rotina de trabalho, mas com o decorrer do tempo há uma inversão desta situação. Segundo ARAÚJO (1995), não importa o tempo de experiência dos operários, aos poucos e com metodologia bem empregada, consegue-se modificar conceitos e atitudes dos mesmos.

A aplicação de diretrizes de racionalização construtiva, constitui-se numa alternativa para o desenvolvimento e avanço tecnológico do sistema de alvenaria estrutural. O controle da interface entre o projeto e a execução proporciona melhores condições de trabalho, menor desperdício de materiais, evita retrabalhos, ocasionando uma redução no cronograma de obra.

Através do levantamento de dados foi possível obter um quadro geral de como o sistema construtivo de alvenaria estrutural está sendo aplicado em três representativos estados do Brasil.

Os ensaios complementares permitiram, por sua vez, a verificação de algumas interessantes tendências de comportamento da alvenaria.

Descreve-se, a seguir, as conclusões específicas do trabalho:

- Observou-se, pelo levantamento de dados, que o número de tipos de peças mais indicado é 5, isto porque um pequeno número de tipos de bloco (três) leva à necessidade de quebras, enquanto que um grande número (nove) dificulta a execução, sendo que ambos extremos reduzem a produtividade;
- A grua foi utilizada em um número reduzido de obras, mas salienta-se que este tipo de equipamento de transporte é o mais indicado para otimização do sistema de alvenaria estrutural;
- Poucas obras protegiam os blocos contra intempéries, fato que pode representar um problema, visto que essa proteção pode evitar o surgimento de patologias na alvenaria;
- Em alguns casos, a identificação dos blocos com diferentes resistências características era feita de forma muito empírica;
- Para a execução da alvenaria utilizavam, basicamente, as plantas de 1ª fiada e elevações das paredes, sendo a planta de 2ª fiada, não empregada na maioria dos casos. A grande importância da mesma é, na realidade, na fase de projeto;
- O número de obras onde havia juntas à prumo era elevado, necessitando-se de procedimentos específicos para amarração das alvenarias com elementos

metálicos. A junta em amarração, sempre que possível, é a mais indicada, na maioria das situações;

- A argamassa de cimento, cal e areia foi a mais utilizada, porém observou-se que, em alguns casos, empregou-se argamassa somente de cimento e areia. Esta, no entanto, é inadequada para utilização no sistema de alvenaria estrutural, porque seu uso pode resultar em patologias na estrutura;
- Misturador de argamassa com eixo horizontal, localizado no local de assentamento da alvenaria, foi equipamento adotado por apenas algumas construtoras. Este equipamento favorece a racionalização do sistema;
- Poucas obras adotavam placas de identificação das quantidades de materiais que compõem os traços utilizados nas mesmas. A utilização de tais placas é interessante para diminuir a possibilidade de erros;
- O controle de resistência da argamassa, do graute, dos blocos e dos prismas não seguia, na maioria dos casos, o recomendado pela norma brasileira;
- Em algumas obras havia demasiada demora desde a confecção da argamassa até sua utilização. Isto pode representar reduções na resistência da argamassa em até 50%, com possíveis prejuízos na qualidade da obra;
- A colher de pedreiro e o desempeno foram os equipamentos básicos mais utilizados para o assentamento da alvenaria, e estes, sendo bem utilizados, proporcionam boa produtividade;
- Para nivelamento da primeira fiada foram necessárias, na maioria das obras, juntas com espessura de 1 a 2 cm, sendo a mesma considerada ideal para o sistema. Isto só foi possível em função de cuidados especiais para nivelamento da laje, adotados durante a concretagem;

- As juntas transversais dos blocos de concreto não eram preenchidas com argamassa, em função da não coincidência integral das paredes transversais destas unidades, quando assentadas em amarração. Assim, o seu preenchimento seria um desperdício de material;
- A junta vertical era preenchida na grande maioria das obras em estudo;
- Verificou-se, em diversos casos, a incompatibilidade entre as resistências do graute e do bloco. Eram utilizados grautes de resistências baixas em blocos de altas resistências e vice-versa. O graute, em geral, deve ter a mesma resistência do bloco na área líquida;
- Os vãos de janelas eram, na maioria dos casos, padronizados em relação à modulação do bloco, não ocorrendo o mesmo para os vãos de portas, muitas vezes, para os quais soluções não racionais foram observadas para regularização destas aberturas. Projeto e blocos adequados podem solucionar este inconvenientes, na maioria dos casos;
- Poucas obras adotaram projetos elétricos previstos concomitantemente com os de alvenaria, havendo necessidade, em alguns casos, de rasgos nas paredes decorrentes da falta de integração entre projetos;
- Contra-marcos pré-moldados foram elementos construtivos utilizados, por algumas construtoras, para a otimização da instalação das janelas;
- Verificou-se que, em várias situações, paredes consideradas hidráulicas eram unidas, por junta em amarração, a paredes estruturais e encunhadas na laje com argamassa expansiva, ficando assim submetidas a carregamento para qual não haviam sido projetadas. As paredes hidráulicas não devem ter forte vinculação com a estrutura;

- Nos ensaios de estanqueidade à água, em paredes sem revestimento, verificou-se diferentes comportamentos nas construídas com blocos cerâmicos quando comparadas às de blocos de concreto. Nas de blocos cerâmicos a percolação de água ocorreu pelas juntas de argamassa e nas de blocos de concreto a percolação foi visualizada nos próprios blocos;
- Os comportamentos das paredes de blocos cerâmicos e de blocos de concreto, revestidas, foram semelhantes, quanto à influência da junta vertical, ocorrendo sempre a maior permeabilidade na situação de junta vertical preenchida;
- Nos ensaios de isolamento acústica em paredes, verificou-se que aquelas com preenchimento da junta vertical com argamassa apresentaram performance superior às sem preenchimento da junta;
- Verificou-se que a resistência à compressão da argamassa de assentamento fica prejudicada pelo tempo de espera para uso, podendo sofrer reduções próximas a valores de 50% da resistência inicial, em um período de 8 horas .

Em vista dessas considerações, conclui-se que, basicamente, as obras estão explorando apenas parte do potencial construtivo do sistema de alvenaria estrutural.

6.2 RECOMENDAÇÕES

6.2.1 RECOMENDAÇÕES PARA OBRAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

6.2.1.1 Requisitos do Projeto de Alvenaria Estrutural

Recomenda-se para o sistema construtivo de alvenaria estrutural um projeto único, com visão sistêmica, do qual constam, sub-projetos integrados e bem detalhados, apresentando, basicamente:

- Planta de fundações com posicionamento da 1ª fiada de blocos sobre as vigas, quando for o caso;
- Planta de 1ª fiada contendo: posicionamento de todos os blocos, cotas, vãos de aberturas (com indicações da fiada do peitoril), vazados a serem grauteados, posição da ferragem, identificação de passagem de tubulação, etc.;
- Planta de 2ª fiada para verificação das amarrações;
- Elevação de todas as paredes contendo: posições de caixas elétricas; quadros medidores; indicações da disposição, bitola e traspases das ferragens; tubulações hidrossanitárias, elétricas, telefônicas, de gás, bem como canaletas; vergas; contra-vergas e outros detalhes necessários;
- Detalhes de uniões entre paredes: juntas em amarração; com blocos especiais; ou juntas a prumo, com detalhamento das ferragens;
- Detalhes de lajes, escadas, poços de elevador e reservatórios;
- Especificação dos componentes básicos: família de blocos, indicando resistência característica (f_{bk}), resistência média dos prismas (f_p) e resistência média da argamassa (f_a).

Para representação gráfica do projeto deverão ser utilizadas, preferencialmente escalas 1:20 à 1:50 para as plantas de 1ª e 2ª fiadas e elevações; escalas 1:2 à 1:10 para detalhes, contendo sempre legendas claras e concisas.

6.2.1.2 Equipamentos Básicos

O sistema não requer, em princípio, equipamentos especiais em relação aos já tradicionalmente utilizados na construção civil. São necessárias as seguintes ferramentas básicas:

- régua metálica de 2 metros com bolhas de nível e prumo;
- martelo de borracha para acomodar os blocos;
- canaleta de alumínio, palheta, desempeno, bisnaga, colher de pedreiro (a que melhor se adequar), para assentamento dos blocos;
- nível, prumo e esquadro;
- carrinho de duas rodas pneumáticas;
- grua, preferencialmente, ou o tradicional elevador de obra (guincho).

6.2.1.3 Recursos Humanos

Mesmo sendo simples, o sistema construtivo de alvenaria estrutural requer um conhecimento minucioso de todas as técnicas que serão empregadas no processo a ser adotado. É necessário ter fundamentação e domínio de cada uma das etapas a serem executadas e da integração das mesmas.

O engenheiro, mestre de obras e demais operários devem ter conhecimento de interpretação de projeto e execução das técnicas de Alvenaria Estrutural, objetivando não somente rapidez de execução, mas principalmente qualidade do serviço.

Os operários devem ser instruídos, no mínimo, sobre:

- funcionamento básicos do sistema;
- tipos de blocos, pré-moldados e suas aplicações;
- argamassas: importância, preparo e aplicação;
- tipos e uso dos equipamentos mais empregados;
- forma da marcação e elevação de paredes;
- leitura de plantas de 1ª fiada e elevações;
- formas para o controle de qualidade na execução da alvenaria.

6.2.1.4 Controle de Qualidade

Em qualquer sistema construtivo, o controle de qualidade é fator preponderante para o cumprimento do estabelecido nos projetos, visando economia e segurança.

Sendo a alvenaria estrutural um sistema construtivo racionalizado, exigindo projetos integrados e bem detalhados, com especificação completa dos materiais, o controle de qualidade é mais fácil de ser implementado, constituindo-se num importante aferidor das mais diferentes etapas da obra.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui norma específica de Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto, NBR 8798/85 (NB-613), especificações de Blocos Vazados de Concreto e Cerâmicos para Alvenaria, NBR 6136/94 e NBR 7171/92, respectivamente, das quais destacamos os seguintes pontos:

- Controle de aceitação de blocos e inspeção: resistências à compressão característica e estimada;
- Aceitação ou rejeição de lotes de blocos;
- Controle de produção e de aceitação de argamassas e grautes: consistência e resistência à compressão;
- Controle de produção de parede: espessura, nível, alinhamentos vertical e horizontal;
- Controle de aceitação de paredes.

6.2.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nas tendências encontradas nos ensaios acústicos e de estanqueidade realizados neste trabalho, recomenda-se a realização de ensaios com maior amostragem, variando-se os tipos de blocos, espessuras de revestimento e pinturas. São importantes, igualmente, ensaios térmicos com paredes tendo junta vertical preenchida e não preenchida. Sugere-se ainda:

- Analisar as principais técnicas construtivas, isoladamente, procurando obter dados importantes, principalmente orçamentários;
- Estudar a eficiência de diferentes tipos de ligação entre paredes, principalmente junta amarrada e junta a prumo, sendo esta última, com diferentes tipos de elementos metálicos;
- Estudar outras possibilidades de formas para blocos, através de elementos finitos e modelos reduzidos, que permitam a superposição dos vazados dos blocos, quando utilizados com juntas em amarração, buscando aumentar a eficiência dos blocos nas paredes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALY, V. L. C. Tecnologia de processos construtivos de alvenaria estrutural de blocos sílico-calcáreos. In: **VI SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO**, 1987, São Paulo.
- ALY, V. L. C. & SABBATINI, F.H. **Determinação da capacidade resistente do elemento parede de alvenaria armada de blocos de concreto, submetido a esforços de compressão**. São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico.1994.
- ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: Um estudo de caso**. Florianópolis: UFSC, 1995. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Revestimento de paredes e tetos com argamassas: materiais, preparo, aplicação e manutenção. Procedimento: NBR 7200**. Rio de Janeiro, 1982. 16p.
- _____. **Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Procedimento: NBR 8798**, Rio de Janeiro. 1985. 29p.
- _____. **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto: NBR 10837**. Rio de Janeiro, 1989. 22p.
- _____. **Cimento Portland – determinação da resistência à compressão: NBR 7215**. Rio de Janeiro, 1991. 7p.
- _____. **Bloco cerâmico para alvenaria: NBR 7171**. Rio de Janeiro, 1992. 8p.

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

AZEREDO, H. A. **Dosagens das argamassas empregadas na construção de edifícios.** São Paulo: EPUSP, 1978. 39p. Dissertação de forma resumida (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1978.

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

CAMACHO, J. S. **Alvenaria estrutural não armada – parâmetros básicos a serem considerados no projeto dos elementos resistentes.** Porto Alegre: UFRGS, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986.

____. **Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica.** São Paulo: USP, 1993. 157p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995.

CAMPOS, F. T. N. **Alvenaria armada em blocos de concreto: Um estudo comparativo.** Niterói: UFF, 1993. 251p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, 1993.

CAVALHEIRO, O. P. **Curso básico de alvenaria estrutural.** Santa Maria: UFSM, Notas de Aula.1996.

CAVALHEIRO, O. P. e SANTOS, M. D. F. dos. Desenvolvimento e desempenho de bloco cerâmico para alvenaria estrutural. In: **Anais do XXVIII Jornada Sul-**

americanas de Engenharia Estrutural, São Carlos: EESC/USP, 1997. v.5. p.1995-2004.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT (CSTB).
Acoustique. 1982.

COSTA, M. R. M. M., FRANCO, L. S. **Método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavado**. São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico. 20p. 1995.

COZZA, E. Filão estruturado. **Pini: Revista Técnica**, Ano 5, n.º 34, p. 26-31, 1998.

DIAMANT, E. **Aislamento térmico y acústico de edificios**. Madrid: Blume, 1967.

DIAS, A. M. N., CINCOTTO, M. A. **Revestimento à base de gesso de construção**. São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico. 26p. 1995.

FAILLACE, R. R. **Revestimentos de paredes**. Porto Alegre: UFRGS, Notas de aula.1991.

FILOMENO, O. L. **Caracterização das argamassas de assentamento empregadas na região de Florianópolis e estudo comparativo entre argamassas de assentamento de cimento e cal e cimento e saibro**. Florianópolis: UFSC, 1992. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.

FOIS LANNA, C. A. Cerâmica estrutural. **Pini: Revista Técnica**, Ano 5, n.º 27, p. 45-48, 1997.

FRANCO, L.S. **Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada, quando submetidas a**

esforços de compressão. São Paulo: USP, 1987. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1987.

____. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** São Paulo: USP, 1992. 319p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1992.

____. **Parâmetros utilizados nos projetos de alvenaria estrutural.** São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico. 17p. 1993.

GAMA, R. **A tecnologia e o trabalho na história.** São Paulo: FAUUSP, Tese (Livre Docência). 1987.

GOMES, N. dos S. **Resistência das paredes de alvenaria.** São Paulo 1983. 190p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1983.

GONÇALVES, R. R. O déficit habitacional no Brasil: uma estimativa a partir dos dados da PNAD – 1995. **Revista Nova Economia**, n.º 1, v. 7, p.99-121. 1997.

HENDRY, A.W. **Structural brickwork.** London: MacMillan, 1981. 209p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A. (IPT). **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social.** IPT: São Paulo, 1998, 84 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Acoustique – mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction: ISO 140.** 1978.

____. **Rating of sound insulation in buildings and of building elements: ISO 717.** 1982.

JAWOROSKY, H. C. **Estudo experimental em alvenaria estrutural : resistência à compressão e resistência de aderência.** Porto Alegre: UFRGS, 1990. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** São Paulo: EPUSP, 1993. V.1 e 2, 449p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

MEIRA, G. R., ARAÚJO, N. M. C. A padronização como fator de redução de desperdícios na construção civil. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 1997, Gramado.

MELHADO, S. B. AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes básicas para sua elaboração e controle.** São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico. 26p. 1995.

MESEGUER, A. G. Para una teoria de la calidad en construcción. Madrid. **Informes de la Construcción**. n.º 348, p. 5-22. 1983.

____. **Controle e garantia da qualidade na construção.** Tradução. São Paulo: Sinduscon – Projeto, 1991.

MÜLLER, M. S. K., AGOPYAN, V. **Estudo de correlações entre resistências à compressão de paredes e prismas de alvenaria estrutural cerâmica não armada submetida à esforço de compressão axial.** São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico. 12p. 1991.

- MUTTI, C. do N. **Treinamento de mão-de-obra na construção civil: Um estudo de caso.** Florianópolis: UFSC, 1995. 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- MUTTI, C. do N. **Construindo em alvenaria estrutural.** Florianópolis: UFSC, Notas de Aula. 1998.
- NOVAES, C. C. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais.** São Paulo: USP, 1996. 389p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.
- OLIVEIRA, M. Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil: Primeiros resultados. In: **IV SEMINÁRIO DE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 1994.
- PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: Uso em empresas de construção de edifícios.** São Paulo: USP, 1993. 2v. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1993.
- POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede - método do cachimbo.** Porto Alegre: UFRGS, 1986. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986.
- PRUDÊNCIO, L. R. **Resistência à compressão da alvenaria e correlação entre a resistência de unidades, prismas e paredes.** Porto Alegre: UFRGS, 1986. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rio Grande do Sul, 1986.
- ROMAN, H. R. et al. **Sistema Construtivo Tecmold: Diretrizes básicas para projeto arquitetônico, hidráulico, estrutural.** Porto Alegre: Manual Técnico. 37p. 1997.

____. **Sistema Construtivo Tecmold: Guia Tecmold de alvenaria estrutural para o construtor.** Porto Alegre: Manual Técnico.15p. 1997.

ROSCOE, M. O Construbusiness. **Univers: Revista Brasileira de Construção e Infra-Estrutura – O Empreiteiro**, Ano XXXVII, n.º 357, p. 16-20, 1998.

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

____. **Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria Estrutural.** São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico. 1986.

____. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** São Paulo: USP, 1989. 321p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989.

SABBATINI, F. H. et al. A alvenaria como estrutura. In: **VI SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO.** São Paulo, 1987.

SAHLIN, S. **Structural masonry.** NJ: Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 289p. 1971.

SILVA, E. A. S. Nova era na construção civil. **Jornal do Comércio**, Porto Alegre, 30 jan. 1998. p. 4.

SOLÓRZANO, M. G. P. **Características e desempenho de juntas de argamassa na alvenaria estrutural de blocos de concreto.** São Paulo: USP, 1994. 203 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994.

SOLÓZARNO, M. G. P., SABBATINI, F. H. **Características e desempenho de juntas de argamassa na alvenaria estrutural de blocos de concreto.** São Paulo: EPUSP, Boletim Técnico. 25p. 1995.

SUTHERLAND, R. J. M. **Brick and block masonry in engineering. Proceeding of the Institution of Civil Engineers.** London: 70 (part 1):31-93, Feb. 1981.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. **Estrutura da dissertação/tese e apresentação gráfica.** 4 ed. Santa Maria, 1995. 48p.

WERNA, E. The concomitant and stagnation of the Brazilian building industry. **Construction Management and Economics.** v. 11, nº 3, p. 194-202, 1993.

ANEXOS
ANEXO I – QUESTIONÁRIO APLICADO JUNTO ÀS OBRAS

DADOS GERAIS

Nome da Construtora:

Endereço:

Cidade:Estado:Telefone:

Endereço da Obra:

Cidade: Telefone:

Nome do engenheiro responsável pela obra:

Tempo de experiência em alvenaria estrutural:

Nome do mestre-de-obras:

Tempo de experiência em alvenaria estrutural:

Obra era prevista desde o início para ser em alvenaria estrutural:

N.º de prédios a serem executados:

N.º de prédios em execução:

N.º de prédios executados:

Existe pilotis:

Dimensão das vigas (caso de pilotis):

Tipo de fundação (profundidade):

Dimensões das vigas de fundação:

Número de pavimentos tipo:

ARGAMASSA

Traço (materiais em volume): cimento; cal; areia

Argamassa industrializada: Marca:

Resistência prevista: Quem controla:

Intervalo de tempo:

Granulometria da areia:

Argamassa descansada:Por quanto tempo:

Cimento – tipo e marca:

Cal – tipo e marca:

Outros – tipo e marca:

Dimensões e formas dos recipientes dosadores da argamassa

CIMENTO	CAL	AREIA	OUTROS

Havia placa de identificação de traço:

Dimensões da caixa de depósito (caixa intermediária), no andar, de argamassa para assentamento:

Período máximo de permanência da argamassa na caixa intermediária (horas):
.....

Maneira de transporte da argamassa até o andar:

Desenho esquemático e dimensões das caixas de massa

PLANTA BAIXA	CORTE

Desenho esquemático do equipamento utilizado para o assentamento dos blocos com suas respectivas dimensões

PLANTA BAIXA	CORTE	OBSERVAÇÕES

ALVENARIA

Quais detalhes eram mostrados na planta de 1ª fiada:

.....

Havia planta de 2ª fiada:

Elevações de todas as paredes:

Havia projeto elétrico específico para o pedreiro:

Havia projeto hidráulico específico para o pedreiro:

Quantos tipos de blocos eram usados no assentamento:

Quais:

.....

Peso da unidade básica:

Desenho esquemático do bloco

--	--

IRA:Tempo de molhagem:

Havia problema na dimensão das peças:

Resistência prevista do bloco:

Como identificar blocos de f_{bk} diferentes na obra:

.....

Ensaiado em que intervalo de tempo:

Quem realizava:

Havia ensaios de primas:

Junta vertical era preenchida: Quando:

Junta transversal preenchida:

Espessura média da junta horizontal:

Espessura média da junta vertical:

Havia juntas a prumo:

Como era resolvida esta situação:

.....

.....Espessuras das paredes externas:

Espessuras das paredes internas:

Qual o equipamento mais utilizado para o assentamento:

Nº de pedreiros por equipe:

Nº de serventes por equipe:

Eletricista estava junto na execução da alvenaria:

Número de carpinteiros envolvidos:

Produtividade do pedreiro por dia em média (m^2):

Utilizava escantilhão: Forma de fixação:

Material de que era fabricado:

Outros equipamentos utilizados no assentamento:

.....

Espessura da camada de nivelamento da primeira fiada:

Traço utilizado:

Havia dispositivo para facilitar os trabalhos de assentamento da alvenaria nas primeiras até a 7ª fiada de blocos:

Consumo de argamassa por m²:

Os trabalhos de alvenaria eram terceirizados ou por tarefa:

.....

Como era feito o controle de qualidade na execução da alvenaria:

.....

ABERTURAS

Janelas eram de mesmas dimensões (dormitórios):

Quais dimensões:

Altura do peitoril:

Havia peça pré-moldada em torno das aberturas:

Como era confeccionada a verga:

Traspasse na parede:

Quantidade de ferro e diâmetro da ferragem:

Como era confeccionado a contra-verga:

Traspasse na parede:

Quantidade de ferro e diâmetro da ferragem:

Havia pingadeira:

Como eram fixadas as janelas, nas paredes ou nas peças pré-moldadas:

.....

Os blocos em torno das aberturas eram grauteados:

.....

Dimensões das aberturas das portas:

Dimensões das portas de banheiros, dormitórios e entrada:

.....

Havia peça pré-moldada sobre os vãos das portas:

Traspasse na parede:

Como era fixado o marco na alvenaria:

Blocos em torno da porta eram grauteados:

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Período em que as caixas de luz eram chumbadas:

Bloco especial proveniente da fábrica para fixar a caixa de luz:

Tubulações elétricas desciam da laje para a parede:

Como era colocada a tubulação do ar condicionado:

CDs eram previstos durante o assentamento:

A posição dos pontos de luz era mostrada na planta baixa ou necessitava das elevações:

Havia casos em que as tubulações passavam por peças pré-moldadas:

.....Quando:

Tubulações passavam por canaletas:

Havia tubulações na horizontal:

INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

Quais são consideradas paredes hidráulicas:

Construídas com blocos não estruturais:

Forma de fixação das paredes hidráulicas nas estruturais:

.....

Como era a fixação destas paredes nas lajes:

Havia válvula de descarga:

Havia azulejo em todas as paredes do banheiro:

Havia azulejo em todas as paredes da cozinha:

Onde havia forro falso:

Caso negativo como era resolvido os problemas de tubulações hidrossanitárias na horizontal (principalmente na cozinha):

.....

Havia caixa de gordura no andar:

Havia *shaft*:Onde:

LAJES

Tipo de laje: Espessura:

Espessura prevista do contra-piso:

Forma de transporte:

Especificações:

.....

.....

ESCADAS

Tipo de escada:

Forma de engastamento:

Caso for pré-moldada, peso aproximado:

Forma de transporte:

Acabamento dos degraus:

REVESTIMENTOS

Espessura prevista de revestimento interno:

Traço da argamassa (gesso):

Tipo de revestimento externo (espessura):

Havia chapisco:

Traço da argamassa:

GRAUTE

Alvenaria estrutural armada:

Densidade aproximada de armadura (diâmetro médio utilizado, espaçamento, proporção de furos grauteados) :

.....

Traço utilizado: cimento; cal; areia
 Resistência prevista:
 Abertura na parte inferior para limpeza:
 A que altura eram grauteados os vazados:
 Havia uma cinta intermediária no meio do andar:
 Diâmetro e quantidade de armadura utilizada nas cintas:
 Realizava-se a limpeza dos vazados a serem grauteados durante o assentamento:

 Altura da ferragem de traspasse na laje:

OUTROS

Dimensões do vão do ar condicionado:
 Tipo de cobertura usada:
 Paredes do elevador eram grauteadas:
 Tipo de reservatório:
 Se em alvenaria estrutural descrever (ferragens, dimensões, traço do graute, revestimento interno, cuidados, etc.):

 Sacadas e box de banheiros rebaixados:
 Particularidades encontradas nas sacadas:

 Havia algum cuidado especial na laje de cobertura:

ANEXO II – PLANILHAS COM OS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE À ÁGUA

Ensaio de Permeabilidade com Blocos Vazados de Concreto					
Com preenchimento da junta vertical e reboco em apenas um dos lados com espessura de 2,5cm					
Intervalo (h)	Leitura (cm)	Rebaixamento (cm)	Altura Acumulada (cm)	Área (cm ²)	Volume Acumulado (ml)
0,00	49,0	0,0	0,0	4,753	0,00
0,25	-8,0	57,0	57,0		270,92
0,50	34,0	15,0	72,0		342,22
1,00	31,2	17,8	89,8		426,82
2,00	22,4	26,6	116,4		553,25
4,00	2,0	47,0	163,4		776,64
8,00	-10,0	59,0	222,4		1057,07
Volume Total Acumulado (ml)					1057,07

Ensaio de Permeabilidade com Blocos Vazados de Concreto					
Sem preenchimento da junta vertical e reboco em apenas um dos lados com espessura de 2,5cm					
Intervalo (h)	Leitura (cm)	Rebaixamento (cm)	Altura Acumulada (cm)	Área (cm ²)	Volume Acumulado (ml)
0,00	65,0	0,0	0,0	4,753	0,00
0,25	57,5	7,5	7,5		35,65
0,50	59,0	6,0	13,5		64,17
1,00	57,5	7,5	21,0		99,81
2,00	37,0	28,0	49,0		232,90
4,00	48,0	17,0	66,0		313,70
8,00	50,2	14,8	80,8		384,04
Volume Total Acumulado (ml)					384,04

Ensaio de Permeabilidade com Blocos Estruturais Cerâmicos					
Com preenchimento da junta vertical e reboco em apenas um dos lados com espessura de 2,5cm					
Intervalo (h)	Leitura (cm)	Rebaixamento (cm)	Altura Acumulada (cm)	Área (cm ²)	Volume Acumulado (ml)
0,00	26,0	0,0	0,0	4,753	0,00
0,25	-5,9	31,9	31,9		151,62
0,50	7,8	18,2	50,1		238,13
1,00	15,0	11,0	61,1		290,41
2,00	12,6	13,4	74,5		354,10
4,00	4,2	21,8	96,3		457,71
8,00	-5,3	31,3	127,6		606,48
Volume Total Acumulado (ml)					606,48

Ensaio de Permeabilidade com Blocos Estruturais Cerâmicos					
Sem preenchimento da junta vertical e reboco em apenas um dos lados com espessura de 2,5cm					
Intervalo (h)	Leitura (cm)	Rebaixamento (cm)	Altura Acumulada (cm)	Área (cm ²)	Volume Acumulado (ml)
0,00	56,0	0,0	0,0	4,753	0,00
0,25	51,0	5,0	5,0		23,77
0,50	52,0	4,0	9,0		42,78
1,00	50,6	5,4	14,4		68,44
2,00	48,6	7,4	21,8		103,62
4,00	38,6	17,4	39,2		186,32
8,00	35,8	20,2	59,4		282,33
Volume Total Acumulado (ml)					282,33

Ensaio de Permeabilidade com Blocos Vazados de Concreto					
Com preenchimento da junta vertical e reboco em ambos os lados com espessura de 2,5cm e 1,5cm					
Intervalo (h)	Leitura (cm)	Rebaixamento (cm)	Altura Acumulada (cm)	Área (cm ²)	Volume Acumulado (ml)
0,00	58,0	0,0	0,0	4,753	0,00
0,25	16,0	42,0	42,0		199,63
0,50	20,0	38,0	80,0		380,24
1,00	12,0	46,0	126,0		598,88
2,00	30,5	27,5	153,5		729,59
4,00	18,2	39,8	193,3		918,75
8,00	-3,6	61,6	254,9		1211,54
Volume Total Acumulado (ml)					1211,54

Ensaio de Permeabilidade com Blocos Vazados de Concreto					
Sem preenchimento da junta vertical e reboco em ambos os lados com espessura de 2,5cm e 1,5cm					
Intervalo (h)	Leitura (cm)	Rebaixamento (cm)	Altura Acumulada (cm)	Área (cm ²)	Volume Acumulado (ml)
0,00	54,0	0,0	0,0	4,753	0,00
0,25	10,0	44,0	44,0		209,13
0,50	44,0	10,0	54,0		256,66
1,00	41,8	12,2	66,2		314,65
2,00	42,0	12,0	78,2		371,68
4,00	35,4	18,6	96,8		460,09
8,00	23,0	31,0	127,8		607,43
Volume Total Acumulado (ml)					607,43

Ensaio de Permeabilidade com Blocos Estruturais Cerâmicos					
Com preenchimento da junta vertical e reboco em ambos os lados com espessura de 2,5cm e 1,5cm					
Intervalo (h)	Leitura (cm)	Rebaixamento (cm)	Altura Acumulada (cm)	Área (cm ²)	Volume Acumulado (ml)
0,00	53,0	0,0	0,0	4,753	0,00
0,25	17,0	36,0	36,0		171,11
0,50	47,0	6,0	42,0		199,63
1,00	48,4	4,6	46,6		221,49
2,00	47,4	5,6	52,2		248,11
4,00	41,2	11,8	64,0		304,19
8,00	35,2	17,8	81,8		388,80
Volume Total Acumulado (ml)					388,80

Ensaio de Permeabilidade com Blocos Estruturais Cerâmicos					
Sem preenchimento da junta vertical e reboco em ambos os lados com espessura de 2,5cm e 1,5cm					
Intervalo (h)	Leitura (cm)	Rebaixamento (cm)	Altura Acumulada (cm)	Área (cm ²)	Volume Acumulado (ml)
0,00	55,0	0,0	0,0	4,753	0,00
0,25	41,8	13,2	13,2		62,74
0,50	53,0	2,0	15,2		72,25
1,00	52,2	2,8	18,0		85,55
2,00	51,0	4,0	22,0		104,57
4,00	49,0	6,0	28,0		133,08
8,00	46,2	8,8	36,8		174,91
Volume Total Acumulado (ml)					174,91

ANEXO III – PLANILHAS DE RESULTADOS DOS ENSAIOS ACÚSTICOS

PAREDE SEM REVESTIMENTO JUNTA VERTICAL PREENCHIDA					
Frequência Hz	L1 – Emissão dB	L2 – Recepção DB	TR s	D (L1 – L2) DB	PT dB(A)
100	91,20	68,40	11,20	22,80	34,06
125	100,40	74,10	11,29	26,30	37,59
160	97,20	80,80	10,33	16,40	27,31
200	101,60	80,20	11,44	21,40	32,75
250	101,90	81,20	10,06	20,70	31,49
315	102,50	78,30	8,73	24,20	34,38
400	104,30	80,20	8,94	24,10	34,38
500	105,80	78,20	7,09	27,60	36,87
630	106,50	76,80	5,79	29,70	38,09
800	102,50	69,30	5,81	33,20	41,61
1000	100,60	66,50	4,80	34,10	41,68
1250	99,80	64,30	4,12	35,50	42,42
1600	101,40	61,30	4,08	40,10	46,97
2000	100,50	58,30	3,52	42,20	48,43
2500	100,40	56,70	3,25	43,70	49,59
3150	94,90	51,00	2,84	43,90	49,20
4000	95,20	49,40	2,42	45,80	50,41

PAREDE APENAS COM REVESTIMENTO EXTERNO (2,5 cm) JUNTA VERTICAL PREENCHIDA					
Frequência Hz	L1 – Emissão dB	L2 – Recepção DB	TR s	D (L1 – L2) DB	PT dB(A)
100	95,80	73,40	12,56	22,40	34,16
125	101,80	73,80	10,79	28,00	39,10
160	97,70	71,20	9,91	26,50	37,23
200	103,30	73,50	10,18	29,80	40,64
250	102,70	78,30	10,31	24,40	35,30
315	104,40	79,10	9,23	25,30	35,72
400	105,40	78,10	8,84	27,30	37,53
500	107,00	75,10	8,17	31,90	41,79
630	107,60	71,80	6,95	35,80	44,99
800	102,50	65,10	5,95	37,40	45,91
1000	100,80	61,80	5,13	39,00	46,87
1250	100,20	58,70	4,75	41,50	49,03
1600	102,20	57,80	4,33	44,40	51,53
2000	100,90	53,60	3,60	47,30	53,63
2500	100,20	49,70	3,31	50,50	56,47
3150	95,00	44,80	2,93	50,20	55,64
4000	95,30	44,20	2,55	51,10	55,93

PAREDE COM REVESTIMENTO EXTERNO E INTERNO (2,5 e 1,5 cm)					
JUNTA VERTICAL PREENCHIDA					
Frequência Hz	L1 – Emissão dB	L2 – Recepção dB	TR s	D (L1 – L2) DB	PT dB(A)
100	95,20	68,90	18,19	26,30	39,67
125	102,00	75,60	15,95	26,40	39,20
160	99,00	67,70	18,30	31,30	44,69
200	103,40	75,80	12,41	27,60	39,31
250	104,30	78,60	12,28	25,70	37,36
315	105,00	78,80	11,89	26,20	37,72
400	106,30	75,90	11,00	30,40	41,58
500	107,60	74,40	9,53	33,20	43,76
630	108,00	71,90	8,28	36,10	46,05
800	101,70	61,90	7,66	39,80	49,41
1000	103,50	60,80	6,35	42,70	51,50
1250	103,80	58,10	5,70	45,70	54,03
1600	104,80	56,70	5,26	48,10	56,08
2000	103,30	53,00	4,68	50,30	57,77
2500	100,60	47,10	4,03	53,50	60,32
3150	97,50	43,40	3,48	54,10	60,28
4000	95,90	39,60	3,08	56,30	61,95

PAREDE APENAS COM REVESTIMENTO EXTERNO (2,5 cm)					
JUNTA VERTICAL NÃO PREENCHIDA					
Frequência Hz	L1 – Emissão dB	L2 – Recepção dB	TR s	D (L1 – L2) DB	PT dB(A)
100	95,30	62,80	6,96	32,50	41,69
125	102,10	65,70	7,95	36,40	46,17
160	98,20	67,50	5,33	30,70	38,73
200	103,60	74,80	6,02	28,80	37,36
250	103,70	84,90	6,63	18,80	27,78
315	102,50	77,10	7,35	25,40	34,83
400	106,00	79,20	6,82	26,80	35,91
500	106,80	78,00	5,60	28,80	37,05
630	107,10	76,30	4,24	30,80	37,84
800	101,90	66,60	2,83	35,30	40,59
1000	101,00	64,80	3,09	36,20	41,87
1250	100,10	63,70	3,62	36,40	42,75
1600	102,10	63,30	3,11	38,80	44,50
2000	100,60	59,30	2,56	41,30	46,15
2500	99,10	56,30	2,21	42,80	47,01
3150	95,10	50,60	2,19	44,50	48,67
4000	94,50	45,80	1,98	48,70	52,43

PAREDE COM REVESTIMENTO EXTERNO E INTERNO (2,5 e 1,5 cm)					
JUNTA VERTICAL NÃO PREENCHIDA					
Frequência Hz	L1 – Emissão dB	L2 – Recepção dB	TR s	D (L1 – L2) DB	PT dB(A)
100	90,70	74,70	15,66	16,00	28,72
125	101,70	74,90	10,20	26,80	37,65
160	97,40	74,20	15,85	23,20	35,97
200	101,60	75,70	11,99	25,90	37,46
250	103,30	80,70	11,05	22,60	33,80
315	101,90	76,80	10,49	25,10	36,80
400	104,90	79,90	9,20	25,00	35,41
500	105,30	77,20	7,80	28,10	37,79
630	106,60	74,80	6,23	31,80	40,51
800	101,60	67,00	5,68	34,60	42,91
1000	100,00	62,20	4,76	37,80	45,34
1250	99,20	59,00	4,06	40,20	47,05
1600	101,30	58,90	3,69	42,40	48,84
2000	100,10	54,90	3,38	45,20	51,26
2500	99,30	51,30	3,00	48,00	53,54
3150	94,50	45,40	2,59	49,10	54,00
4000	94,40	41,30	2,41	53,10	57,69