



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Alberto Casado Lordsleem Júnior

**SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE
FISSURAS DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO:
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DEFORMAÇÃO**

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

**São Paulo
1997**



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Área de Concentração: Engenharia de Construção Civil e Urbana

Alberto Casado Lordsleem Júnior

**SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE
FISSURAS DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO:
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DEFORMAÇÃO**

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

**Orientador:
Prof. Dr. Luiz Sérgio Franco**

**São Paulo
1997**

Ficha Catalográfica

Lordsleem Jr., Alberto Casado
Sistemas de recuperação de fissuras da
alvenaria de vedação: avaliação da capacidade
de deformação. São Paulo, 1997.
174p.

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

1. Fissuras - Recuperação 2. Construção
Civil /3. Alvenaria I. Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Construção Civil II. t

Aos meus pais,
Alberto e Lucemir.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor *LUIZ SÉRGIO FRANCO*, por sua orientação, incentivo e confiança na execução deste trabalho.

Ao Professor Doutor *Fernando Henrique Sabbatini* e à Professora Doutora *Mércia Maria Semensato Bottura de Barros*, pela contribuição prestada na fase de qualificação deste trabalho. À Professora *Mércia*, um agradecimento especial pela colaboração e discussão em diversas etapas deste trabalho.

Ao Professor *Jonas Silvestre Medeiros*, pela sugestão do tema.

À *Andréa Bezerra de Melo da Silveira*, pela colaboração inestimável durante todo o transcorrer deste trabalho.

Aos amigos *Eduardo Bezerra de Melo e Marilene Stefani de Melo*, pelo companheirismo e acolhida, aos quais serei eternamente grato.

Aos técnicos do Departamento de Engenharia Mecânica *Cícero Cirlânio Cruz e Edson Tu*, pelo trabalho dedicado na construção do dispositivo de tração e cisalhamento.

Aos estagiários *Domingos Chorfi Júnior e Eduardo Seiji Yamada*, pela contribuição na realização dos ensaios.

Aos *funcionários e técnicos* do Departamento de Engenharia de Construção Civil desta Escola, pela atenção dispensada nas atividades de pós-graduação e de laboratório, respectivamente.

Aos colegas engenheiros e pós-graduandos *Eduardo Henrique Pinheiro de Godoy, Fausto Carraro, Júlio César Sabadini de Souza, Maurício Kenji Hino e Rolando Ramirez Vilato*, pelas sugestões e contribuições em diversas etapas deste trabalho.

Às empresas *SUVINIL*, *MACTRA*, *MORLAN*, *QUIMICRYL* e *SICAL* pela doação de materiais e à *DECAPAN*, pelo auxílio na obtenção de dados.

À *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP*, pela concessão de uma bolsa de estudos e pelo auxílio para a elaboração da pesquisa.

Agradeço aos meus pais *Alberto* e *Lucemir* e a minha irmã *Elizabeth* que, mesmo longe, estiveram sempre presentes, dando apoio e carinho para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço a *todos* que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras, i

Lista de Tabelas, iv

Lista de Abreviaturas e Siglas, vi

RESUMO

“ABSTRACT”

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativa	1
1.2	Objetivo	4
1.3	Metodologia	5
1.4	Estruturação do trabalho	6
2	FISSURAS NA ALVENARIA DE VEDAÇÃO	8
2.1	Fissura	8
2.1.1	Definição	8
2.1.2	Origem no revestimentos de argamassa	11
2.1.3	Origem na alvenaria de vedação	17
2.2	Patologia das construções: a incidência da fissuração	20
2.3	Causas da fissuração das alvenarias de vedação	34
2.3.1	Movimentação térmica	35
2.3.2	Movimentação higroscópica	38
2.3.3	Movimentos das fundações	42
2.3.4	Deformações de estruturas de concreto armado	45
2.4	Classificação das fissuras da alvenaria de vedação	49
2.4.1	De acordo com a amplitude da abertura	51

2.4.2	De acordo com o tipo de movimentação	53
2.4.3	De acordo com a direção	54
2.5	A manutenção e a recuperação	56
3	SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO	61
3.1	Princípio empregado pelos sistemas de recuperação	62
3.2	Partes de um sistema de recuperação	65
3.2.1	Base	66
3.2.2	Camada de regularização	68
3.2.3	Dessolidarização	70
3.2.4	Camada de recuperação	71
3.2.5	Camada de proteção	75
3.2.6	Camada de acabamento	76
3.3	Características e propriedades dos sistemas de recuperação	76
3.3.1	Resistências mecânicas	79
3.3.2	Capacidade de deformação	80
3.3.3	Propriedades geométricas e superficiais	82
3.3.4	Estanqueidade	83
3.3.5	Durabilidade	83
4	MÉTODOS DE ENSAIO PARA A AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DEFORMAÇÃO	86
4.1	Ensaio da <i>Union Européene pour L'Agrément Technique dans la Construction</i> - UEAtc	86
4.1.1	Avaliação de revestimentos sintéticos	86
4.1.2	Avaliação da resistência à tração de revestimentos de pequena espessura	89
4.2	Ensaio para a avaliação de impermeabilizações sob movimentos diferenciais da base	90

4.3	Ensaio da <i>American Society for Testing and Materials</i> - ASTM para a avaliação de impermeabilizações	93
4.4	Ensaio do Centro Tecnológico de Controle da Qualidade L.A. Falcão Bauer para avaliação de sistema de recuperação de fissuras	94
4.5	Ensaio da <i>Association Française de Normalisation</i> - AFNOR para avaliação de revestimentos de recuperação de fachadas	96
4.6	Ensaio do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil - CPqDCC da Escola Politécnica da USP para avaliação de sistemas de recuperação de fissuras	97
5	PROGRAMA EXPERIMENTAL	100
5.1	Metodologia da pesquisa	101
5.2	Descrição do equipamento	102
5.2.1	Desenvolvimento do equipamento	102
5.2.2	Equipamento atual	105
5.3	Definição do procedimento de preparo dos corpos de prova	112
5.4	Descrição dos métodos de recuperação ensaiados	114
5.4.1	Sistema de recuperação de fissuras “A”	117
5.4.2	Sistema de recuperação de fissuras “B”	121
5.4.3	Sistema de recuperação de fissuras “C”	124
5.4.4	Sistema de recuperação de fissuras “D”	125
5.4.5	Sistema de recuperação de fissuras “E”	129
5.5	Método de ensaio proposto	131
6	RESULTADOS OBTIDOS	135
6.1	Determinação do tamanho da amostra	135
6.2	Apresentação dos resultados	137
6.3	Análise dos resultados	139

6.3.1	Capacidade de deformação provocada por tensões de tração	140
6.3.2	Capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento	145
7	CONCLUSÕES	152
7.1	Comentários finais	152
7.2	Sugestão de temas para trabalhos futuros	154
ANEXO	Resultados da análise estatística	158
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Manifestação típica de fissuras com origem no revestimento de argamassa	12
Figura 2.2	Fissuração da argamassa por retração: a) formação de fissuras prejudiciais; b) formação de microfissuras não-prejudiciais (SABBATINI, 1995)	13
Figura 2.3	Fissuras decorrentes da deformação da base: a) deformação de grande amplitude; b) deformação de pequena amplitude (SABBATINI, 1995)	18
Figura 2.4	Tipos de fissuras na alvenaria de vedação: a) a resistência à tração dos componentes é superior à da argamassa ou à resistência de aderência argamassa/blocos; b) a resistência à tração dos componentes é igual ou inferior à da argamassa (THOMAZ, 1989)	19
Figura 2.5	Divisão percentual dos problemas patológicos na Bélgica (REYGAERTS et al., 1976)	25
Figura 2.6	Divisão percentual dos problemas patológicos na Bélgica (REYGAERTS et al., 1978)	26
Figura 2.7	Direção das fissuras nas alvenarias (ELDRIDGE, 1982)	54
Figura 3.1	Corte esquemático de uma vedação vertical ilustrando as partes de um sistema de recuperação de fissuras	66
Figura 3.2	Bases dos sistemas de recuperação: a) a base é o revestimento existente; b) a base é a alvenaria	67
Figura 3.3	Tipos de sulcos: a) sulco em forma de “V”; b) sulco retangular	69
Figura 3.4	Tipos de reforço: a) argamassa armada; b) ponte de transmissão (SABBATINI, 1995)	74
Figura 4.1	Esquema do ensaio para a avaliação da capacidade de deformação de revestimentos sintéticos: a) aperto dos elementos; b) carregamento (DIRECTIVES..., 1976)	87
Figura 4.2	Representação esquemática de um sistema de isolamento térmico de fachadas (DIRECTIVES..., 1979)	89
Figura 4.3	Quatro faixas sendo submetidas a ensaio (EVRARD; CHAIZE, 1972)	91
Figura 4.4	Equipamento utilizado no ensaio proposto por EVRARD; CHAIZE (1972)	92
Figura 4.5	Corpo de prova do ensaio de avaliação da capacidade de deformação de impermeabilizações (ASTM, 1995)	93
Figura 4.6	Esquema do corpo de prova: a) vista superior; b) carregamento (BAUER, 1985)	95

Figura 4.7	Corpo de prova (FRANCO; ALY, 1989a)	98
Figura 5.1	Primeira versão do equipamento, utilizado na pesquisa experimental de FRANCO; ALY (1989a)	103
Figura 5.2	Segunda versão do equipamento, com a instalação do conjunto hidráulico (ENERPAC), transdutor de pressão, leitora digital (SODMEX) e nova base de aço	104
Figura 5.3	Representação esquemática das partes que compõem o equipamento atual	105
Figura 5.4	Dispositivo de tração e cisalhamento - medidas em centímetros	108
Figura 5.5	Vista frontal do dispositivo de tração e cisalhamento - medidas em centímetros	109
Figura 5.6	Vista lateral do dispositivo de tração e cisalhamento - medidas em centímetros	109
Figura 5.7	Detalhe 01 do dispositivo de tração e cisalhamento, ilustrando a camisa do elemento da fixação superior - medidas em centímetros	110
Figura 5.8	Detalhe 02 do dispositivo de tração e cisalhamento, ilustrando a flange para a movimentação ao cisalhamento - medidas em centímetros	110
Figura 5.9	Sulcos feitos no bloco de concreto celular autoclavado	113
Figura 5.10	Aplicação do vedante acrílico no sulco em forma de “V”, após aplicação do fundo preparador de paredes	118
Figura 5.11	Fixação da tela com impermeabilizante acrílico	119
Figura 5.12	Aplicação da massa acrílica	119
Figura 5.13	Pintura com rolo de lã	120
Figura 5.14	Fixação da tela com a massa do fabricante	122
Figura 5.15	Chapas de madeira coladas ao bloco cerâmico	123
Figura 5.16	Fixação da tela com a massa do fabricante	124
Figura 5.17	Aplicação da fita adesiva de polipropileno	126
Figura 5.18	Aplicação da primeira faixa de véu de poliéster	127
Figura 5.19	Aspecto final do sistema de recuperação “E”	130
Figura 5.20	Posição dos relógios comparadores no corpo de prova, para avaliação da movimentação à tração	133
Figura 5.21	Posição do relógio comparador no corpo de prova, para avaliação da movimentação ao cisalhamento	133
Figura 6.1	Resultados da capacidade de deformação provocada por tensões de tração	141
Figura 6.2	Representação esquemática do bloco de concreto celular	142

autoclavado preparado para a avaliação da movimentação à tração

- Figura 6.3** Representação esquemática do bloco cerâmico de vedação preparado para a avaliação da movimentação à tração **142**
- Figura 6.4** Resultados da capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento **147**

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Fatores que interferem na fissuração dos revestimentos nas primeiras idades (MEDEIROS; SABBATINI, 1994)	15
Tabela 2.2	Tipos de fissuras observadas na investigação (SAHLIN, 1971)	22
Tabela 2.3	Problemas mais comuns identificados nessa pesquisa (BUILDING..., 1975)	24
Tabela 2.4	Locais dos problemas referentes à fissuração (BUILDING..., 1975)	24
Tabela 2.5	Problemas patológicos na França e na Espanha (CHAMOSA; ORTIZ, 1984)	27
Tabela 2.6	Fachadas de alvenaria revestida: divisão dos casos de fissuração segundo o local de origem (LOGEAIS, 1989)	29
Tabela 2.7	Incidência de manifestações patológicas (IOSHIMOTO, 1985)	30
Tabela 2.8	Incidência da fissuração em função da natureza das edificações - modificada de DAL MOLIN (1988)	32
Tabela 2.9	Fissuras em função da causa (FRANCO et al., 1993)	33
Tabela 2.10	Formas de manifestação de fissuras causadas pela movimentação térmica	37
Tabela 2.11	Formas de manifestação de fissuras causadas pela movimentação higroscópica	41
Tabela 2.12	Resumo dos movimentos das fundações causadores de fissuras - modificada de PFEFFERMANN (1968)	43
Tabela 2.13	Formas de manifestação de fissuras causadas pelos movimentos das fundações	44
Tabela 2.14	Flechas máximas admissíveis às estruturas de concreto armado	46
Tabela 2.15	Formas de manifestação de fissuras causadas pelas deformações de estruturas de concreto armado	48
Tabela 2.16	Classificação dos danos visíveis em paredes - modificada do BRE (BUILDING..., 1981)	51
Tabela 5.1	Partes do equipamento	106
Tabela 5.2	Peças do dispositivo de tração e cisalhamento	111
Tabela 5.3	Materiais empregados nos sistemas de recuperação	116
Tabela 6.1	Capacidade de deformação provocada por tensões de tração, em milímetros	138
Tabela 6.2	Capacidade de deformação provocada por tensões de	138

	cisalhamento, em milímetros	
Tabela 6.3	Capacidade de deformação provocada por tensões de tração e de cisalhamento, em milímetros	139
Tabela 6.4	Formas de ocorrência das fissuras observadas na movimentação à tração	143
Tabela 6.5	Formas de ocorrência das fissuras observadas na movimentação ao cisalhamento	148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCI	Associação Brasileira da Construção Industrializada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	American Concrete Institute
AFNOR	Association Française de Normalisation
ASTM	American Society for Testing and Materials
BRE	Building Research Establishment
BRS	Building Research Station
BS	British Standard
BSI	British Standards Institution
CEB	Comité Euro-International du Béton
CIB	Conseil International du Bâtiment
CIENTEC	Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul
CPqDCC	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
CSA	Canadian Standards Association
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CSTC	Centre Scientifique et Technique de la Construction
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Brasileira Registrada
NF	Norme Française
PVA	Acetato de Polivinila
PVC	Cloreto de Polivinila
SICCT	Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo
UEAtc	Union Européene pour L'Agrément Technique dans la Construction

SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE FISSURAS DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DEFORMAÇÃO

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal propor uma metodologia de avaliação de desempenho quanto à capacidade de deformação de sistemas de recuperação frente às movimentações das fissuras da alvenaria de vedação com revestimento de argamassa.

Inicialmente foram discutidos os principais aspectos relacionados com a fissuração das alvenarias de vedação e com os sistemas empregados na recuperação.

A avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação foi realizada a partir do desenvolvimento de um específico método de ensaio. Este método permitiu determinar tanto as deformações provocadas por tensões de tração como de cisalhamento, responsáveis pela quase totalidade dos casos de fissuração das alvenarias.

Foram ensaiados cinco sistemas de recuperação, dos quais três comercializados no mercado nacional e dois propostos pela bibliografia. Destes últimos, com algumas modificações, tiveram origem mais três sistemas de recuperação que também foram avaliados. Para a obtenção de valores de referência, foram ensaiados ainda dois revestimentos, um de gesso e outro de argamassa.

O trabalho concluiu pela existência de diferenças significativas de desempenho quanto à capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras avaliados.

REPAIRING SYSTEMS FOR CRACKS ON NON-LOADBEARING MASONRY: DEFORMATION CAPABILITY EVALUATION

“ABSTRACT”

This work proposes a methodology to evaluate the deformation capability of some repairing systems used for cracking repair on non-loadbearing masonry.

Initially, the main aspects related to the cracking behaviour of non-loadbearing masonry and the features of the repairing systems are discussed.

The deformation capability of repairing systems is tested through a specific method. This method allows for an evaluation of the strains caused by tensile and shear stresses which are considered responsible for most of the cracks on masonry.

Five repairing systems are studied. Three of them can be found in the Brazilian market and two are proposed by the literature. These last two systems originate three others that are also tested. In order to obtain references values, two renderings are considered: one prepared with plaster paste and the other one with Portland cement and hydrated lime mortar.

In conclusion, it was demonstrated that there are significant differences on deformation capability among the tested repairing systems.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

A fissura é uma das principais patologias que incide nas construções e, segundo PFEFFERMANN (1968)¹, constitui-se num problema tão antigo quanto a própria existência da construção.

De modo geral, a fissura pode ser entendida como a manifestação patológica resultante do alívio das tensões entre as partes de um mesmo elemento ou entre dois elementos em contato.

Na construção civil, de acordo com IOSHIMOTO (1985), DAL MOLIN (1988) e OVERSEAS... (1993), as paredes de alvenaria são os elementos mais suscetíveis à fissuração. Em consequência, THOMAZ (1989) afirma que as recuperações das alvenarias são as que mais se verificam na obra, seja por aspectos estéticos, psicológicos ou de desempenho.

DUARTE (1988) considera ainda que “entre todas as formas de manifestações patológicas em edificações, as fissuras e rachaduras, pelos seus aspectos físicos e psicológicos, são os sintomas que geralmente mais chamam a atenção e mais preocupação causam aos usuários”.

¹ O sistema de referência bibliográfica adotado apresenta o nome do autor seguido da data de publicação, podendo os dados completos de cada referência serem encontrados no final deste trabalho.

Com relação à segurança estrutural, as fissuras existentes na alvenaria, geralmente com aberturas limitadas, não são motivo para maiores preocupações ou indício de alarme, conforme comentam ELDRIDGE (1982) e COSTA (1993), pois não interferem na estabilidade da mesma.

Quanto às implicações de ordem funcional, a questão a ser discutida é o quanto a fissura interfere com relação aos requisitos funcionais da alvenaria de vedação. Por esse ponto de vista, ficam comprometidas muitas das exigências dos usuários quanto: à estanqueidade; ao conforto higrotérmico; ao conforto visual; ao conforto acústico; ao conforto tátil e à durabilidade.

Além do comprometimento da harmonia visual, as fissuras passantes nas alvenarias de fachada constituem-se num caminho à penetração da água de chuva, promovendo a deterioração precoce do edifício, além do desconforto e de problemas de saúde a seus usuários.

Dessa forma, FRANCO et al. (1994) concluem que, para a maioria dos casos, “as fissuras consideradas prejudiciais não são as que se relacionam com a estabilidade da alvenaria ou a um estado limite de fissuração, mas sim as que permitem a penetração de água através das juntas ou ainda, as fissuras que, pelas suas características, trazem prejuízos aos requisitos advindos das exigências dos usuários de ordem psicossocial (estética, temor pela segurança, etc.)”.

É fundamental que antes da adoção de qualquer medida visando à recuperação da fissura se conheça a causa ou causas que a originaram pois, o adequado funcionamento dos sistemas de recuperação está subordinado ao prévio tratamento destas.

Considerando ainda que as fissuras se movimentam ao longo do tempo, em virtude das variações térmicas e higroscópicas da alvenaria e do próprio revestimento, a capacidade de deformação é sem dúvida a propriedade mais solicitada dos sistemas de recuperação.

No entanto, apesar de se conhecer as características individuais dos materiais constituintes dos sistemas de recuperação, a avaliação da capacidade de deformação do conjunto é assunto de desenvolvimento restrito.

Por esse motivo, no estudo das características físico-mecânicas dos sistemas de recuperação de fissuras, o principal obstáculo a ser vencido refere-se à inexistência de normas específicas de ensaio.

Tal fato ajuda a explicar o desconhecimento quase que completo do comportamento dos sistemas de recuperação de fissuras por parte dos fabricantes, a deficiência nas especificações de projeto e o uso inadequado de tais sistemas pelo meio técnico.

Como resultado, são registrados, não raras vezes, casos de reincidência das fissuras e, conseqüentemente, o descrédito dos usuários quanto à eficiência dos sistemas de recuperação empregados.

Essa situação atravança a evolução do conhecimento nessa área, prejudicando a imagem da própria construção civil brasileira, que vem buscando nos últimos anos atingir níveis mais elevados de organização e, principalmente, de qualidade dos seus processos e produtos, com o objetivo de manter-se competitiva e atender a um mercado cada vez mais exigente.

Dessa forma, acredita-se que a evolução da construção civil está necessariamente associada ao estudo das patologias das construções e, em particular, ao estudo das origens, das causas e dos mecanismos de formação, bem como das recuperações.

Dentro do contexto apresentado, a avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras permitirá ao meio técnico a elaboração de especificações mais precisas e de embasamento técnico, agregando qualidade e confiabilidade aos serviços da recuperação.

1.2 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar comparativamente o desempenho quanto à capacidade de deformação de sistemas de recuperação frente às movimentações das fissuras da alvenaria de vedação, a partir do

desenvolvimento de um equipamento adequado e de um método de ensaio específico.

Este é um passo fundamental na elaboração racional dos projetos de recuperação da fissuração de alvenarias, calcado em especificações técnicas e de confiabilidade determinada.

1.3 Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho foi adotada uma metodologia composta por duas etapas interdependentes:

- a) nas atividades de revisão bibliográfica foram tratados assuntos referentes à fissuração das alvenarias de vedação e aos sistemas de recuperação, como por exemplo a definição e a origem da fissura; as principais causas da manifestação das fissuras nas alvenarias de vedação; classificação das fissuras; a definição de manutenção e recuperação; o princípio, as partes, as propriedades e a avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação;
- b) das atividades do programa experimental constaram o desenvolvimento do equipamento para a avaliação dos sistemas de recuperação que simulasse tanto as tensões de tração como as de cisalhamento; seleção dos sistemas de recuperação a serem avaliados; definição do método de ensaio, inclusive com a definição do procedimento de preparo dos corpos de prova; realização dos ensaios e análise dos resultados.

1.4 Estruturação do trabalho

Este trabalho está dividido em sete capítulos, sendo este primeiro capítulo de introdução.

O capítulo dois trata da fissuração das alvenarias de vedação, desde a origem da fissura até o relacionamento entre a manutenção e a recuperação, passando pelo levantamento da incidência dos casos de fissuração entre as principais patologias das construções, causas da fissuração das alvenarias de vedação e classificação das fissuras.

O capítulo três busca explicar o que se entende por sistema de recuperação de fissuras, apresentando a definição utilizada neste trabalho, além de identificar o princípio e as partes constituintes de um sistema genérico, suas propriedades e a importância da capacidade de deformação.

No quarto capítulo apresentam-se alguns métodos de ensaio voltados à avaliação da capacidade de deformação utilizados em revestimentos, impermeabilizações e sistemas de recuperação de fissuras.

No quinto capítulo é exposto todo o programa experimental a partir do desenvolvimento do equipamento e do método de ensaio utilizados na avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação selecionados. No capítulo seis apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos no programa experimental.

O capítulo sete, das conclusões, versa sobre as considerações finais referentes à revisão bibliográfica e ao trabalho experimental, além das sugestões de temas para trabalhos futuros.

2 FISSURAS NA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

Neste capítulo serão tratados os principais temas relacionados com a fissuração das alvenarias de vedação com revestimento de argamassa, quais sejam: a definição de fissura, a sua origem, as suas causas e a classificação das mesmas. Também será discutido o relacionamento do conceito de recuperação com o de manutenção.

Objetiva-se assim, uniformizar a terminologia que servirá de base para a compreensão dos demais assuntos tratados neste trabalho.

2.1 Fissura

2.1.1 Definição

A fissuração é um problema patológico que interessa a vários ramos da engenharia, entre outros motivos, por estar diretamente relacionada à resistência dos materiais.

Na engenharia de construção civil, a incidência daquela patologia é verificada tanto nos componentes mais simples, como por exemplo nos blocos de uma alvenaria, como até em elementos complexos, tais como os responsáveis pela segurança estrutural de uma edificação.

De acordo com COSTA (1993), a fissura também é conhecida por outras denominações, como por exemplo: trinca e rachadura. A seguir são apresentadas algumas definições extraídas da bibliografia.

ELDRIDGE (1982), discorrendo sobre as principais patologias que incidem nas edificações, define fissura como: “o resultado de solicitações maiores do que aquelas que o edifício ou parte dele pode suportar. Essas solicitações podem ser externas ou internas ao edifício ou aos seus materiais (...). Pode ser uma ou várias solicitações, resultante de uma ou várias causas”.

Essa definição deixa implícito quão difícil é o diagnóstico dessa patologia, pois a fissura pode ser resultante de uma ou inúmeras causas, atuando ou não ao mesmo tempo.

MORAES (1982), em sua dissertação de mestrado, define trinca (terminologia utilizada por esse autor) como: “um fenômeno, patológico às construções, caracterizado pela ruptura entre as partes de um mesmo elemento ou entre dois elementos acoplados, causando danos de ordem estética ou estrutural a uma edificação”. MORAES destaca nessa definição a forma como a trinca pode ocorrer: entre elementos ou em um mesmo elemento.

O *Centre Scientifique et Technique de la Construction* - CSTC apud SABBATINI (1984), particulariza a definição de fissura ao elemento parede: “manifestação patológica do alívio das tensões que se desenvolvem internamente na parede. Essas tensões ao sobrepujarem a capacidade resistente dos materiais levam à ruptura localizada - a fissura, cuja abertura raramente ultrapassa 1 mm”.

SABBATINI acrescenta ainda que: “as trincas, que se diferenciam das fissuras pela sua maior abertura, ocorrem por desequilíbrios de grande amplitude, como devido a recalques diferenciais exagerados das fundações”.

O *Conseil International du Bâtiment* - CIB (CIB..., 1993), numa publicação sobre as patologias das edificações, ressalta a forma da fissura em sua definição: “(...) uma descontinuidade linear, produzida pela fratura de um material. Abertura estreita e longa”.

Para a compreensão dos assuntos aqui tratados, adotou-se a seguinte definição para *fissura*: manifestação patológica resultante de uma solicitação maior do que a capacidade de resistência da alvenaria, com aberturas lineares até a ordem de 1 mm de largura, que podem interferir nas suas características estéticas, funcionais ou estruturais.

As aberturas cuja largura seja inferior a 0,1 mm podem também ser denominadas de *microfissuras* e aquelas superiores a 1 mm denominadas de *trincas*.

Como regra geral, será utilizado o termo fissura no decorrer deste trabalho, exceto nos casos de citações diretas em que os autores utilizem outras expressões para designar essa patologia.

O surgimento de fissuras no revestimento constitui-se apenas na manifestação exterior de um fenômeno que pode ter origem no próprio revestimento ou na

base sobre a qual o revestimento é aplicado, no caso em questão a alvenaria de vedação. E, em função da origem, a recuperação a ser adotada será completamente diferente. Por isso, convém distinguir as diferentes possibilidades de origem da fissura.

2.1.2 Origem no revestimento de argamassa

Os revestimentos, assim como as paredes e as aberturas fazem parte do subsistema vedação vertical. Estes elementos já foram tema de discussão de várias publicações, entre as quais: ALVENARIAS (1988), INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT (INSTITUTO..., 1988), SABBATINI et al. (1988a), SABBATINI et al. (1988b) e SELMO (1989).

A definição adotada aqui, para o revestimento de argamassa, é a da norma NBR 13529 (ABNT, 1995): “o revestimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final”.

CINCOTTO (1984), ao tratar das patologias das argamassas de revestimento, afirma que a manifestação de fissuras com origem no revestimento de argamassa ocorre geralmente na forma de *mapa*.

A figura 2.1 ilustra a ocorrência de fissuras no revestimento de argamassa na forma de *mapa*.

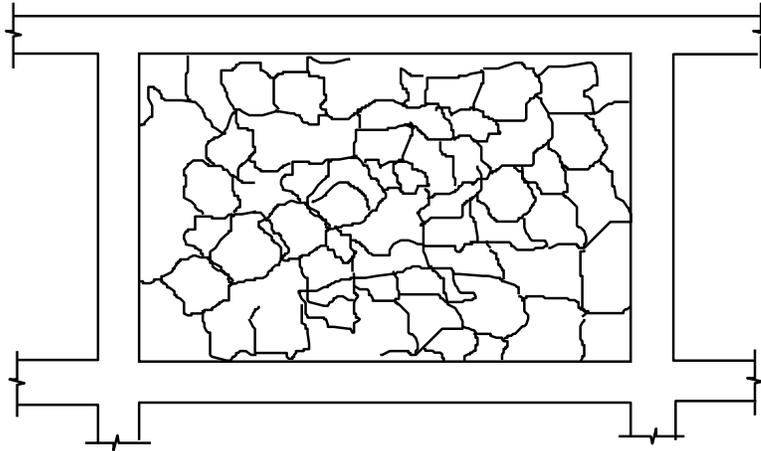


Figura 2.1 Manifestação típica de fissuras com origem no revestimento de argamassa

MEDEIROS; SABBATINI (1994), discorrendo sobre a fissuração dos revestimentos de argamassa, afirmam que a manifestação de fissuras podem acontecer tanto na fase plástica quanto na fase endurecida.

Segundo esses autores, é a perda de umidade nas primeiras idades que desencadeia movimentos de retração, os quais acabam gerando tensões internas de tração e, conseqüentemente, a fissuração do revestimento.

De acordo com SABBATINI (1984), essa retração também ocorre em função das reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes.

BAUER (1997), ao analisar as patologias dos revestimentos de argamassas inorgânicas, também considera que a incidência de fissuras, sem que tenha ocorrido movimentação ou fissuração da base, ocorre principalmente por retração da argamassa.

Segundo SABBATINI (1995), as fissuras ocasionadas pela retração da argamassa de revestimento podem ser *prejudiciais ou não*, conforme ilustra a figura 2.2.

(a)

(b)

**Figura 2.2 Fissuração da argamassa por retração:
a) formação de fissuras prejudiciais; b) formação de
microfissuras não-prejudiciais (SABBATINI, 1995)**

MEDEIROS; SABBATINI (1994) esclarecem que as fissuras consideradas prejudiciais ou patológicas, como ilustra a figura 2.2 (a), são aquelas que “interferem nas propriedades fundamentais dos revestimentos de argamassa - estanqueidade, durabilidade, integridade e aderência à base”.

As microfissuras não-prejudiciais ilustradas na figura 2.2 (b) podem ainda se propagar ao longo do tempo por efeito das movimentações térmicas e higroscópicas do revestimento causadas pelas variações nas condições ambientais.

O processo que se forma com a associação dessas microfissuras existentes no interior da argamassa levam a formação das fissuras prejudiciais, como aquelas ilustradas na figura 2.2 (a).

Dessa forma, a formação de fissuras na argamassa de revestimento é análoga aquela que HANAI (1992) descreve para a argamassa armada, na qual a “propagação de fissuras a partir de micro² ou microfissuras pré-formadas acaba, num intrincado processo de conexão entre minúsculas fraturas, conduzindo à superfície de fratura global, segundo a qual as partes de uma amostra de argamassa se separam”.

Segundo SABBATINI et al. (1988a), os principais fatores que interferem na fissuração dos revestimentos são: teor e natureza dos aglomerantes, teor e natureza dos agregados, capacidade de absorção de água da base e a técnica de execução. A tabela 2.1 de MEDEIROS; SABBATINI (1994) relaciona a importância desses fatores para o surgimento de fissuras nos revestimentos de argamassa.

² HANAI (1992), ao tratar da argamassa armada, define microfissuração como sendo: “o fenômeno de propagação de fissuras a partir de descontinuidades físicas - bolhas, poros, falhas de aderência entre pasta e agregado - que podem ser vistas como microfissuras pré-formadas no interior do material”.

Tabela 2.1 Fatores que interferem na fissuração dos revestimentos nas primeiras idades (MEDEIROS; SABBATINI, 1994)

Fatores	Considerações
Teor e natureza dos aglomerantes	É principalmente o teor de finos na argamassa que determina três importantes propriedades que influenciam na fissuração dos revestimentos: a retenção de água, a trabalhabilidade e a reatividade.
Teor e natureza dos agregados	A granulometria dos agregados deve ser contínua permitindo a ocorrência de um menor volume de vazios. Finos inertes devem ser limitados. Desta forma, pode-se reduzir o consumo de água e, conseqüentemente, a retração do revestimento.
Absorção de água pela base	A perda de umidade excessiva durante o endurecimento agravada pelas condições ambientais é um fator determinante no ganho de resistência inicial. Argamassas com maior capacidade de reter água podem minimizar este efeito.
Técnica de execução	O grau de compactação exercido na execução e o teor de umidade remanescente durante o desempenamento são fatores muito importantes no aparecimento de fissuras nas primeiras idades.

Ainda em função do teor de aglomerantes, de acordo com SABBATINI et al. (1988a), as fissuras na argamassa de revestimento podem se manifestar de duas formas diferentes.

Nas argamassas ditas *fortes*, ou seja, com maior teor de cimento e maior limite de resistência, as tensões vão se acumulando e a ruptura quando ocorre é na forma de microfissuras. Em contrapartida, há as argamassas ditas *fracas*, cujas ligações internas são menos resistentes e as tensões podem ser dissipadas na forma de microfissuras não-prejudiciais, como aquelas mostradas na figura 2.2 (b).

Para SABBATINI et al. (1988a), a relação entre as capacidades de absorção de água da base e de retenção de água da argamassa podem regular a perda de umidade do revestimento durante seu endurecimento, permitindo o desenvolvimento de resistência de aderência à tração.

Em função disso, LOGEAIS (1989) aconselha que as características dos materiais empregados na produção da argamassa de revestimento sejam compatíveis com as características da base, de forma a evitar o aparecimento de fissuras.

Outro parâmetro que influencia a fissuração do revestimento de argamassa é a técnica de execução pois estabelece o grau de compactação do revestimento e os tempos de sarrafeamento e desempenho.

Objetiva-se com a máxima compacidade da argamassa, reduzir ao mínimo os vazios inter-granulares com a finalidade de aumentar a resistência mecânica do revestimento e, conseqüentemente, a ocorrência de fissuras. Segundo SABBATINI (1995), a compressão realizada no desempenho desloca um fluxo de pasta para a superfície, a qual irá envolver os grãos superficiais e permitir obter uma adequada resistência mecânica na superfície desempenada e uma maior impermeabilidade da camada.

SABBATINI et al. (1988a) acrescentam que “estes parâmetros determinam o teor de umidade remanescente no revestimento e a capacidade de retração subsequente a tais operações”.

Como se pôde verificar pelas considerações anteriores, a fissuração dos revestimentos de argamassa com origem no próprio revestimento pode estar

relacionada tanto com os materiais como com a técnica de execução ou ser resultante da combinação de ambos.

A fissuração do revestimento pode ser ainda decorrente das deformações da alvenaria de vedação, assunto que será discutido adiante.

2.1.3 Origem na alvenaria de vedação

A definição adotada neste trabalho, para a alvenaria de vedação, é a de SABBATINI (1984): “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, (...), não sendo dimensionada para resistir a cargas além de seu peso próprio”. Como exemplo, esse autor cita as paredes de alvenaria.

Segundo SABBATINI et al. (1988a), as fissuras nos revestimentos de argamassa podem ocorrer em função da amplitude de deformação da base, no caso a alvenaria de vedação. A figura 2.3 ilustra as fissuras decorrentes de deformações de grande e pequena amplitude da base.

Para esses autores, não é função do revestimento absorver as deformações de grande amplitude da base.

(a)

(b)

**Figura 2.3 Fissuras decorrentes da deformação da base:
a) deformação de grande amplitude; b) deformação de
pequena amplitude (SABBATINI, 1995)**

LOGEAIS (1989) considera que a fissuração do revestimento também pode ser decorrente de solicitações inaceitáveis da alvenaria, sem que nada de anormal tenha ocorrido com ela.

No entanto, LOGEAIS concorda que na maioria dos casos a situação mais comum é que a fissuração do revestimento ocorra em virtude da própria fissuração da alvenaria. As causas das fissuras na alvenaria de vedação são discutidas no item 2.3.

De acordo com THOMAZ (1989), em função da resistência à tração da argamassa de assentamento e dos componentes de alvenaria, as fissuras na alvenaria poderão ser de dois tipos, conforme ilustra a figura 2.4.

(a)

(b)

Figura 2.4 Tipos de fissuras na alvenaria de vedação: a) a resistência à tração dos componentes é superior à da argamassa ou à resistência de aderência argamassa/blocos; b) a resistência à tração dos componentes é igual ou inferior à da argamassa (THOMAZ, 1989)

ELDRIDGE (1982) considera que a fissuração do revestimento como consequência da fissuração da base, ou seja, da alvenaria de vedação, é o caso mais comum. De fato, pesquisas realizadas por DAL MOLIN (1988) e LOGEAS (1989), confirmam o maior número de casos de fissuração com origem na alvenaria.

Dessa forma, será objeto de estudo deste trabalho apenas os sistemas empregados na recuperação de fissuras que se manifestam no revestimento com origem na alvenaria de vedação.

A seguir são apresentadas pesquisas que tratam dos problemas patológicos mais significativos da construção civil. Sempre que possível, procura-se identificar as principais causas da fissuração das alvenarias e a sua importância dentro do contexto geral da patologia das construções.

2.2 Patologia das construções: a incidência da fissuração

THOMAZ (1990) define *patologia das construções*, como sendo: “a ciência que procura, de forma metodizada, estudar os defeitos dos materiais, dos componentes, dos elementos ou da edificação como um todo, diagnosticando suas causas e estabelecendo seus mecanismos de evolução, formas de manifestação, medidas de prevenção e de recuperação”.

Os *defeitos* mencionados anteriormente são os chamados *problemas patológicos*, que foram definidos por SABBATINI (1984), como sendo: “(...) todos os fatores que comprometem o desempenho expectado do edifício, dos seus órgãos (subsistemas) e de seus componentes (componentes, elementos e materiais)”.

Nas últimas duas décadas, muitas pesquisas foram realizadas sobre a incidência de patologias nas construções. Essas pesquisas, de modo geral, tinham como objetivo identificar os problemas mais comuns e entender as suas causas.

No início da década de setenta, SAHLIN (1971) relatou uma extensa pesquisa realizada entre a empresa de engenharia *Johnson Engineering*, os fabricantes de blocos e os construtores da Suécia, sobre os tipos mais comuns de fissuras em edifícios habitacionais.

Os edifícios investigados eram constituídos de lajes de concreto apoiadas em paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto celular. As alvenarias

possuíam diferentes revestimentos externos, com espessuras variando de 2,54 a 12,70 mm.

A investigação consistiu no mapeamento das fissuras e no estudo das causas em 150 edifícios habitacionais, cujo resumo dos resultados encontra-se na tabela 2.1.

A terceira coluna da tabela indica a percentagem das observações de um tipo específico de fissura em relação a todas as fissuras observadas.

Cada tipo de fissura observada em um edifício foi contabilizada apenas uma vez, qualquer outra fissura do mesmo tipo no mesmo edifício não foi mais contabilizada.

A forma de manifestação das fissuras nas alvenarias estruturais, como ilustrada na tabela 2.2, e nas alvenarias de vedação é bastante semelhante, como poderá ser observada neste capítulo.

As conseqüências de uma mesma manifestação é que podem ser diferentes, tendo em vista a função para a qual a alvenaria foi construída, ou seja, estrutural ou para vedação.

Tabela 2.2 Tipos de fissuras observadas na investigação (SAHLIN, 1971)

Descrição	Tipo de fissura	Frequência (%)
Na fundação		13,3
Horizontal, no topo da laje		12,1
Vertical, no canto da edificação		10,2
Horizontal, na laje de andares intermediários		9,9
Vertical, abaixo de janelas		9,9
Horizontal, ao redor da janela		9,5
Entre o telhado e a parede		8,8
Ao redor da caixa de escada		8,3
Nas varandas		5,0
Vertical, no nível das lajes		4,2
Horizontal, abaixo das janelas		3,9
Na argamassa de rejuntamento		2,9
Horizontal, no canto da edificação		2,0

Em meados da década de setenta, foi publicada uma pesquisa que o *Building Research Advisory Service* realizou na Inglaterra (BUILDING..., 1975). Durante o período de 1970 a 1974, foram pesquisadas mais de 500 edificações que

apresentavam problemas patológicos, sendo que os principais resultados dessa pesquisa estão apresentados na tabela 2.3.

O objetivo da pesquisa era descobrir as patologias mais comuns e identificar formas de redução das suas ocorrências. Foram diferenciados, para uma mesma tipologia de edificação, os problemas que apresentaram maior número de casos.

Nessa pesquisa, a fissuração ocupa a segunda colocação entre os problemas patológicos mais comuns, perdendo apenas para a umidade, representada pela condensação e pela penetração da água de chuva.

A tabela 2.4 identifica os locais mais comuns onde ocorreram os problemas referentes à fissuração.

As fissuras que ocorreram nas paredes de vedação e nos acabamentos das paredes foram ocasionadas principalmente pela movimentação diferencial entre as partes adjacentes à estrutura, causada pela higroscopicidade (BUILDING..., 1975).

Tabela 2.3 Problemas mais comuns identificados nessa pesquisa (BUILDING..., 1975)

Edificação	Proporção do total da amostra		Problemas mais comuns	Incidência no tipo de edificação (%)
	Casos	%		
Residencial				
casa popular	64	13	Condensação	59
			Penetração da água de chuva	13
apartamento popular	55	11	Penetração da água de chuva	38
			Condensação	33
casa particular	65	13	Penetração da água de chuva	33
			Fissuração	20
			Condensação	18
apartamento particular	11	2	Penetração da água de chuva	64
Não-residencial				
escritórios, edifícios públicos	90	18	Pisos	28
			Telhados	23
			Penetração da água de chuva	28
			Fissuração	19
indústrias	65	13	Fissuração (principalmente pisos)	29
			Penetração da água de chuva (principalmente telhados)	29
escolas	28	5	Telhados	39
			Pisos (principalmente acabamento)	32
hospitais	23	5	Pisos (principalmente acabamento)	35
			Telhados	26
piscinas	13	3	Descolamentos	46
			Condensação no telhado	46
universidades	21	4	(o autor não especificou os problemas)	
lojas	18	4		
igrejas	10	2		
outros	47	9		

Tabela 2.4 Locais dos problemas referentes à fissuração (BUILDING..., 1975)

Tipo de defeito	Casos	Local	Quantidade
Fissuração	93	Pisos	28
		Paredes resistentes	20
		Acabamento de paredes e pisos	14
		Paredes de vedação	10
		Devido a movimentação da fundação	8
		Outros	13

Nota-se, portanto, a importância da umidade que pode estar presente em qualquer material poroso, provocando variações em seu volume.

Duas pesquisas publicadas por REYGAERTS et al. (1976) e REYGAERTS et al. (1978), apresentaram como os problemas patológicos mais comuns encontrados em edificações na Bélgica aqueles ilustrados pelos gráficos das figuras 2.5 e 2.6, respectivamente.

De acordo com os autores, a metodologia utilizada para a obtenção dos dados baseou-se “(...) nos problemas inerentes ao complexo processo da construção, cujas origens estão ligadas aos materiais, ao projeto, à execução, à utilização e às patologias verificadas nos primeiros anos pós-ocupação das habitações”.

**Período de coleta dos dados: 1974 a 1975
Número de casos: 1200**

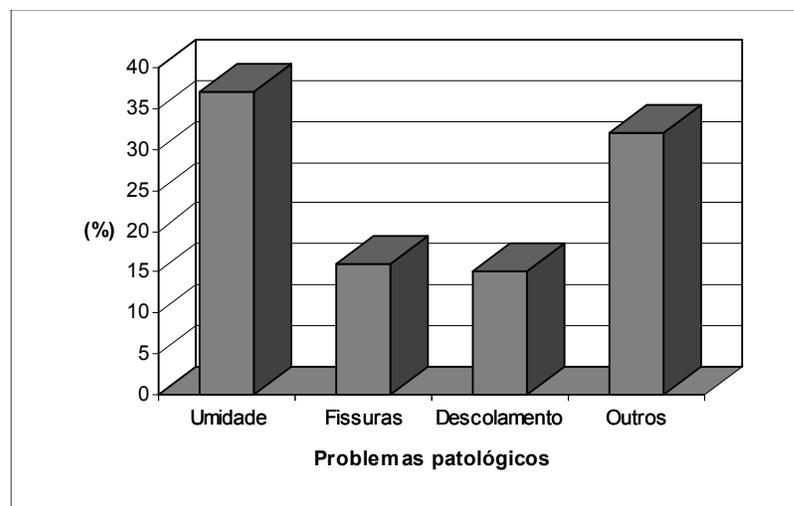


Figura 2.5 Divisão percentual dos problemas patológicos na Bélgica (REYGAERTS et al., 1976)

Período de coleta dos dados: 1976 a 1977
Número de casos: 1800

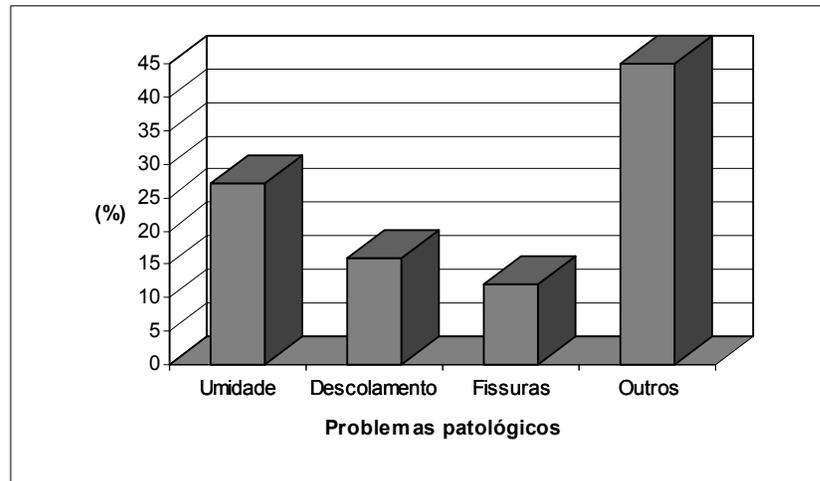


Figura 2.6 Divisão percentual dos problemas patológicos na Bélgica (REYGAERTS et al., 1978)

Os problemas identificados por *outros*, nas figuras 2.5 e 2.6, foram associados principalmente à falhas no isolamento termo-acústico, no sistema de aquecimento e nas instalações hidro-sanitárias.

Na primeira pesquisa apresentada por REYGAERTS et al. (1976), as causas das fissuras foram: 35% devidas à movimentação da estrutura de concreto armado; 27% por influência térmica; 25% por influência higrométrica e 15% devidas à movimentação da fundação.

Na segunda pesquisa apresentada as causas das fissuras foram divididas por REYGAERTS et al. (1978) como sendo: 30% devidas à movimentação da estrutura de concreto armado; 34% por influência térmica; 16% por influência higrométrica e 20% devidas à movimentação das fundações.

Apesar de não identificar em quais elementos das edificações ocorreram as fissuras, as duas pesquisas são importantes por identificar as causas mais comuns.

Outro destaque é a percentagem dos problemas de umidade associados à penetração direta de água por forças externas, como por exemplo por efeito da ação do vento. Segundo PEREZ (1986), essa situação só ocorre devido à presença de fissuras nos elementos da edificação. A infiltração correspondeu a aproximadamente 60% do total dos problemas de umidade.

Em meados da década de oitenta, CHAMOSA; ORTIZ (1984) realizaram um trabalho estatístico sobre os principais problemas patológicos em alguns países da Europa, com ênfase na Espanha, país de origem dos autores.

Os resultados para a França e a Espanha estão ilustrados na tabela 2.5.

Tabela 2.5 Problemas patológicos na França e na Espanha (CHAMOSA; ORTIZ, 1984)

Local	Período	Casos	Manifestação (%)		
			Umidade	Fissura	Descolamento
França	1968/1978	10.000	18	59	12
Espanha	1969/1983	586	8	59,2	10,5

A baixa percentagem das manifestações patológicas do tipo umidade é em razão de ter sido computada apenas a entrada de água através das vedações

verticais e horizontais e da condensação, não tendo sido contemplados os demais tipos de umidade, como por exemplo: a umidade de obra e a acidental.

De acordo com LOGEAIS (1989), durante o período de 1983 a 1986 foi realizada uma investigação pelos *Ingénieurs du Bureau Securitas*, na França, que objetivava determinar as manifestações patológicas que ocorriam com maior frequência em fachadas.

Foram analisados 40.700 relatórios técnicos de problemas patológicos, dos quais 2.486 casos relacionavam-se às fissuras *não-passantes*, ou seja, aquelas que não atravessavam toda a espessura da parede. As fissuras relacionadas às infiltrações de água de chuva, correspondentes às *passantes*, somaram 3.346 casos.

A tabela 2.6 apresenta os resultados destes 5.832 casos de fissuras, dividindo-os pelos locais de origem das fissuras. As alvenarias eram todas revestidas.

A divisão dos casos de fissuração segundo o local de origem auxilia no processo de diagnóstico, pois limita a possibilidade de causas. A dificuldade encontra-se em realizar essa distinção, já que não é uma tarefa simples, pois depende, dentre outros fatores: da experiência do pesquisador, do fácil acesso ao laboratório para a realização de ensaios e dos custos envolvidos.

Tabela 2.6 Fachadas de alvenaria revestida: divisão dos casos de fissuração segundo o local de origem (LOGEAIS, 1989)

	Revestimento exterior à base de gesso projetado	Revestimento exterior à base de aglomerante hidráulico	Total
Fissuração devida apenas ao revestimento	488	741	1.229
Fissuração devida apenas ao suporte	108	3.616	3.724
Coexistência de fissuras devidas ao revestimento e ao suporte	164	715	879
Total	760	5.072	5.832

Uma pesquisa publicada pelo *Building Research Establishment* - BRE realizada na cidade de Nairobi, no continente africano, procurou identificar os problemas patológicos numa amostra de 600 casas (OVERSEAS..., 1993). Os resultados demonstraram que 191 das casas apresentavam paredes com fissuras, constituindo-se no problema mais comumente encontrado.

No Brasil, algumas investigações foram realizadas. Apesar do fato de terem sido realizadas em âmbito restrito aos objetivos de cada pesquisa, os resultados não diferem muito daqueles apresentados para os outros países.

De acordo com IOSHIMOTO (1985), foi desenvolvido um projeto patrocinado pela Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo - SICCT sob o título de *Patologia na Construção*. Tinha como objetivo sistematizar a catalogação de problemas patológicos, através de um levantamento realizado em 36 conjuntos habitacionais, de 24 cidades daquele Estado, perfazendo um total de 462 unidades escolhidas aleatoriamente.

A tabela 2.7 mostra um resumo dos resultados obtidos. Os valores apresentados correspondem à incidência percentual de cada tipo de manifestação no total de manifestações para cada conjunto habitacional.

Tabela 2.7 Incidência de manifestações patológicas (IOSHIMOTO, 1985)

Tipo de edificação	Idade (anos)	Formas de manifestação (%)		
		Umidade	Trincas	Descolamento de revestimento
Casas térreas	1-3	42	29	29
	4-7	50	25	25
	> 8	37	35	28
Apartamentos	1-3	52	35	7
	4-7	86	14	-
	> 8	82	12	6

IOSHIMOTO (1985) faz algumas considerações com base nos resultados desse projeto, as quais são destacadas na seqüência:

- a) “dentre as causas prováveis de umidade (de infiltração, de condensação, proveniente do solo, acidental e outras) destaca-se a de infiltração por trincas em paredes;
- b) as causas prováveis de fissuras e trincas foram: recalque (acomodação do solo, da fundação ou do aterro), retração (fissuração da argamassa de revestimento ou de piso cimentado), movimentação (da estrutura de concreto, do madeiramento do telhado ou da laje mista), amarração (falta de amarração nos cantos de paredes ou no encontro da laje com as paredes), diversos (concentração de esforços, impacto de portas, etc.)”.

IOSHIMOTO destaca ainda que “(...) é interessante notar que a incidência de problemas por recalque cresce com a idade enquanto que por retração, diminui”.

A classificação das manifestações patológicas foi realizada apenas para as casas térreas, construídas pelo método tradicional. O número de conjuntos habitacionais com prédios de apartamentos foi bem menor. Além disso, as poucas unidades vistoriadas utilizavam bem menos revestimentos e, em geral, os prédios foram construídos com blocos de concreto e receberam uma pintura impermeável.

DAL MOLIN (1988), em sua dissertação de mestrado, realizou um levantamento da ocorrência de manifestações patológicas a partir de pesquisa nos relatórios técnicos da Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - CIENTEC. Essa investigação refere-se aos registros efetuados nesse Estado de 1977 a 1986, em quatorze núcleos habitacionais constituídos de casas térreas, sobrados, edifícios, fábricas, escolas, bancos e hospitais.

A metodologia adotada para a análise dos dados era a seguinte: cada tipo de problema que ocorria em determinada edificação, com mesma causa, foi contabilizado apenas uma vez, independente do número de vezes e lugares diferentes em que se manifestava.

Desse modo, foram analisados 1.615 casos, dos quais 1.066 eram referentes aos problemas de fissuração. A tabela 2.8 ilustra os resultados.

Verificou-se uma grande ocorrência de fissuras na alvenaria, embora a autora não as tenha diferenciado se ocorreram em alvenarias de vedação ou alvenarias estruturais.

De maneira geral, segundo DAL MOLIN (1988): “(...) o cuidado na execução aumenta com o aumento da complexidade da edificação; muitas casas, por serem simples de construir, dispensam a atuação mais intensa do engenheiro, passando a ser executada por um mestre de obras; (...) isto leva a uma incidência maior de fissuras na edificação”.

Tabela 2.8 Incidência da fissuração em função da natureza das edificações - modificada de DAL MOLIN (1988)

Fissuração	Casas térreas	Casas com mais de um pavimento	Edifícios habitacionais com até 3 pavimentos	Edifícios habitacionais com mais de 3 pavimentos	Demais edificações	Totais
Em reboco	27	28	17	18	8	98
Em alvenaria	148	125	75	77	44	469
Interface alvenaria/concreto	42	44	35	28	23	172
Interface materiais distintos	10	14	5	9	3	41
Em concreto						
Marquise	10	6	1	7	5	29
Laje	13	16	42	70	28	169
Viga	6	4	13	17	27	67
Pilar	2	-	4	3	12	21
Total	258	237	192	229	150	1.066

Os valores sombreados na tabela 2.8 confirmam a afirmação da autora. Para as casas térreas e com mais de um pavimento, os problemas de fissuração relativos ao reboco, alvenaria, interface alvenaria/concreto e interface entre materiais distintos são em maior número que aqueles das outras edificações.

Mais recentemente, conforme FRANCO et al. (1993), foi elaborado um relatório que analisava os problemas de fissuração de um conjunto de obras. Esse estudo fez parte de um convênio de pesquisa entre a empresa fabricante dos blocos utilizados naquelas obras e o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil - CPqDCC, da Escola Politécnica da USP - EPUSP.

A tabela 2.9 apresenta os casos de fissuração da alvenaria, durante o período de 1990 a 1992, em 45 obras distribuídas pelo Brasil.

Tabela 2.9 Fissuras em função da causa (FRANCO et al., 1993)

Causa	Local da fissura	Casos	(%)
Movimentação da estrutura	Alvenaria/pilar	51	66,2
	Alvenaria/viga	77	
Movimentação higroscópica	Abertura	26	33,8
	Vertical	77	

Segundo FRANCO et al. (1993), apesar das restrições à metodologia de levantamento dos dados, os resultados dessa investigação demonstraram que a inadequada vinculação das alvenarias de vedação aos elementos estruturais foi a principal causa dos problemas de fissuração.

De um modo geral, comparando-se os resultados das pesquisas estrangeiras com as nacionais, a incidência dos problemas relacionados à fissuração das alvenarias é bastante semelhante.

Da análise das investigações percebe-se que as causas diferem de pesquisa para pesquisa, não sendo possível afirmar a existência de uma única causa.

Isso se deve, em grande parte, às diferentes condições de exposição das regiões das investigações, aos diferentes métodos de avaliação e classificação das fissuras, a diversidade de materiais empregados; enfim, às características intrínsecas da construção civil de cada país.

No entanto, pôde-se concluir do exposto que as principais causas das fissuras nas alvenarias poderiam ser agrupadas em quatro grupos: movimentação térmica; movimentação higroscópica; movimentos das fundações e deformações de estruturas de concreto armado.

2.3 Causas da fissuração das alvenarias de vedação

Apresentam-se, a seguir, ainda que de forma sucinta, as principais causas de manifestação das fissuras na alvenaria de vedação. Para cada uma delas são destacados os agentes causadores e as formas mais comuns de manifestação. Estas últimas são reunidas em forma de tabelas, nas quais constam a descrição do caso, a ilustração da patologia e os comentários pertinentes.

Informações mais detalhadas de cada assunto tratado podem ser obtidas diretamente dos trabalhos citados, cujas referências bibliográficas completas encontram-se no final deste trabalho.

2.3.1 Movimentação térmica

“Todos os materiais, componentes e elementos de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura. Estas variações, diárias ou sazonais, permitem variações dimensionais dos mesmos, proporcionando movimentos de dilatação e contração” (BUILDING..., 1977).

Segundo THOMAZ (1989), “a amplitude e a taxa de variação da temperatura de um componente exposto à radiação solar, principal fonte de calor atuante sobre os componentes de uma edificação, irá depender da atuação combinada dos seguintes fatores: intensidade da radiação solar, absorvância³ da superfície do componente à radiação solar, emitância da superfície do componente, condutância térmica superficial, entre outras propriedades térmicas dos materiais de construção”.

As fissuras de origem térmica têm origem nas movimentações diferenciais entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material.

³ Segundo THOMAZ (1989), a absorvância é a energia absorvida por um componente quando exposto à radiação solar que faz com que a sua temperatura superficial seja superior à do ar ambiente.

“As principais movimentações diferenciais ocorrem em função da: junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeitos às mesmas variações de temperatura; exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais e gradiente de temperatura ao longo de uma mesma parte da edificação” (FOUNDATIONS..., 1979).

Para SABBATINI (1984), “as fissuras de origem térmica, apesar de não comprometerem a segurança, assumem grande importância na construção de edifícios”.

SABBATINI justifica a importância das fissuras de origem térmica ao afirmar que “as deformações que as causam são inevitáveis; as fissuras são de difícil reparo, pelo seu caráter cíclico e variável e, normalmente comprometem alguma exigência essencial (por exemplo, uma exigência psicológica - o temor pela segurança ou de habitabilidade - sanidade)”.

Algumas das principais formas de manifestação de fissuras causadas pela movimentação térmica são ilustradas na tabela 2.10.

A primeira coluna descreve a fissura ou fornece alguma descrição do problema; enquanto a segunda coluna ilustra a forma de manifestação daquele. A terceira coluna destaca os comentários pertinentes.

Tabela 2.10 Formas de manifestação de fissuras causadas pela movimentação térmica

Caso	Formas de manifestação	Comentários
Fissura típica presente no topo da parede devida à dilatação térmica da laje de cobertura (BUILDING..., 1966)		<ul style="list-style-type: none"> • BASSO; LANDI (1992) consideram que “a cobertura é a parte do edifício que mais está exposta às radiações solares”. • Segundo SABBATINI et al. (1988b), a ligação rígida entre a parede e lajes de pisos ou vigas submetem àquela a um estado elevado de tensões.
Fissuras horizontais nas 3 ou 4 fiadas abaixo do telhado (ELDRIDGE, 1982)		Segundo EICHLER (1973), essas fissuras ainda podem ser causadas por: “inadequada amarração com as paredes; inadequado dimensionamento; variação higroscópica”.
Fatores de majoração das tensões no contorno do vão da janela, através de simulação matemática (UTUK apud THOMAZ (1987a))		“A existência de aberturas (janelas e portas) nas paredes são locais propícios ao aparecimento de fissuras, pois seus vértices são regiões de elevada concentração de tensões” (THOMAZ, 1987b).
Fissuras verticais em muros: A - destacamento entre alvenaria e pilar; B - no corpo da alvenaria (THOMAZ, 1989)		“Normalmente, essas fissuras iniciam-se na base do muro, em razão das restrições que a fundação oferece à sua livre movimentação” (THOMAZ, 1989).
Movimentações térmicas em lajes de forro (modificada de THOMAZ (1989))		“O efeito da reirradiação de calor da cobertura na região dos áticos proporciona às lajes de forro dilatações e contrações que podem produzir fissuras na interseção dos forros com as paredes” (THOMAZ, 1989).
Destacamento entre estrutura e painéis de alvenaria (TOKAZI et al., 1990)		“As movimentações térmicas das estruturas de concreto armado em uma edificação dificilmente causam dano à estrutura em si; porém, podem causar esse tipo de problema” (THOMAZ, 1989).

Como se pôde verificar pelos casos apresentados na tabela 2.10, as manifestações de fissuras na alvenaria de vedação podem ser decorrentes das variações térmicas extrínsecas ou intrínsecas à alvenaria.

Muitas vezes, uma mesma forma de manifestação de fissura pode ser decorrente da movimentação térmica, da movimentação higroscópica ou da combinação das duas, o que dificulta a determinação da causa ou causas. São exemplos dessa situação o terceiro, o quarto e o sexto casos da tabela 2.10.

2.3.2 Movimentação higroscópica⁴

“As fissuras causadas por movimentações higroscópicas apresentam-se bastante semelhantes àquelas devidas à movimentações térmicas. Ambas são consequência de deformações provocadas por variações volumétricas (expansão e contração)” (NOTE..., 1980).

De fato, os materiais porosos que constituem os componentes e elementos da construção estão sujeitos às mudanças higroscópicas que provocam as variações dimensionais, assim como o efeito da mudança de temperatura.

De acordo com BEALL (1987), “o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material enquanto que a diminuição provoca uma contração”.

⁴ Segundo POLISSENI (1986), denomina-se teor higroscópico o “teor mínimo de umidade que na prática pode estar presente em um material poroso”.

Segundo PEREZ (1986), “existe uma classificação para os tipos de umidade existentes nas construções, internacionalmente aceita com pequenas variações de um país para outro, onde se procura conciliar a origem do fenômeno (materiais de construção sujeitos a diversas vias de umidade) e a forma como este se manifesta, quais sejam: de obra; de absorção e capilaridade; de infiltração, de condensação e acidental”.

Um dos fenômenos que mais interessam ao estudo da fissuração das alvenarias, segundo MEDEIROS (1993) e COSTA (1995), é a retração na secagem provocada por variação do teor de umidade dos blocos e da argamassa, dentre outros motivos, por estar relacionada à estabilidade dimensional dos mesmos.

SABBATINI (1984) interpreta o fenômeno da seguinte forma: “a retração inicial, originada após a fabricação úmida do material, no caso de blocos e argamassas, surge com a diminuição do teor de umidade. Até um determinado ponto, a retração que ocorre é irreversível, ou seja, se re-umidecermos o material até aquela umidade de fabricação (ou superior) não iremos observar qualquer movimento com tendência ao retorno à dimensão original. A partir deste determinado ponto, com o contínuo secamento até o teor de umidade nulo (...) ocorre uma contínua retração, que no entanto é reversível (...)”.

THOMAZ (1989) salienta que “a quantidade de água absorvida por um material de construção depende de dois fatores: a porosidade e a capilaridade. O fator mais importante que rege a variação do teor de umidade dos materiais é a

capilaridade. Na secagem de materiais porosos, a capilaridade provoca o aparecimento de forças de sucção, responsáveis pela condução da água até a superfície do componente, onde ela será posteriormente evaporada”.

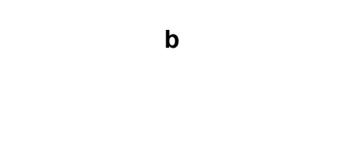
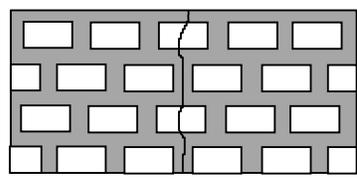
Analisando a manifestação de fissuras nas alvenarias de fachada, verifica-se que elas são preponderantemente causadas pelas variações termo-higroscópicas. Isso se deve, principalmente, à exposição à água de chuva e à radiação solar, o que não ocorre com as alvenarias de vedação internas.

Um artigo do *Stichting Bouwresearch* (NOTE..., 1989), sobre a manifestação de fissuras nas fachadas de uma edificação, exemplifica a situação anterior. A constante umidificação e secagem dos componentes da alvenaria, sujeitos ainda à variações de temperatura entre 17 e 35°C, foram considerados os responsáveis pela incidência das fissuras.

Motivado por essa situação, o CSTC (NOTE..., 1989) relacionou alguns parâmetros em função dos quais varia o risco de fissuração das alvenarias de fachada: “dimensões da fachada; condições de exposição; características mecânicas dos materiais da alvenaria; estabilidade dimensional da alvenaria (coeficiente de dilatação, retração hidráulica, etc.) e a tinta do acabamento”.

A tabela 2.11 ilustra algumas das principais formas de manifestação de fissuras causadas pela movimentação higroscópica.

Tabela 2.11 Formas de manifestação de fissuras causadas pela movimentação higroscópica

Caso	Formas de manifestação	Comentários
<p>Quina curta de alvenaria cerâmica: a - seta indica sentido da expansão dos tijolos; b - fissura resultante (ELDRIDGE, 1982)</p>	<p style="text-align: center;">a</p>  <p style="text-align: center;">b</p>	<p>Segundo ELDRIDGE (1982), “grande parte da movimentação irreversível para componentes cerâmicos, no caso expansão, ocorre nos primeiros meses de idade”.</p>
<p>Fissura típica vertical no terço médio de alvenarias de blocos de solo-cimento (MORAES, 1982)</p>		<p>MORAES (1982) explica que “o solo-cimento é um material altamente suscetível às variações de umidade, particularmente quando a argila contiver argilominerais da família das montmorilonitas”.</p>
<p>Destacamentos entre argamassa e componentes da alvenaria (THOMAZ, 1989)</p>		<p>Para THOMAZ (1989), “ são os seguintes fatores em função dos quais ocorrem esses destacamentos: aderência entre argamassa e componentes de alvenaria, tipo de junta adotada, módulo de deformação dos materiais em contato, propriedades higroscópicas destes materiais e intensidade da variação da umidade”.</p>
<p>Trinca horizontal na base da alvenaria por efeito da umidade do solo (THOMAZ, 1989)</p>		<p>“Os componentes de alvenaria que estão em contato direto com o solo absorvem sua umidade, apresentando movimentações diferenciadas em relação às fiadas superiores que estão sujeitas à insolação direta e à perda de água por evaporação” (THOMAZ, 1989).</p>
<p>Destacamento da argamassa no topo do muro, causado pela absorção de umidade (THOMAZ, 1989)</p>		<p>“A argamassa do topo da parede absorve água (de chuva ou mesmo do orvalho) e movimenta-se diferencialmente em relação ao corpo do muro e acaba destacando-se do mesmo” (THOMAZ, 1989).</p>
<p>Fissura de retração na alvenaria em seção enfraquecida pela presença de tubulação (VERÇOZA, 1991)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Fissuras desse tipo podem ser decorrentes de quaisquer uma das causas tratadas no item 2.3. • Em geral, acompanha o local de instalação dos eletrodutos.

Além das fissuras nas alvenarias serem decorrentes de variações termo-higroscópicas das próprias alvenarias ou das estruturas às quais estão vinculadas, elas também podem ser causadas pelos movimentos das fundações e deformação de elementos estruturais.

2.3.3 Movimentos das fundações

“Como todo material de construção, o solo está sujeito a carregamentos, deformações elásticas e plásticas. Em geral, os solos constituem-se de partículas sólidas entre as quais existem poros de diversos tamanhos preenchidos por ar ou água. Sob a influência das cargas, as partículas sólidas se deslocam provocando a deformação do terreno” (PFEFFERMANN, 1968).

Dessa forma, o estudo do solo constitui-se no fator mais importante para a compreensão do comportamento da fundação. THOMAZ (1989) considera dois parâmetros do solo como os mais importantes a analisar, são eles: a capacidade de carga e a deformabilidade.

Esses parâmetros, completa THOMAZ, “são função dos seguintes fatores: tipo e estado do solo; disposição do lençol freático; intensidade da carga; tipo de fundação (direta ou profunda); cota de apoio da fundação; dimensões e formato da placa carregada e interferência de fundações vizinhas”.

A tabela 2.12 mostra um resumo das principais causas que podem produzir os movimentos das fundações.

Tabela 2.12 Resumo dos movimentos das fundações causadores de fissuras - modificada de PFEFFERMANN (1968)

Causas		Formas de manifestação
Recalque diferencial	Consolidação	<ul style="list-style-type: none"> • fissuras nos elementos estruturais; • fissuras verticais entre elementos de madeira e a alvenaria; • fissuras a partir das aberturas; • fissuras de flexão (aterros).
	Fundação sobre terrenos diferentes	
	Tipos diferentes de fundação	
	Fundação sobre aterros	
Movimento de água	Ação do sol	<ul style="list-style-type: none"> • fissuras sobre a fachada que incide o sol; • variação sazonal do aparecimento das fissuras (sol); • fissuras a partir das aberturas (rebaixamento do nível de água); • abertura brusca de fissuras (rebaixamento do nível de água).
	Ação da vegetação	
	Rebaixamento do lençol freático	
Erros	Ausência de juntas	<ul style="list-style-type: none"> • fissuras entre construções (juntas); • falhas nas fachadas (juntas); • fissuras a partir das aberturas (vibrações); • abertura das fissuras em função de vibrações.
	Vibração	
	Excesso de água	

Segundo SABBATINI (1984), “as fissuras nas paredes de alvenaria ocasionadas pelas movimentações das fundações apresentam algumas características bastante particulares: formas de manifestações típicas, ocorrência alta de casos e, geralmente, são as que mais comprometem a segurança estrutural”, e acrescenta que “as fissuras devidas aos recalques diferenciais são as mais comuns”.

Analisando o comportamento do edifício frente a ocorrência de recalques diferenciais, THOMAZ (1989) comenta que “em geral, há grande probabilidade das estruturas lineares desempenharem-se de maneira flexível, predominando nas paredes de fechamento (vedação) tensões de cisalhamento”.

A tabela 2.13 ilustra algumas das principais formas de manifestação de fissuras causadas pelos movimentos das fundações.

Tabela 2.13 Formas de manifestação de fissuras causadas pelos movimentos das fundações

Caso	Formas de manifestação	Comentários
Fissura entre duas partes da edificação (PFEFFERMANN, 1968)		<ul style="list-style-type: none"> • A adoção de sistemas diferentes de fundação numa mesma obra pode causar fissuras verticais. • “A construção de edifícios dotados de um corpo principal (mais carregado) e de um corpo secundário, com uma mesma fundação, conduz a recalques diferenciados entre as duas partes, surgindo fissuras verticais entre elas e, não raras vezes, fissuras inclinadas no corpo menos carregado” (THOMAZ, 1989).
Fissura inclinada devido ao rebaixamento de lençol freático (NOTE..., 1983)		“Cortes de terreno, com conseqüente rebaixamento do lençol freático, podem ocasionar recalques diferenciais” (NOTE..., 1983).
Fissuras a 45° nas alvenarias (NOTE..., 1983)		“Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior” (NOTE..., 1983).
Fissuras a 45° nas alvenarias (THOMAZ, 1987a)		“Em edifícios com estrutura reticulada, os recalques diferenciados da fundação induzem à fissuração por tração diagonal das paredes, as trincas inclinam-se na direção do pilar que sofreu maior recalque” (THOMAZ, 1987a).
a - recalque do solo devido à retirada de água por vegetação próxima; b - expansão por saturação do solo (BRE, 1994)		<ul style="list-style-type: none"> • Lado da edificação próximo à vegetação está mais suscetível às fissuras, geralmente inclinadas. • “As variações de umidade do solo, principalmente no caso de argilas, provocam alterações volumétricas e variações no seu módulo de deformação, com possibilidade de recalques localizados” (STORMS, 1977).

De acordo com THOMAZ (1989), “as fissuras provocadas por recalques diferenciados ainda são função de outras variáveis: geometria das edificações e/ou do componente, tamanho e localização de aberturas, grau de enrijecimento da construção (emprego de cintamentos, vergas e contra-vergas), eventual presença de juntas no edifício, etc.”.

2.3.4 Deformações de estruturas de concreto armado

A discussão adiante será restrita às estruturas de concreto armado por serem as de maior utilização na construção tradicional de edifícios.

O desenvolvimento da tecnologia do concreto, aliado aos avanços mais recentes da teoria do dimensionamento têm permitido a produção de estruturas cada vez mais esbeltas. Entretanto, os métodos construtivos das alvenarias não evoluíram da mesma forma, sendo ainda empregadas, na grande maioria das obras brasileiras, as mesmas técnicas construtivas do passado.

THOMAZ (1989) explica que “os elementos estruturais (pilar, viga e laje) deformam-se naturalmente sob a ação do peso próprio, das cargas permanentes e acidentais, da retração e da deformação lenta do concreto; entretanto, as flechas podem não comprometer sua integridade; porém, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação das paredes”.

THOMAZ considera ainda que “as alvenarias são os componentes da obra mais suscetíveis à ocorrência de fissuras pela deformação do suporte”.

SOMERS; DE KESEL (1981) advertem que essa situação exige que a análise das deformações das estruturas de concreto seja realizada com maior cuidado, ainda mais porque as fissuras decorrentes desse problema vêm sendo apontadas como as de maior ocorrência já há algum tempo, conforme os trabalhos de PFEFFERMAN; PATIGNY (1975) e FRANCO et al. (1993).

A tabela 2.14 apresenta alguns limites para as flechas máximas das estruturas de concreto armado que, de acordo com as bibliografias, quando excedidos provocariam danos às vedações.

Tabela 2.14 Flechas máximas admissíveis às estruturas de concreto armado

Fonte	Flechas máximas admissíveis	Comentários
ISO 4356 (ISO, 1977)	$l/500 - l/300$	O limite varia nesse intervalo em função da capacidade de deformação da vedação vinculada à estrutura.
l: distância entre os centros dos apoios; no balanço é a projeção.		
NBR 6118 (ABNT, 1978)	$l/300$ $l/500$	Deslocamento causado por todas as ações. Deslocamento causado pelas cargas acidentais.
	$l/150$ $l/250$	Limites para os balanços: deslocamento causado por todas as ações; deslocamento causado pelas cargas acidentais.
l: distância entre os centros dos apoios; no balanço vai da extremidade ao centro do apoio.		
Bulletin d'information 143 (BULLETIN..., 1981)	$l/500$ ou 10 mm	O menor valor.
l: distância entre os centros dos apoios.		
BS 8110 (BSI, 1985)	$l/350$ ou 20 mm	O menor valor, para vedações e acabamentos.
l: distância entre os centros dos apoios; no balanço é o comprimento.		
CSA A.23.3-94 (CSA, 1994); ACI 318 (ACI, 1995)	$l/480$	Elemento não estrutural com probabilidade de danos sob grandes deflexões da estrutura a qual está vinculado.
	$l/240$	Elemento não estrutural com pouca probabilidade de danos sob grandes deflexões da estrutura a qual está vinculado.
l: comprimento do vão livre.		

Os valores mostrados na tabela 2.14 são apenas indicativos e podem ser modificados quando forem previstos detalhes que minimizem a possibilidade de danos às alvenarias causados pelas deformações das estruturas de concreto armado.

O projeto de norma DD ENV 1992-1-1 (BSI, 1992) do *European Committee for Standardization*, órgão que congrega as instituições normalizadoras dos países da comunidade europeia, explica que a determinação de um limite apropriado depende da natureza do elemento suscetível ao dano e, como orientação, considera o limite de $l/500$ razoável para muitas circunstâncias.

Entretanto, alguns casos citados por PFEFFERMANN (1968); PFEFFERMANN; PATIGNY (1975); BULLETIN... (1981); FRANCO et al. (1994) e CUNHA et al. (1996), registram fissuras em paredes sendo produzidas por deformações de $l/1000$ ou valores menores.

Conclui-se das análises mostradas anteriormente, a necessidade da realização de novos estudos práticos que objetivem compatibilizar as deformações das estruturas à capacidade de deformação das alvenarias.

Algumas das principais formas de manifestação de fissuras causadas pelas deformações das estruturas de concreto armado são ilustradas na tabela 2.15.

Tabela 2.15 Formas de manifestação de fissuras causadas pelas deformações de estruturas de concreto armado

Caso	Formas de manifestação	Comentários
Fissuras em parede de vedação: deformação do elemento estrutural inferior maior que a do superior (PFEFFERMANN, 1968)		Segundo PFEFFERMANN; PATIGNY (1975): <ul style="list-style-type: none"> • “a abertura de fissuras desse tipo é grande, ela freqüentemente ultrapassa 1 cm; • essas fissuras aparecem algumas semanas após a construção da parede.”
Fissuras em parede de vedação: deformação do elemento estrutural inferior menor que a do superior (PFEFFERMANN, 1968)		“A parede se comporta como uma viga solicitada à flexão, situação para a qual não foi concebida” (PFEFFERMANN; PATIGNY, 1975).
Fissuras em parede de vedação: deformação do elemento estrutural inferior idêntica a do superior (PFEFFERMANN, 1968)		“(…) nesta circunstância a parede é submetida principalmente a tensões de cisalhamento, as fissuras iniciam-se nos vértices inferiores, propagando-se aproximadamente a 45°” (THOMAZ, 1989).
Fissuração das paredes com aberturas (PFEFFERMAN; PATIGNY, 1975)		As deformações vistas nos três casos anteriores causam diferentes manifestações de fissuras nas paredes com aberturas (portas e janelas). A forma das fissuras será função, entre outras, da posição e tamanho das aberturas.
Fissuras causadas por deformações excessivas de lajes de concreto armado (THOMAZ, 1987a)		“Fissuras praticamente iguais em todos os pavimentos devidas a grandes deformações das lajes” (THOMAZ, 1987a).
Fissuras na alvenaria provocadas por deflexão da região em balanço da viga (THOMAZ, 1989)		“Problema particularmente importante em edifícios sobre pilotis, (...), a deflexão da viga na região em balanço provoca fissuras de cisalhamento na alvenaria e/ou o destacamento entre a parede e a estrutura” (THOMAZ, 1989).

O desenvolvimento de novas pesquisas deve focar o elemento parede de alvenaria, levando em consideração: os componentes utilizados, as dimensões dos componentes e da parede, as juntas de argamassa, a presença de aberturas, o revestimento, o acabamento e a forma de vinculação às estruturas.

A divisão das manifestações das fissuras segundo as deformações das estruturas de concreto armado, os movimentos das fundações e as movimentações termo-higroscópicas, como foi feita aqui, nada mais é do que a classificação da fissura em função das causas.

No próximo item será realizada a classificação das fissuras em função da abertura, tipo de movimentação e direção.

2.4 Classificação das fissuras da alvenaria de vedação

A classificação das fissuras objetiva auxiliar o processo de formação do diagnóstico⁵, a partir do qual pode-se indicar a recuperação mais adequada.

No item 2.3 foram vistas as manifestações típicas das fissuras, segundo as causas que lhe deram origem. Associar a manifestação da fissura com a provável causa é uma forma de classificação de fundamental importância, visto que, segundo DUARTE (1988), antes de ser tomada qualquer medida de recuperação é necessário intervir nas causas.

BAUER (1993) considera que “a localização das fissuras, sua abertura, percurso e espaçamento, além de outros dados informativos podem servir como elementos para determinação da causa ou causas que as produziram”.

Do ponto de vista prático, a classificação da fissura mais adequada seria aquela que relacionasse a tipologia da fissura com a recuperação mais apropriada.

No entanto, as informações fornecidas por apenas uma classificação não são suficientes para entender o fenômeno patológico em questão e subsidiar um diagnóstico completo. O conjunto dos dados colhidos de cada classificação é que vai auxiliar a caracterizar o problema e, conseqüentemente, ajudar a estabelecer uma terapia apropriada para a recuperação.

De fato, o conhecimento da posição, tipo, disposição e movimentação da fissura na parede pode auxiliar na análise da estabilidade do elemento parede, na verificação da sua interação com o revestimento, na determinação da origem provável e principalmente, se é possível intervir no problema.

⁵ LICHTENSTEIN (1985) propõe, em sua dissertação de mestrado, um método genérico para a análise de um problema patológico, cuja estrutura é basicamente formada por três partes: levantamento de subsídios, diagnóstico e definição da conduta a adotar na correção da patologia.

2.4.1 De acordo com a amplitude da abertura

A classificação das fissuras segundo a largura da abertura pode indicar a gravidade do problema, auxiliar na identificação da causa e até mesmo limitar a utilização dos sistemas de recuperação.

O BRE (BUILDING..., 1981) estabeleceu um critério em função da largura da fissura, no qual classifica o dano em níveis e categorias, segundo os quais pode-se conhecer a gravidade do problema, conforme ilustra a tabela 2.16. Essa classificação foi inicialmente proposta para avaliar o dano causado pela subsidência⁶ do solo nas edificações britânicas.

Tabela 2.16 Classificação dos danos visíveis em paredes - modificada do BRE (BUILDING..., 1981)

Categoria do dano	Nível do dano	Largura da abertura (mm)
0	Negligenciável	< 0,1
1	Muito pequeno	0,1 - 1
2	Pequeno	1 - 5
3	Moderado	5 - 15 (ou quantidade de fissuras ≥ 3)
4	Severo	15 - 25 (depende da quantidade de fissuras)
5	Muito severo	> 25 (depende da quantidade de fissuras)

Segundo o BRE (BUILDING..., 1981), “para a maioria dos casos, as categorias 0, 1 e 2 representam os danos estéticos; as categorias 3 e 4 representam os danos de utilização e a categoria 5 representa os danos de estabilidade”, e ainda explica que “as três primeiras categorias compreendem danos que prejudicam apenas a aparência, as categorias 3 e 4 interferem nas funções da

⁶ Segundo COUTINHO (1993), a subsidência é um dos tipos de movimentos de solos e rochas. Consiste em deslocamentos finitos, bruscos ou deformação contínua vertical. Está dividida em subsidência propriamente dita, recalque e desabamento.

parede, enquanto na categoria 5 estão os casos em que há riscos de que a estrutura entre em colapso”.

Essa classificação demonstra a preocupação do BRE em estabelecer uma relação entre a fissura e os danos decorrentes da sua manifestação. Entretanto, associa as categorias dos danos à limites para a largura das fissuras bastante discutíveis, como por exemplo ao considerar os danos da categoria 2 apenas como estéticos.

O BRE (BUILDING..., 1981) adverte ainda que a abertura da fissura não deve ser utilizada como o único parâmetro na determinação da sua causa. No entanto, considera que essa informação pode ser utilizada para limitar o leque de possíveis causas.

SABBATINI (1984), ao diferenciar a fissura da trinca, associa a ocorrência das trincas aos desequilíbrios de maior amplitude, como por exemplo devido a recalques diferenciais das fundações. Esse autor considera como sendo fissura a abertura com largura de até 1 mm.

Os profissionais do meio técnico utilizam os termos fissura e trinca indiscriminadamente, não fazendo qualquer distinção entre eles, o que pode gerar dúvida na descrição deste problema patológico.

2.4.2 De acordo com o tipo de movimentação

A movimentação da abertura da fissura ao longo do tempo é uma informação útil que também ajuda na determinação da causa. Além disso, a amplitude dos

movimentos impõe um limite à utilização dos sistemas de recuperação, em função da capacidade de deformação.

As fissuras podem ser classificadas, de acordo com a movimentação, em *ativas* ou *inativas*. MASSON (1994) considera ativas aquelas fissuras que se movimentam, abrindo e fechando, e inativas aquelas fissuras que não apresentam movimentação.

MASSON associa ao primeiro caso as fissuras provocadas por variações térmicas e higroscópicas e ao segundo caso as fissuras provocadas por uma carga muito importante aplicada sobre uma alvenaria, mas que não se repetirá mais.

De acordo com BAUER (1986) e COSTA (1993), as fissuras ativas são também denominadas de *vivas* ou *dinâmicas*; da mesma forma, as fissuras inativas recebem outras denominações, como por exemplo *mortas* ou *estáticas*.

As fissuras ativas podem ser ainda: *cíclicas*, quando os movimentos de abrir e fechar se repetem; *sazonais*, quando os movimentos ocorrem em determinados períodos de tempo e *progressivas*, quando os movimentos se estendem indefinidamente.

2.4.3 De acordo com a direção

A direção preferencial das fissuras é resultante do sentido das forças que atuam sobre a parede. Desse modo, a direção das fissuras também auxilia no processo de formação do diagnóstico.

Segundo ELDRIDGE (1982), as fissuras podem se apresentar sob as seguintes configurações: *vertical*; *horizontal*; *denteada* e *diagonal* ou *em degraus*, conforme ilustra a figura 2.7.

Figura 2.7 Direção das fissuras nas alvenarias (ELDRIDGE, 1982)

THOMAZ (1989) explica que as fissuras que se manifestam apenas na argamassa de assentamento da alvenaria indicam que a resistência à tração dos componentes é superior à da argamassa ou à resistência de aderência argamassa/blocos.

As fissuras que também se manifestam nos componentes da alvenaria indicam, segundo THOMAZ, que a resistência à tração dos componentes é igual ou inferior à da argamassa. Sendo assim, podem assumir diversas configurações, rompendo o bloco e/ou a argamassa.

ELDRIDGE (1982) relaciona outras informações úteis à caracterização das fissuras que também auxiliam na compreensão dos fenômenos que as originaram, quais sejam:

- extensão da fissura: a localização dos pontos inicial e final da fissura pode indicar a atuação de forças externas sobre a parede ou a influência dos elementos aos quais a parede está vinculada;
- profundidade da fissura: a fissura pode estar confinada apenas no revestimento, mas também atingir uma ou ambas as faces da parede, sendo denominadas de não-passantes ou passantes, respectivamente;
- planicidade: se as duas partes divididas pela fissura estão em planos diferentes pode indicar a ação de forças fora do plano que contém a parede;
- limpeza: a proliferação de microorganismos nas fissuras pode indicar se a fissura é um fenômeno recente ou não.

DUARTE (1988) considera ainda que as fissuras podem ser *isoladas* ou *disseminadas*, em função das causas que lhes deram origem. Segundo esse autor, as fissuras isoladas “podem ter causas diversas, porém caracterizam-se por serem fissuras que seguem uma fiada horizontal ou vertical, acompanhando uma junta de assentamento ou partindo tijolos ou blocos”; enquanto, as fissuras disseminadas apresentam-se na forma de *rede* ou *mapa*, e são freqüentemente superficiais, originadas geralmente por retração de revestimentos.

É uma prática corrente caracterizar as fissuras através das classificações apresentadas anteriormente, como forma de evitar a realização de outras análises voltadas à formação do diagnóstico, como por exemplo ensaios laboratoriais, provas de carga e análise do projeto de estruturas, cujos recursos envolvidos podem exceder o próprio montante destinado à recuperação.

Dessa forma, a caracterização da fissura através das diversas classificações constitui-se, em muitos casos, no único dado disponível para a definição da causa mais provável e da terapia mais adequada para a recuperação; todavia, não descarta em hipótese alguma a realização de investigações mais profundas, nos casos em que se fizer necessária.

2.5 A manutenção e a recuperação

As edificações são constituídas por diversos tipos de materiais e componentes que, ao longo do tempo, sofrem um processo de degradação, quando em contato com o meio. Portanto, devem ser recuperadas periodicamente para que mantenham condições satisfatórias de desempenho. Os procedimentos realizados para se alcançar tais condições é o que se denomina de *manutenção*.

Esse é um tema bastante difundido nos países desenvolvidos, cuja abordagem já está em um nível mais avançado com a aplicação dos preceitos da *terotecnologia*.

Segundo a norma da *British Standards Institution* BS 3811 (BSI, 1993), que trata dos termos utilizados na terotecnologia, este é o último estágio na evolução do conceito de

manutenção e compreende “uma abordagem multidisciplinar (engenharia, finanças, administração, etc.) objetivando a redução dos custos de manutenção, através do estudo do ciclo de vida das edificações”.

Dados do *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* - CSTB (ENTRETIEN..., 1996) demonstram que os trabalhos de manutenção e recuperação correspondem a 40% das atividades de construção na Europa.

LEE (1988) defende a necessidade de aplicação da manutenção nas edificações, atribuindo-lhe um sentido estratégico pois, além de preservar um bem, no caso uma edificação ou uma de suas partes, ela também permite poupar recursos que no futuro serão empregados na produção de novas obras.

Segundo BONIN (1988), a manutenção não é uma prática regular nas edificações brasileiras. Isso se deve, em grande parte, aos custos envolvidos e à crença de que os edifícios são *obras eternas*.

A necessidade de manutenção assume papel de destaque principalmente quando ocorre algum problema patológico que poderia ter sido evitado com a sua prévia realização, minimizando os custos e transtornos envolvidos através da adoção de soluções previamente planejadas.

A norma NBR 5674 (ABNT, 1980), sobre a manutenção de edificações, define manutenção como “o procedimento técnico-administrativo (em benefício do proprietário e/ou usuários), que tem por finalidade levar a efeito as medidas

necessárias à conservação de um imóvel e à permanência de suas instalações e equipamentos, de modo a mantê-lo em condições funcionais normais, tal como as que resultaram da sua construção, em observância ao que foi projetado, e durante a sua vida útil”.

PEREZ (1985) ordena o surgimento da conceituação acerca do tema. Segundo esse autor “o primeiro conceito a surgir foi o de manutenção corretiva, ou seja, a busca da recuperação ou correção de falhas apresentadas no edifício ou parte dele. Logo em seguida, o conceito evoluiu para o de manutenção preventiva, ou seja, o controle das atividades de inspeção, conservação e restauração executados com a finalidade de prever, detectar ou corrigir defeitos, visando evitar falhas”.

De acordo com a norma BS 3811 (BSI, 1993), a manutenção pode ser planejada ou não. Ela será planejada quando se antecipar ao surgimento de defeitos e não-planejada, quando realizada para recuperar o desempenho perdido por causas não previstas pelo sistema de manutenção ou pela ausência do sistema. Nessa explicação, pode-se notar a inserção do conceito de *recuperação* no de manutenção.

Na definição de manutenção elaborado pelo BRE (OVERSEAS..., 1993), fica ainda mais claro o relacionamento entre esses dois conceitos. Segundo essa instituição, manutenção significa: “serviço realizado objetivando manter ou *recuperar* uma edificação para que continue a desempenhar convenientemente suas funções e preserve sua aparência e valor”.

O termo recuperação vem do latim *recuperatione* que significa, segundo FERREIRA (1986): “ato ou efeito de recobrar (o perdido), adquirir novamente, reabilitar”.

Segundo a norma BS 3811 (BSI, 1993), “recuperar é restaurar uma propriedade de um componente a uma condição aceitável, através da renovação, substituição ou conserto de parte deteriorada ou danificada”.

Percebe-se das definições apresentadas que a recuperação é uma das atividades constituintes da manutenção.

De acordo com o que foi exposto neste capítulo, os *sistemas de recuperação* que serão avaliados neste trabalho são indicados, conforme as bibliografias pesquisadas, para o tratamento das fissuras e trincas *ativas, isoladas, não-progressivas, com origem na alvenaria de vedação*, cuja aplicação objetiva restituir à vedação vertical, no caso a alvenaria com revestimento de argamassa, suas características estéticas e funcionais.

Não é objetivo deste trabalho tratar dos sistemas destinados a recuperação das fissuras inativas, assim como também não é esgotar o assunto para os sistemas de recuperação de fissuras ativas, mas estruturar o tema para discussão, contribuindo para o seu desenvolvimento.

Dentro dessa linha de raciocínio é que são tratados a seguir os sistemas de recuperação de fissuras.

3 SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO

Neste capítulo discute-se o princípio empregado pelos sistemas de recuperação de fissuras, as suas partes constituintes e as principais propriedades que os fazem cumprir adequadamente as suas funções. A discussão refere-se às fissuras que se manifestam no revestimento de argamassa causadas pela alvenaria de vedação.

SABBATINI (1989), em sua tese de doutoramento, propõe definições para técnica e métodos construtivos. A partir dessas, foram formuladas as seguintes definições que serão utilizadas neste trabalho:

- *técnica construtiva para recuperação de fissuras* é o conjunto de operações empregadas na recuperação do revestimento aplicado sobre a alvenaria;
- *método construtivo para recuperação de fissuras* é o conjunto de técnicas de recuperação interdependentes e adequadamente organizadas, empregado na recuperação do revestimento aplicado sobre a alvenaria.

É imprescindível que no estudo da recuperação sejam levadas em consideração todas as ações - em termos de projeto, execução, controle, avaliação de desempenho, entre outras - que permitam à recuperação comportar-se adequadamente frente às solicitações de uso.

Esse princípio, que deve ser adotado no tratamento dado à recuperação de fissuras, está baseado no que SABBATINI (1989) chama de abordagem

sistêmica⁷, ou seja, “o modo de focar e conduzir a resolução de um problema com a visão de conjunto”.

Do ponto de vista funcional, o termo *sistema de recuperação* será empregado neste trabalho para designar o conjunto de camadas que uma vez aplicadas restituem à vedação vertical, no caso constituída pela alvenaria de vedação com revestimento de argamassa, as funções para a qual ela foi construída.

Diante do amplo espectro de abordagem que envolve os sistemas de recuperação de fissuras, este trabalho enfoca somente a avaliação de desempenho quanto à capacidade de deformação pois, dentre as principais propriedades dos sistemas de recuperação, essa é uma das mais importantes.

A capacidade de deformação tem a função de manter o sistema de recuperação íntegro, principalmente, diante das fissuras ativas, as mais difíceis de serem recuperadas.

3.1 Princípio empregado pelos sistemas de recuperação

THOMAZ (1990) considera que as “tensões de tração e cisalhamento são responsáveis pela quase totalidade dos casos de fissuração das alvenarias, sejam elas estruturais ou não”.

⁷ A esse respeito, consultar SABBATINI (1989) - Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.

Do ponto de vista da recuperação é sempre recomendável considerar as fissuras como ativas, pois mesmo corrigindo as causas que lhes deram origem, pequenas mudanças em sua abertura continuam a ocorrer em função das variações térmicas e higroscópicas da alvenaria e do próprio revestimento.

Dessa forma, os sistemas de recuperação de fissuras devem prever a *movimentação da fissura* como *princípio* para um bom funcionamento, ou seja, como afirmam ALLEN et al. (1993) “a fissura deve ser vista como uma junta de movimentação não planejada que se fechada solidamente, nova fissura aparecerá em outro local”.

DUARTE (1988) também concorda que a atividade da fissura, ou seja, a sua movimentação, é o principal parâmetro que condiciona a recuperação.

A principal forma de se conferir uma maior capacidade de deformação aos sistemas de recuperação é prevendo um *reforço* no interior da recuperação. O reforço constitui-se numa barreira ao avanço da fissuração, capaz de dissipar as tensões e acomodar as deformações. É denominado também de *estruturação*, *armação* ou *armadura*.

Outra forma de proporcionar maior capacidade de deformação seria com a adição de polímeros ou fibras às argamassas utilizadas como recuperação, conforme menciona a norma BS 5262 (BSI, 1991), sobre revestimentos de fachada. Entretanto, por ser um assunto de desenvolvimento ainda restrito são menos empregadas pelo meio técnico no Brasil.

No caso dos reforços, THOMAZ (1989), TOKAZI et al. (1990) e a norma BS 5262 (BSI, 1991) recomendam o uso da tela metálica, inserida no interior das argamassas utilizadas como recuperação.

Em contatos realizados com profissionais ligados ao setor de recuperação de fissuras nas alvenarias de vedação verificou-se a prática do uso de telas metálicas no interior da argamassa como medida de recuperação. No entanto, ficou evidente a falta de conhecimento do meio técnico quanto à potencialidade e limites desse método em acomodar as deformações usuais da vedação.

Como poderá ser visto adiante outros tipos de reforço são utilizados na recuperação, além da tela metálica.

Em geral, para os sistemas de recuperação que são objeto de estudo deste trabalho, a região da recuperação é normalmente limitada a uma faixa de largura constante, a qual contém a fissura. Esse procedimento objetiva manter o restante do revestimento existente que não sofreu qualquer dano.

3.2 Partes de um sistema de recuperação

Os sistemas de recuperação são constituídos de diversas partes, as quais se complementam e ao mesmo tempo interagem entre si. A divisão em partes objetiva atender a todos os requisitos exigidos de um sistema, entre os quais:

resistências mecânicas, capacidade de deformação, estanqueidade, textura superficial compatível com o revestimento anterior e durabilidade.

A norma BS 6270 (BSI, 1982), sobre limpeza e recuperação das superfícies dos edifícios, considera que existem muitos meios de se limpar e recuperar edificações e vários tipos de edifícios e materiais a considerar. Por isso, de acordo com essa norma, pode-se afirmar que cada projeto deve considerar cuidadosamente, à luz dos métodos disponíveis, a melhor forma de recuperação e assim, definir as partes constituintes de um sistema.

De um modo geral, as partes que compõem um sistema de recuperação genérico, conforme ilustra a figura 3.1, podem ser divididas em: camada de regularização, dessolidarização, camada de recuperação; camada de proteção e camada de acabamento.

Cabe destacar que a base, no caso ilustrada na figura 3.1 como sendo a alvenaria de vedação, faz parte do subsistema vedação vertical e, em alguns casos, estará em contato direto com o sistema de recuperação. Dessa forma, as propriedades dos sistemas de recuperação serão bastante influenciadas pela base sobre a qual será assentado.

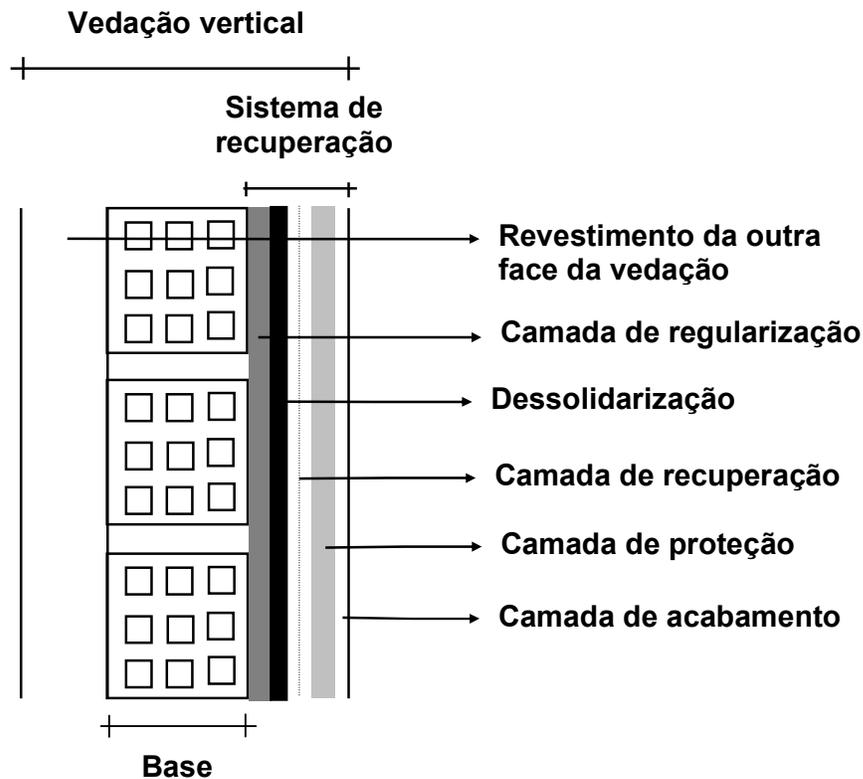


Figura 3.1 Corte esquemático de uma vedação vertical ilustrando as partes de um sistema de recuperação de fissuras

É importante ressaltar que em alguns sistemas nem todas essas camadas são utilizadas, ou seja, uma só camada pode desempenhar a função que seria destinada a duas ou mais. A seguir é apresentada a função da base e de cada uma das partes que integram os sistemas de recuperação.

3.2.1 Base

É a parte da construção sobre a qual são aplicadas as camadas integrantes do sistema de recuperação. Também é conhecida como *suporte* ou *substrato*. Deve ser isenta de buracos ou protuberâncias e tem a função de permitir uma perfeita aderência com a camada seguinte.

Podem cumprir a função de base a alvenaria de vedação, o concreto ou o próprio revestimento existente. A figura 3.2 ilustra os casos em que a base é a

alvenaria de vedação e o revestimento. A base pode ser também o concreto, quando por exemplo a recuperação é realizada no encontro da alvenaria com a estrutura.

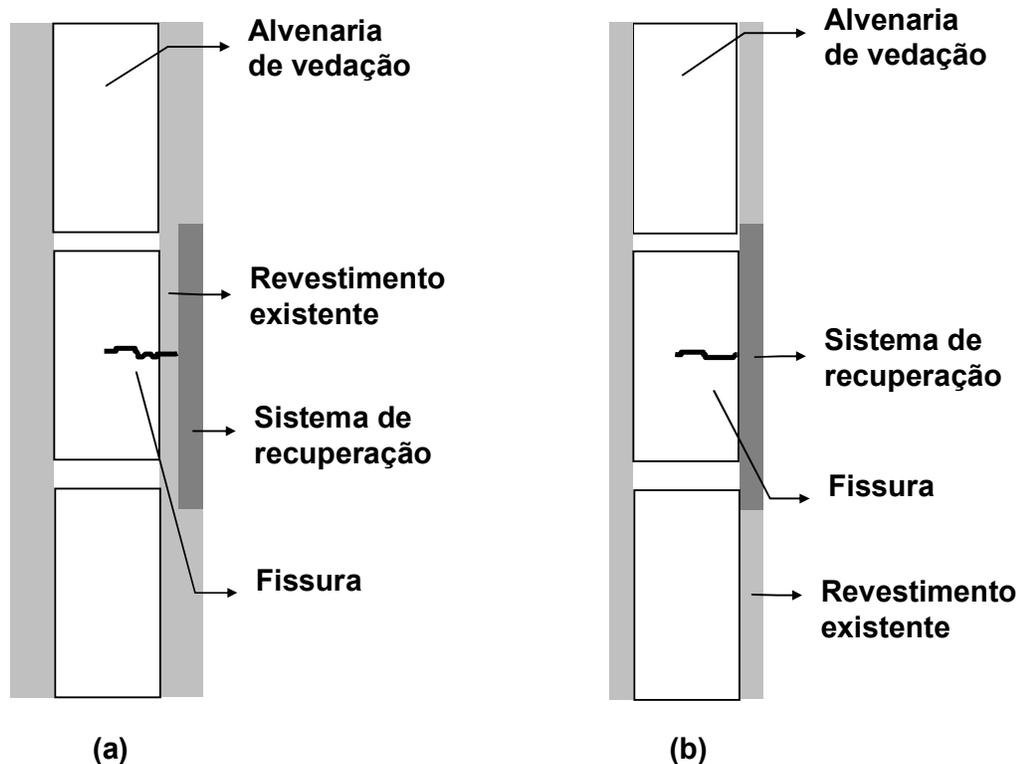


Figura 3.2 Bases dos sistemas de recuperação: a) a base é o revestimento existente; b) a base é a alvenaria

Os principais critérios que vão decidir sobre qual base deve-se utilizar, considerando-se entre a alvenaria de vedação e o revestimento existente, são a espessura necessária para a execução das camadas do sistema de recuperação, as condições do revestimento e a técnica de execução.

3.2.2 Camada de regularização

A camada de regularização, também conhecida como *camada de enchimento*, forma a superfície sobre a qual será assentada a recuperação. Dessa forma, a

camada de regularização possui as funções de regularizar a base e preparar uma superfície - em termos de planicidade, porosidade e rugosidade - que permitam uma adequada aderência com a camada seguinte.

Em alguns casos, onde a superfície resultante da retirada de certa espessura do revestimento existente encontra-se em adequadas condições de receber a camada seguinte, não é necessária a camada de regularização.

Usualmente, a camada de regularização pode ser constituída por gesso ou argamassa. O gesso, quando utilizado como camada de regularização, é recomendado para ambientes internos. Já para a argamassa não há restrição de utilização, sendo empregada tanto em ambientes internos como externos.

Alguns sistemas de recuperação são constituídos apenas por um sulco retangular ou em forma de "V", preenchidos com um selante flexível, no que seria a camada de regularização ou a base. Eles objetivam, além da vedação, deixar que a fissura movimente-se livremente.

A largura do sulco pode variar de 10 mm, segundo TOKAZI et al. (1990), até 20 mm, de acordo com THOMAZ (1989). Para a profundidade adota-se o valor de 10 mm.

THOMAZ (1989) recomenda o uso do sulco retangular em fissuras com movimentações mais intensas, dessolidarizando o selante da base por meio de uma fita crepe, conforme ilustra a figura 3.3 (b). Mais detalhes sobre a dessolidarização podem ser vistos no próximo item.

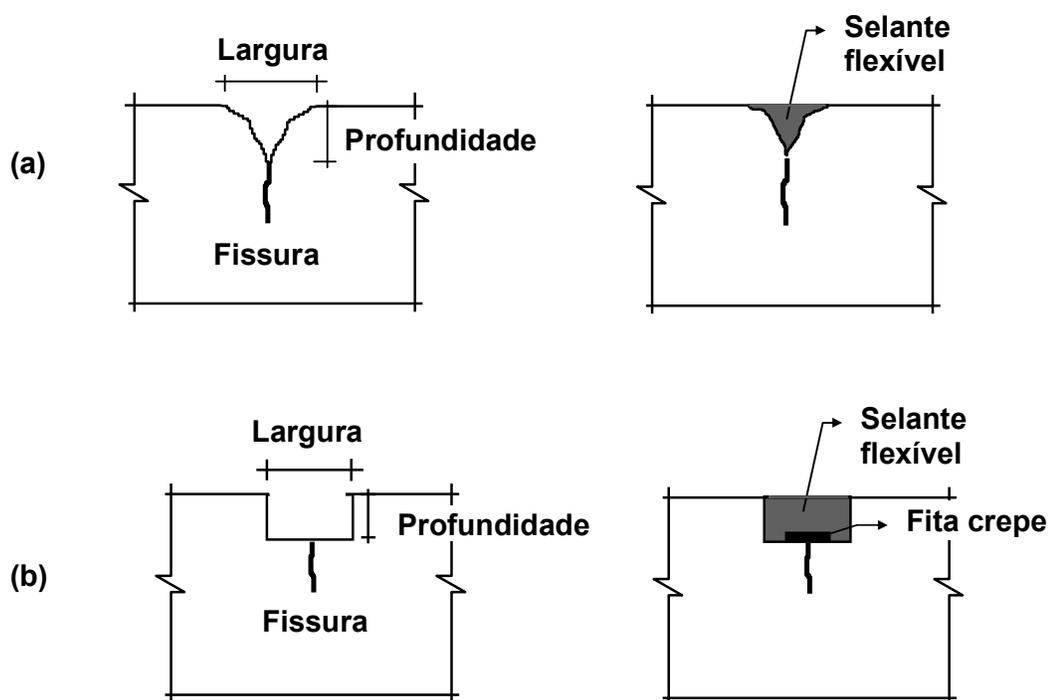


Figura 3.3 Tipos de sulcos: a) sulco em forma de “V”; b) sulco retangular

Na realidade, esses sistemas nada mais são do que juntas de movimentação, as quais não restituem à alvenaria o seu aspecto original. Além disso, restringem-se à fissuras verticais ou horizontais e mesmo assim, quando revestidas, geralmente falham, pois os revestimentos não são capazes de acompanhar as deformações da base.

DUARTE (1988), ao tratar da recuperação de fissuras utilizando juntas de movimentação, sugere ainda que esta seja realizada próxima a fissura, na alvenaria, após a recuperação da mesma com *grampos*. Essa situação compromete e modifica o aspecto original da alvenaria, o que na maioria dos

casos, não é desejável. Por isso, não é recomendada para a recuperação de fissuras onde há a necessidade de preservar o aspecto original, por exemplo.

3.2.3 Dessolidarização

A dessolidarização é utilizada entre a recuperação e a camada de regularização, sobre ambos os lados da fissura, com a função de distribuir as tensões que se concentram naquela região.

A dessolidarização com uma bandagem, conforme explica THOMAZ (1989), objetiva “a absorção da movimentação da fissura por uma faixa de revestimento relativamente larga, não aderente à base” e considera que “desta forma, quanto melhor a dessolidarização promovida pela bandagem e quanto maior for sua largura, menores serão as tensões introduzidas no revestimento pela variação na abertura da fissura e, portanto, menor a probabilidade da fissura voltar a pronunciar-se no revestimento”.

Segundo cita esse autor, podem ser utilizadas para a dessolidarização as bandagens do tipo: saco de estopa; esparadrapo; fita adesiva ou plástico. Sua largura pode variar entre 2 e 10 cm.

DUARTE (1988) cita ainda outros materiais que podem ser utilizados para a dessolidarização, como por exemplo: a bandagem cirúrgica, a gaze e a fita crepe.

A bandagem pode também ser parte integrante do reforço. No mercado nacional existe disponível uma bandagem pré-fabricada, de véu de poliéster, aderente ao reforço do tipo tela de poliéster.

3.2.4 Camada de recuperação

É constituída, em geral, por uma pasta ou argamassa em cujo interior pode estar inserido o reforço, em uma ou várias camadas. Em alguns casos, o reforço não é utilizado e a recuperação é formada apenas por um material flexível.

Essa camada tem como principal função acomodar as deformações intrínsecas do próprio sistema de recuperação e, principalmente, da sua base.

Os tipos de reforço mais comumente utilizados nas camadas de recuperação são:

- telas de aço⁸: expandida, soldada, tecida de malha quadrada ou retangular, tecida de malha hexagonal;
- telas de poliéster: impregnadas ou não com PVC; com ou sem bandagem central⁹;
- tela de fibra de vidro;
- tela de polipropileno;
- véus de poliéster;

⁸ Nomenclatura extraída da norma NBR 11173 (ABNT, 1989), sobre projeto e execução de argamassa armada.

- véus de fibra de vidro.

Segundo a bibliografia consultada, a largura do reforço pode variar de 14 cm para os véus de poliéster, segundo FRANCO, ALY (1989a), até 50 cm para a tela metálica, de acordo com DUARTE (1988), ambos centralizados em relação à fissura.

Esses reforços são ainda inseridos numa pasta, geralmente à base de resina acrílica ou numa argamassa com baixo módulo de deformação. Para os sistemas comercializados no mercado nacional, a camada de recuperação é constituída por pastas e tem como reforço as telas de poliéster, com ou sem bandagem central.

THOMAZ (1989) e TOKAZI et al. (1990) recomendam a inserção das telas metálicas em argamassa de cimento, cal e areia no traço 1:2:9, em volume, podendo ser ou não precedida do chapisco.

Esta última forma de recuperação também é utilizada como medida de prevenção ao aparecimento de fissuras.

Segundo SABBATINI (1995), é recomendável a utilização de um reforço metálico no emboço de revestimentos de argamassa nos locais onde existe risco eminente de ocorrer fissura, mais precisamente nos encontros da alvenaria com a estrutura de concreto.

⁹ A bandagem central existente no mercado nacional é constituída de véu de poliéster.

Ainda segundo SABBATINI, existem dois tipos de reforço do revestimento: a *argamassa armada* e a *ponte de transmissão*. Nos dois casos o reforço utilizado deve ser a tela de aço galvanizada, sendo que no primeiro caso deve ficar imersa no emboço do revestimento de argamassa e no segundo, a tela deve ser chumbada na alvenaria ou concreto por meio de fixadores (grampos, chumbadores ou pinos) e deve ser usada uma fita de polietileno na interface alvenaria-estrutura.

De acordo com SABBATINI (1995), a argamassa armada deve ser feita em revestimentos com espessura maior ou igual a 30 mm; enquanto, a ponte de transmissão deve ser feita com no mínimo 20 mm de espessura para o revestimento, conforme ilustra a figura 3.4.

FIORITO (1994) também recomenda a utilização da tela metálica, com a mesma finalidade anterior, em revestimentos de argamassa com espessura entre 25 a 35 mm. Segundo esse autor, a tela deve ser chumbada na estrutura em quatro pontos por metro quadrado de tela e, nos cantos, em três pontos por metro linear de tela.

(a)

(b)

Figura 3.4 Tipos de reforço: a) argamassa armada; b) ponte de transmissão (SABBATINI, 1995)

De acordo com MACIEL (1997), tem-se verificado em algumas obras a utilização da argamassa armada empregando-se a fita de polietileno na interface da alvenaria com a estrutura, como é recomendado para a ponte de transmissão. Essa autora afirma ainda que “isso foi feito no sentido de garantir a dessolidarização do revestimento à base nessa região, permitindo a efetiva transmissão e distribuição das tensões no revestimento através da tela metálica”.

Há ainda recuperações que prevêm a introdução de um finíssimo reforço - tela de náilon ou polipropileno - no sistema de pintura. No entanto, conforme adverte THOMAZ (1989), essa recuperação está limitada aos movimentos pouco pronunciados da fissura.

3.2.5 Camada de proteção

Especial atenção deve ser dada na especificação das camadas posteriores à recuperação, principalmente em termos de deformações, de modo que o conjunto responda uniformemente às solicitações de uso.

A camada de proteção é a camada sobrejacente à recuperação, com a função de protegê-la da ação dos agentes atmosféricos e das ações mecânicas que atuam sobre a alvenaria de vedação.

ALLEN et al. (1993) recomendam que as camadas de proteção das recuperações devem ser tais que permitam a livre passagem do vapor de água.

Outra preocupação que se deve ter quando da especificação da proteção da recuperação é quanto à movimentação diferencial entre as duas. É fundamental que aquela camada apresente capacidade de deformação compatível com a recuperação.

Em alguns casos, a camada de proteção confunde-se com a própria camada de acabamento, assunto do próximo item, e assim, deve desempenhar as funções destinadas às duas.

3.2.6 Camada de acabamento

A camada de acabamento tem a função de conferir a textura superficial final ao sistema de recuperação e, em conseqüência, compatibilizar o aspecto com o revestimento anterior.

As diferenças de aspecto entre as regiões onde foi aplicado o sistema de recuperação e o revestimento anterior são, em geral, extintas com um sistema de pintura adequado.

São normalmente utilizadas como acabamento a massa acrílica ou PVA e ainda uma pintura elástica compatível com o material utilizado na camada anterior. Alguns sistemas prevêm como acabamento o próprio revestimento anterior sobre a recuperação.

3.3 Características e propriedades dos sistemas de recuperação

Os sistemas de recuperação de fissuras são, na realidade, revestimentos que em virtude da situação crítica em que são empregados - atender às funções que o revestimento anterior não foi capaz de cumprir - têm as suas características e propriedades ainda mais solicitadas.

Dessa forma, os sistemas de recuperação devem exercer funções análogas aquelas destinadas ao revestimento. Segundo SABBATINI et al. (1995), as funções dos revestimentos de argamassa são:

- “proteger as vedações contra a ação de agentes agressivos;
- auxiliar as vedações a cumprir com as suas funções, tais como; isolamento termo-acústico, estanqueidade à água e aos gases e segurança ao fogo. Por exemplo, um revestimento externo normal de argamassa (30 a 40% da espessura da parede) pode ser responsável por 50% do isolamento acústico, 30% do isolamento térmico e 100% responsável pela estanqueidade de uma vedação de alvenaria comum;
- funções estéticas, de acabamento e aquelas relacionadas com a valorização da construção ou determinação do padrão do edifício”.

Ao se avaliar o desempenho dos sistemas de recuperação de fissuras pretende-se analisar o comportamento destes em utilização. O desempenho do edifício e suas partes é o tema da norma da *International Organization for Standardization* - ISO 6241 (ISO, 1984).

De acordo com essa norma, confrontando-se as exigências dos usuários com as condições de exposição definem-se os requisitos de desempenho, os quais expressam qualitativamente os atributos que os sistemas de recuperação devem possuir.

A partir dos requisitos de desempenho determinam-se os critérios de desempenho, os quais representam a quantificação dos requisitos.

A verificação ao atendimento dos critérios de desempenho é então, realizada, de acordo com SOUZA (1983), através dos métodos de avaliação.

Para a avaliação dos sistemas de recuperação de fissuras podem ser empregados os métodos de avaliação dos revestimentos, quando adequadamente adaptados.

Vários trabalhos tratam satisfatoriamente sobre os métodos de avaliação dos revestimentos, entre os quais: SABBATINI et al. (1988a); SELMO (1989); SABBATINI; BARROS (1990) e FIORITO (1994). Por isso, os métodos de avaliação dos sistemas de recuperação não serão objeto de estudo deste

trabalho, exceto para a capacidade de deformação, a qual constitui-se assunto de desenvolvimento ainda restrito.

SABBATINI; BARROS (1990), ao tratar das propriedades dos subsistemas de revestimento de paredes, consideram que os requisitos de desempenho devem estar relacionados com propriedades bem definidas.

Sendo assim, para que os sistemas de recuperação de fissuras cumpram efetivamente as suas funções é necessário que apresentem as seguintes características e propriedades: resistências mecânicas; capacidade de deformação; propriedades geométricas e superficiais; estanqueidade e durabilidade.

Cabe salientar ainda que as propriedades dos sistemas de recuperação também serão exigidas em níveis diferentes em função do nível de exposição - paredes internas ou fachadas.

3.3.1 Resistências mecânicas

SABBATINI et al. (1988a), ao abordarem os revestimentos de argamassa, consideram que “a resistência mecânica diz respeito à propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar ações mecânicas das mais diversas naturezas, que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento”.

Da mesma forma que os revestimentos, as principais resistências mecânicas exigidas dos sistemas de recuperação são: resistência de aderência; resistência à esforços de cargas estáticas e dinâmicas; resistência à tração e compressão.

Essas resistências dependem, principalmente, das características dos materiais empregados e da interação entre as camadas constituintes de cada sistema.

A resistência de aderência, segundo SABBATINI (1984), “é a capacidade que a ligação, na interface de duas superfícies, tem em absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais a ela (tração), sem se romper”.

Assim como nos revestimentos, essa propriedade refere-se tanto à ligação do sistema de recuperação com a base, como à ligação entre as várias camadas.

A resistência à esforços de cargas estáticas e dinâmicas refere-se ao puncionamento e ao impacto, respectivamente. Juntamente com a resistência à tração, compressão e cisalhamento estão mais associadas às características resistentes e de deformabilidade do sistema, como tratado a seguir.

3.3.2 Capacidade de deformação

Esta propriedade também é denominada de *resiliência* por SABBATINI (1984) e de *capacidade de absorver deformações* por SELMO (1989).

BARROS (1991), ao estudar as propriedades do subsistema piso, considera que sobre as suas camadas estão agindo ações de diversas naturezas, as quais deverão ser absorvidas ou dissipadas pela deformação do conjunto.

De modo análogo, o sistema de recuperação deverá ser capaz de acomodar tanto as deformações intrínsecas (retrações e expansões térmicas e higroscópicas), como também as deformações da base já fissurada. Este é sem dúvida o principal objetivo do emprego dos sistemas de recuperação de fissuras.

SABBATINI; BARROS (1990), ao tratarem das propriedades dos revestimentos cerâmicos, consideram que “a capacidade de absorver deformações é uma propriedade equacionada pela resistência à tração e ao cisalhamento e pelo módulo de deformação ou de elasticidade do conjunto de camadas constituintes do revestimento”.

Em outras palavras, isso quer dizer que quanto maior a resistência à tração e ao cisalhamento e menor o módulo de elasticidade, melhor será o comportamento do conjunto.

Considerando a alvenaria e o revestimento como referenciais para os sistemas de recuperação de fissuras, pode-se verificar adiante o posicionamento de alguns autores diante da capacidade de deformação:

“o conhecimento das características de deformação da alvenaria sob cargas de trabalho, é de vital importância para o entendimento do comportamento do edifício como um todo” (FRANCO, 1987);

“os revestimentos devem apresentar capacidade de deformação, para se deformarem sem ruptura ou através de microfissuras que não comprometam a sua aderência, estanqueidade e durabilidade” (SELMO, 1989);

“as características de deformabilidade da parede de alvenaria (...) interferem fundamentalmente na sua capacidade em manter-se íntegra quando solicitada ao longo do tempo” (FRANCO et al., 1994);

“a capacidade de absorver deformações permite ao revestimento deformar-se, sem que ocorra a sua ruptura em qualquer ponto, ou deformar-se, com o surgimento de microfissuras que não prejudiquem o seu desempenho” (SABBATINI; BARROS, 1990).

3.3.3 Propriedades geométricas e superficiais

Considerando que apenas uma faixa do revestimento em argamassa é retirada para a aplicação do sistema de recuperação, exige-se deste alguns atributos em termos de planicidade, rugosidade, porosidade e cor.

Para que seja preservada a harmonia visual do conjunto é fundamental que o sistema forme uma superfície plana e perfeitamente nivelada com o restante do revestimento, além de apresentar a mesma rugosidade.

As propriedades de rugosidade e porosidade superficiais são importantes por estarem relacionadas com as funções estéticas e com a compatibilização ao sistema de pintura ou outro acabamento final previsto.

Com o objetivo de ajustar qualquer diferença de aspecto entre a faixa recuperada e o revestimento é recomendável pintar toda a parede. Nas situações em que ocorrem diferenças de aspecto mais salientes entre as duas regiões é mais indicada uma pintura texturada, a qual disfarça melhor as imperfeições.

3.3.4 Estanqueidade

A estanqueidade deve ser entendida como a capacidade que o sistema de recuperação tem em resistir à penetração de água e impedir a passagem de gases, sons ou a penetração de materiais sólidos em suspensão, tais como: poeira, areia e fuligens.

As exigências de estanqueidade objetivam garantir a habitabilidade da edificação como um todo.

BAUER (1987), ao analisar o revestimento de argamassa de fachada, considera a estanqueidade uma propriedade crítica em virtude das condições mais severas de exposição. Analogamente, essa propriedade vai ser de fundamental importância para que os sistemas de recuperação cumpram efetivamente as suas funções quando empregados em fachadas.

A penetração de água pelas fachadas e os conseqüentes problemas de umidade promovem a deterioração precoce do edifício, além de ocasionarem desconforto e problemas de saúde a seus usuários.

3.3.5 Durabilidade

“A durabilidade é a capacidade que os materiais tem em conservar o aspecto e as suas propriedades (físico-químicas e mecânicas) ao longo do tempo” (CSTB, 1995).

Interpretando esse conceito para os sistemas de recuperação, pode-se afirmar que a durabilidade é a capacidade que esses sistemas têm em manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo em condições normais de uso.

Para que esta propriedade seja satisfeita é necessário que todas as outras sejam perfeitamente satisfeitas, contribuindo não só para a solução imediata do problema, como também, para que os sistemas de recuperação mantenham-se em condições adequadas durante o seu funcionamento.

Dentre as propriedades dos sistemas de recuperação, é a capacidade de deformação que permite a estes sistemas manterem-se íntegros diante das solicitações a que estarão sujeitos e para as quais foram projetados, principalmente diante das movimentações da fissura.

Considerando o sistema de recuperação como um revestimento, verifica-se que diferentemente das outras propriedades, para as quais existem metodologias de avaliação, a capacidade de deformação é um assunto pouco desenvolvido.

Dessa forma, objetivando avaliar essa propriedade procurou-se na bibliografia especializada métodos de ensaio correlatos, a partir dos quais fosse possível formular uma metodologia de avaliação específica para os objetivos deste trabalho.

No capítulo seguinte são descritos cada um desses métodos de ensaio, enquanto que o desenvolvimento da metodologia específica utilizada no programa experimental é apresentada no capítulo cinco.

4 MÉTODOS DE ENSAIO PARA A AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DEFORMAÇÃO

Neste capítulo são apresentados os métodos de ensaio empregados na avaliação da capacidade de deformação de revestimentos, impermeabilizações e sistemas de recuperação de fissuras, que foram extraídos da bibliografia disponível.

Nos itens 4.1.1 e 4.1.2 são apresentados dois métodos de ensaio utilizados na avaliação de revestimentos; enquanto, os métodos apresentados nos itens 4.2 e 4.3 são empregados na avaliação de impermeabilizações. Os demais métodos de ensaio, apresentados nos itens 4.4, 4.5 e 4.6, são específicos para a avaliação de sistemas de recuperação de fissuras.

4.1 Ensaios da *Union Européene pour L'Agrément Technique dans la Construction* - UEAtc

4.1.1 Avaliação de revestimentos sintéticos

A UEAtc (DIRECTIVES..., 1976) padroniza um método de ensaio para a avaliação da capacidade de deformação de revestimentos sintéticos. De acordo com a UEAtc, o ensaio objetiva medir, com a ajuda de um sistema ótico, a largura da fissura que provoca a ruptura do revestimento.

Os *revestimentos sintéticos* são definidos segundo a norma NF T 30-700 (AFNOR, 1983), como sendo aqueles “constituídos principalmente por uma mistura de aglomerante sintético, agregados e cargas minerais inertes com ou sem pigmentos”.

As diretrizes de execução desse ensaio estão no documento publicado pelo CSTB *Directives UEAtc pour l'agrément des enduits de parement plastiques* (DIRECTIVES..., 1976).

O corpo de prova deve ser preparado conforme o procedimento seguinte:

a) o revestimento completo deve ser aplicado, de acordo com o método recomendado pelo fabricante, sobre três elementos de cimento amianto com dimensões 150 x 50 mm e espessura de 10 mm, com cantos chanfrados, como ilustra a figura 4.1;

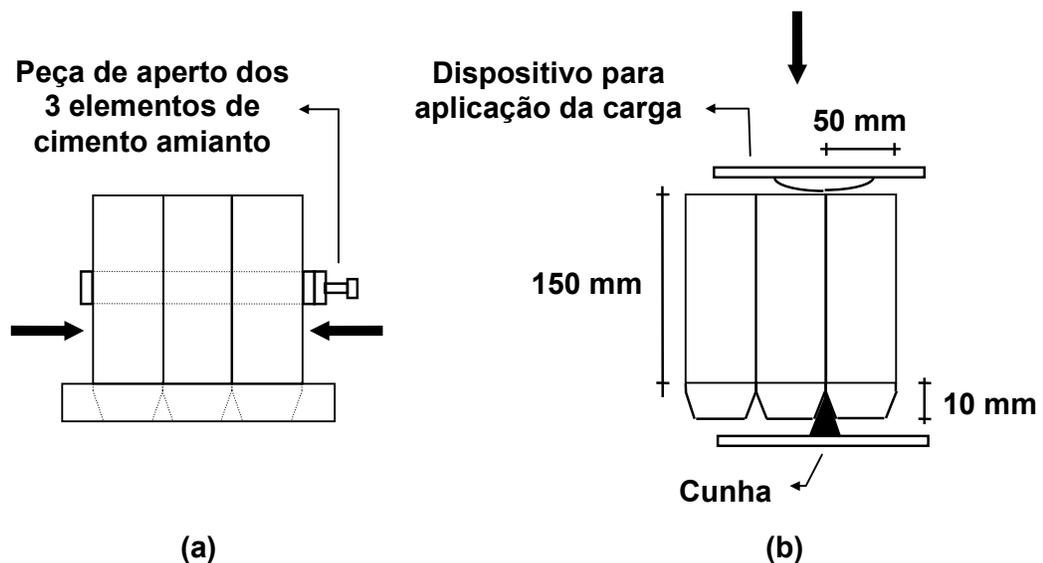


Figura 4.1 Esquema do ensaio para a avaliação da capacidade de deformação de revestimentos sintéticos: a) aperto dos elementos; b) carregamento (DIRECTIVES..., 1976)

b) depois das suas arestas terem sido perfeitamente retificadas e antes da aplicação do revestimento, os elementos de cimento amianto devem ser justapostos por aperto, para se obter um corpo de prova apresentando duas

fissuras visíveis, mas cujas larguras sejam inferiores a 0,1 mm. Essa situação é mostrada na figura 4.1 (a);

c) após a aplicação e cura do revestimento, deve ser retirada a peça de aperto dos 3 elementos de cimento amianto.

O corpo de prova deve ser ensaiado com a face revestida para baixo, após cura durante um mês a $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 50% de umidade relativa, nas seguintes condições:

a) a $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 50% de umidade relativa;

b) após permanecer a 0°C de temperatura durante 3 dias.

O ensaio deve ser realizado com a introdução da cunha de cantos chanfrados, mostrada na figura 4.1 (b), nas aberturas deixadas pelos três elementos.

Segundo a UEAtc (DIRECTIVES..., 1976), devem ser efetuadas 5 ou 10 medições repartidas pelas duas fissuras, indicando os valores máximo e mínimo da largura das juntas entre os elementos de cimento amianto que originaram a ruptura do revestimento.

A ruptura é detectada, por observação, através do dispositivo ótico de leitura colocado na parte superior, com a passagem da luz emitida por uma fonte luminosa disposta sob o corpo de prova.

4.1.2 Avaliação da resistência à tração de revestimentos de pequena espessura

A UEAtc (DIRECTIVES..., 1979) padroniza um método de ensaio para a avaliação da resistência à tração de revestimentos de pequena espessura aplicados sobre o sistema de isolamento térmico de fachadas.

As diretrizes de execução desse ensaio estão no documento publicado pelo CSTB *Directives UEAtc pour l'agrément des systèmes d'isolation extérieure des façades avec enduit mince sur isolant* (DIRECTIVES..., 1979).

A figura 4.2 representa um esquema do sistema de isolamento térmico de fachadas. O revestimento de pequena espessura é formado pelas camadas de base, armadura, camada de preparação e camada de acabamento.

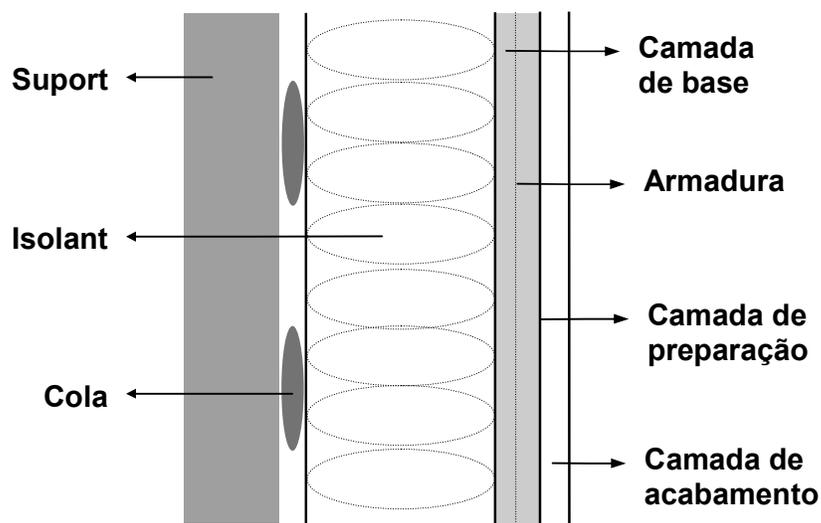


Figura 4.2 Representação esquemática de um sistema de isolamento térmico de fachadas (DIRECTIVES..., 1979)

O ensaio é efetuado sobre a camada de base do revestimento, em cujo interior está inserida uma armadura, sob duas condições: a primeira, após um período de cura de 28 dias e a segunda, 7 dias após uma imersão de 28 dias em água.

O corpo de prova deve medir 50 mm de largura e comprimento suficiente para que a distância entre as pinças do dinamômetro utilizado seja de 200 mm. Submetido à tração até a ruptura, por meio do dinamômetro, o qual deve fornecer a força de tração. Deve-se medir também o alongamento até a ruptura do corpo de prova. A velocidade do ensaio deve ser de 10 mm/minuto.

Os resultados devem fornecer a média de 5 corpos de prova e também o coeficiente de alongamento, medido entre 25% e 75% da carga de ruptura.

4.2 Ensaio para a avaliação de impermeabilizações sob movimentos diferenciais da base

Esse método de ensaio foi extraído de uma pesquisa realizada por EVRARD; CHAIZE (1972), cujo objetivo foi observar experimentalmente o comportamento de impermeabilizações sob o efeito de movimentos cíclicos da base.

Nessa pesquisa, os autores procuraram reproduzir as movimentações de uma fissura ou de uma junta na base, sobre as quais as impermeabilizações foram aplicadas. Esses movimentos simulavam as variações térmicas ou higroscópicas de caráter cíclico.

Para a execução dos corpos de prova, os materiais utilizados no revestimento devem ser previamente deixados numa estufa a 50°C, durante 28 dias.

O procedimento de preparo dos corpos de prova segue a seqüência adiante:

- a) devem ser produzidas duas placas de concreto de 500 x 500 mm;
- b) essas duas placas devem ser colocadas justapostas, formando uma nova placa de 1000 x 500 mm;
- c) se o objetivo for simular uma junta é necessário interpor às duas placas um calço com espessura apropriada;
- d) os materiais devem ser aplicados, segundo as especificações do fabricante, em faixas de 1000 x 100 mm, possibilitando ensaiar três ou quatro faixas paralelas sob as mesmas condições, conforme ilustra a figura 4.3.

Os ensaios devem ser efetuados à temperatura ambiente do laboratório e à temperatura de 5°C.

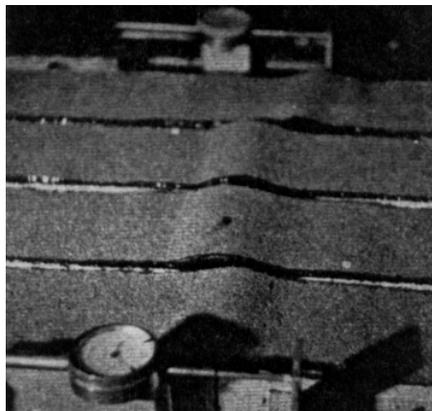


Figura 4.3 Quatro faixas sendo submetidas a ensaio (EVRARD; CHAIZE, 1972)

O equipamento utilizado no ensaio, ilustrado na figura 4.4, submete a plataforma móvel a movimentos cíclicos, retilíneos e contínuos através de um motor de 0,7 CV. Adotou-se nessa pesquisa a velocidade de 16 mm/h, com espera de 40 segundos para a inversão do sentido do movimento.

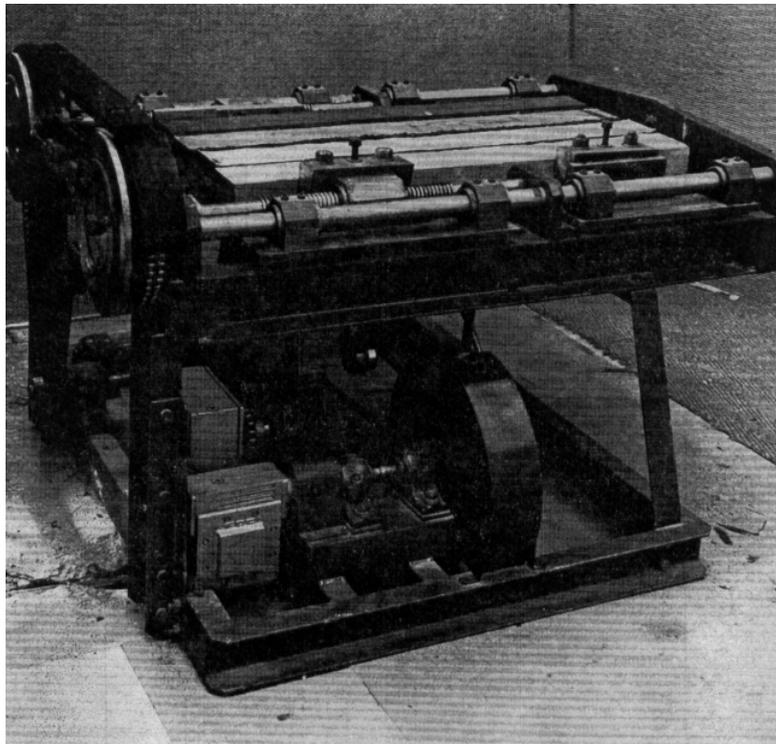


Figura 4.4 Equipamento utilizado no ensaio proposto por EVRARD; CHAIZE (1972)

Para o caso dos ensaios que reproduziam os movimentos cíclicos de uma fissura, os deslocamentos impostos variaram entre: 0,5; 1,0 e 2,0 mm, à temperatura ambiente. Para a temperatura de 5°C, o deslocamento adotado foi de 1,0 mm.

O ensaio deve ser levado até a ruptura, mas toda vez que passar de quinhentos ciclos, os movimentos alternados são interrompidos e é provocada

a ruptura por tração simples. Entenda-se por *ciclo*, o movimento da plataforma móvel entre duas passagens sucessivas à posição inicial.

Como resultado, registra-se ou a quantidade máxima de ciclos ou a deformação máxima que ocorreu sem a presença de fissura visível.

4.3 Ensaio da *American Society for Testing and Materials* - ASTM para a avaliação de impermeabilizações

A norma ASTM C 1305-95 (ASTM, 1995) padroniza um método de ensaio para avaliar a capacidade de deformação de impermeabilizações.

Para isso, são utilizados como corpos de prova, cinco conjuntos formados por dois prismas de concreto, conforme ilustra a figura 4.5.

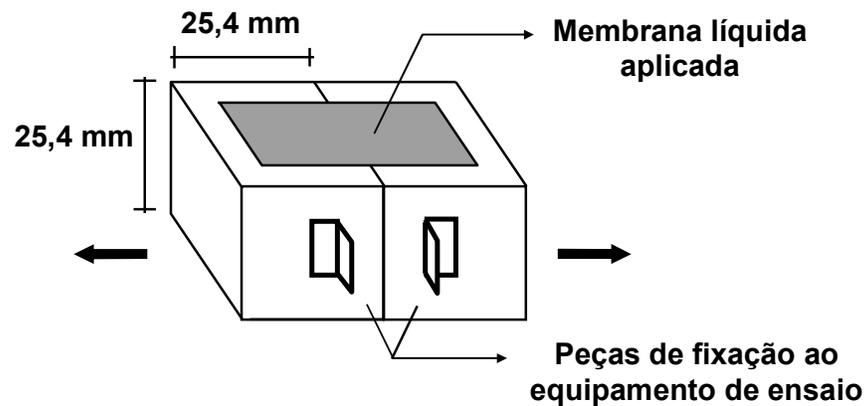


Figura 4.5 Corpo de prova do ensaio de avaliação da capacidade de deformação de impermeabilizações (ASTM, 1995)

Os corpos de prova devem ser curados durante 14 dias à temperatura ambiente do laboratório e depois submetidos durante 7 dias à circulação de ar quente à temperatura de $70 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

O ensaio consiste na realização de 10 ciclos, abrindo e fechando, até 3,2 mm com velocidade de 3,2 mm/h. Após os 10 ciclos, abre-se até 3,2 mm e examina-se a impermeabilização. Registra-se como resultado se a impermeabilização apresentou ou não alguma falha.

4.4 Ensaio do Centro Tecnológico de Controle da Qualidade L.A. Falcão Bauer para avaliação de sistema de recuperação de fissuras

Esse método de ensaio foi desenvolvido pelo Centro Tecnológico de Controle da Qualidade L. A. Falcão Bauer (BAUER, 1985), com o objetivo de verificar o desempenho de um sistema de recuperação existente no mercado nacional.

Segundo BAUER (1985), até a data da publicação desse documento não foi encontrada nenhuma norma sobre o assunto.

O procedimento de preparo dos corpos de prova segue a seqüência adiante:

- a) deve ser produzida uma peça prismática de concreto armado maciço de 600 x 150 x 150 mm;
- b) sobre uma das faces do prisma de concreto aplica-se uma camada de chapisco, no traço 1:3 de cimento e areia, em volume;
- c) após 24 horas, aplica-se o emboço, no traço 1:2:6 de cimento, cal e areia, em volume;
- d) após 7 dias, o corpo de prova deve ser submetido ao ensaio de tração na flexão, introduzindo uma fissura no seu terço médio;

- e) as duas metades do prisma de concreto devem ser colocadas justapostas e, então, aplica-se o sistema de recuperação de fissuras e, posteriormente, uma argamassa industrializada como acabamento, sobre 600 x 110 mm do corpo de prova, conforme ilustra a figura 4.6 (a);
- f) após a aplicação do revestimento, os corpos de prova devem ser curados durante 7 dias.

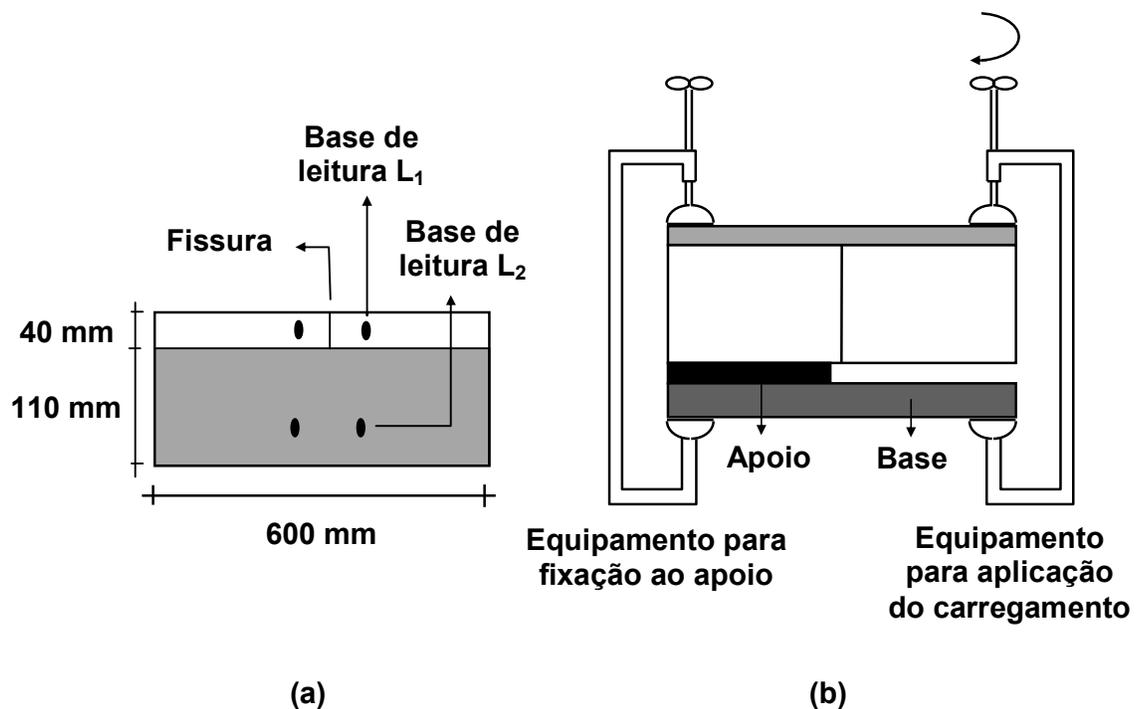


Figura 4.6 Esquema do corpo de prova: a) vista superior; b) carregamento (BAUER, 1985)

Conforme explica BAUER (1985), o ensaio consiste na aplicação de carregamentos na face revestida, como ilustra a figura 4.6 (b), em incrementos uniformes, tomando-se as leituras de distensão nas bases de leituras preestabelecidas - na face tracionada do corpo de prova - para verificação da abertura em L_1 , bem como do comportamento do revestimento em L_2 .

Como resultado registra-se a deformação até a manifestação da fissura na argamassa de acabamento em três corpos de prova.

4.5 Ensaio da *Association Française de Normalisation* - AFNOR para avaliação de revestimentos de recuperação de fachadas

A norma AFNOR P 84-402 (AFNOR, 1989b) padroniza um método de ensaio para a avaliação da capacidade de deformação dos revestimentos à base de polímeros¹⁰ aplicados, a título de manutenção ou recuperação, às fachadas de alvenaria ou concreto com revestimento de argamassa.

De acordo com a norma P 84-402 (AFNOR, 1989b), até a data de publicação dessa norma não havia qualquer outra similar.

Para a realização do ensaio devem ser preparados vinte e quatro corpos de prova de argamassa com traço 1:3,3 de cimento e areia, em peso; com dimensões de 75 x 50 x 20 mm. Sobre a face não revestida os corpos de prova devem ser cortados transversalmente a meio comprimento, sobre $\frac{3}{4}$ da sua espessura.

Os corpos de prova devem ser curados durante 24 dias a $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5\%$ de umidade relativa e depois devem ser submetidos durante 14 dias a $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $50 \pm 5\%$ de umidade relativa.

¹⁰ O conjunto de normas AFNOR P 84-401 (AFNOR, 1989a), P 84-402 (AFNOR, 1989b), P 84-403 (AFNOR, 1989c), NF P 84-404-1 (AFNOR, 1993a), NF P 84-404-2 (AFNOR, 1993b) e NF P 84-404-3 (AFNOR, 1993c) trata dos revestimentos à base de polímeros aplicados na recuperação de fachadas.

O ensaio deve ser efetuado após submeter os corpos de prova às condições descritas na norma P 84-402 (AFNOR, 1989b), exercendo um esforço de tração longitudinal com velocidade de 1 mm/min.

Para cada corpo de prova, registra-se a deformação que provocou a ruptura do revestimento e quaisquer anormalidades ocorridas.

4.6 Ensaio do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil - CPqDCC da Escola Politécnica da USP para avaliação de sistemas de recuperação de fissuras

Esse ensaio foi extraído de uma pesquisa realizada por FRANCO; ALY (1989a), cujo objetivo foi avaliar, comparativamente, a capacidade de deformação de sistemas de recuperação de fissuras provocadas por tensões de tração e cisalhamento.

O procedimento de preparo dos corpos de prova segue a seqüência adiante:

- a) realizar um corte em 75% da espessura do bloco de concreto celular autoclavado, utilizado como base;
- b) revestir uma de suas faces;
- c) simular uma fissura, quebrando o bloco;
- d) aplicar o sistema de recuperação. A figura 4.7 ilustra a configuração final.

O ensaio é realizado fixando-se o corpo de prova ao equipamento, descrito no item 5.1, o qual permite movimentos independentes - de tração ou cisalhamento - dos dois lados do bloco separados pela fissura.

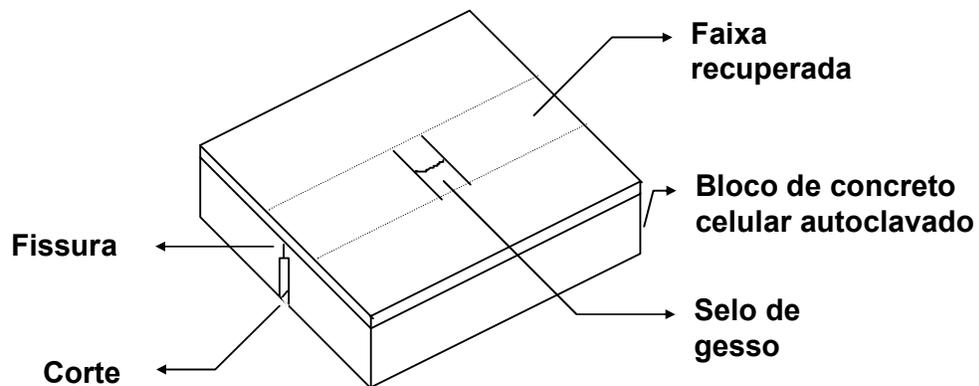


Figura 4.7 Corpo de prova (FRANCO; ALY, 1989a)

Como resultado, registram-se as deformações fornecidas por relógios comparadores, fixados em ambos os lados da fissura, até surgimento dessa manifestação patológica.

Esse método de ensaio serviu de referência para o equipamento e método de ensaio desenvolvido e aplicado no programa experimental desta dissertação, os quais são apresentados no capítulo 5.

Não se efetuou a avaliação dos sistemas de recuperação de fissuras por movimentos cíclicos, em virtude da ausência de valores representativos para os intervalos dos ciclos de tração-compressão e cisalhamento. Preferiu-se avaliar a capacidade de deformação por movimentação à tração e ao cisalhamento diretos, a partir da qual pode-se estimar um intervalo de variação adequado que servirá para ser utilizado em pesquisas futuras.

Todo o desenvolvimento realizado no programa experimental relativo ao equipamento e ao método de ensaio para a avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras é descrito no capítulo seguinte.

5 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O conhecimento acerca da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras encontra-se ainda em estágio incipiente, como se pôde verificar nos dois capítulos anteriores.

Os fabricantes dos materiais empregados nos sistemas de recuperação desconhecem quase que totalmente as potencialidades dos sistemas comercializados. Tal fato repercute negativamente no mercado, visto que dificulta o emprego desses sistemas - devido à ausência de especificações claras - e gera o descrédito - no caso da reincidência do problema.

Com o objetivo de avaliar comparativamente os sistemas de recuperação de fissuras disponíveis, foram desenvolvidos um equipamento e uma proposta de método de ensaio.

Dessa forma, procurou-se obter valores que expressassem, para os sistemas estudados, a capacidade de deformação provocada por tensões de tração e de cisalhamento.

O programa experimental descrito neste capítulo teve seus recursos financiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, através de projeto de pesquisa. Os ensaios foram realizados no laboratório do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP.

5.1 Metodologia da pesquisa

De acordo com a metodologia adotada para a realização da pesquisa, dividiram-se as atividades em quatro etapas.

A primeira etapa consistiu no desenvolvimento do equipamento utilizado nos ensaios de avaliação de sistemas de recuperação de fissuras. Inicialmente, utilizou-se o equipamento empregado na pesquisa experimental de FRANCO; ALY (1989a) e FRANCO; ALY (1989b). O equipamento passou por duas mudanças até atingir a configuração atual.

Numa segunda etapa, definiu-se o procedimento de preparo dos corpos de prova, que consistiu nas seguintes fases: escolha do tipo de bloco a ser utilizado; adaptação ao dispositivo de fixação empregado; execução da recuperação e acabamento e determinação das condições e período de cura.

Na terceira etapa, foram selecionados os sistemas de recuperação de fissuras para a realização do ensaio, aqueles disponíveis no mercado nacional e alguns citados pelas bibliografias sobre o assunto.

Finalmente, em uma quarta etapa, houve o desenvolvimento do método de ensaio, com base na metodologia já existente, o qual foi formulado à medida em que se desenvolvia o equipamento.

Cada uma dessas etapas é apresentada a seguir.

5.2 Descrição do equipamento

5.2.1 Desenvolvimento do equipamento

O desenvolvimento do equipamento deu-se a partir do estudo do dispositivo utilizado na “Pesquisa Experimental para Formulação de uma Metodologia de Análise de Problemas Patológicos em Alvenaria de Vedação” de FRANCO; ALY (1989a) e FRANCO; ALY (1989b), cujo objetivo era testar, dentre alguns sistemas de recuperação de fissuras, aquele com maior capacidade de deformação provocada por tensões de tração e de cisalhamento das paredes em alvenaria de blocos de concreto celular autoclavados.

Dessa pesquisa, foi utilizada a primeira versão do equipamento, ilustrada na figura 5.1.

As tensões de tração e cisalhamento que provocavam o movimento das plataformas móveis eram aplicadas por meio de parafusos adaptados a flanges, com os quais as plataformas estavam conectadas. A figura 5.1 identifica as posições dos parafusos ligados às flanges, das plataformas móveis e dos parafusos da fixação superior dos corpos de prova.

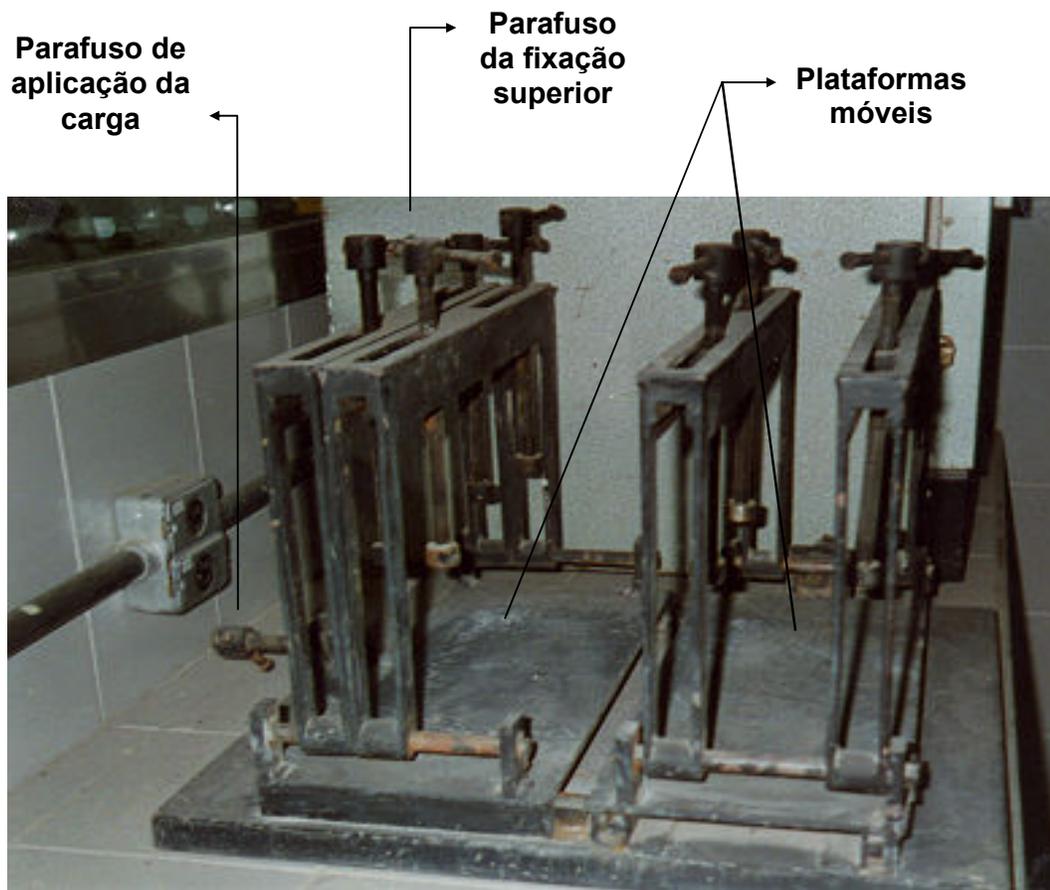


Figura 5.1 Primeira versão do equipamento, utilizado na pesquisa experimental de FRANCO; ALY (1989a)

Os movimentos dependiam da força aplicada pelo operador aos parafusos conectados às flanges que, além de não ser constante, era limitada. As plataformas estavam montadas sobre trilhos, os quais eram soldados a uma base de chapa de aço de pouca espessura. Essa base sofria certo nível de deformação quando eram realizados os ensaios.

Objetivando corrigir esses problemas, identificados através de ensaios preliminares com alguns corpos de prova, soldou-se uma nova base àquela e montou-se um conjunto hidráulico (ENERPAC) para aplicação da carga, formado por: dois cilindros hidráulicos (25 e 45 KN), bomba hidráulica manual e manômetro. Os cilindros hidráulicos foram conectados às plataformas móveis por meio de flanges, soldadas a uma nova base de aço. Também instalou-se

um transdutor de pressão ao conjunto hidráulico que fornecia informações da pressão à leitora digital (SODMEX).

A figura 5.2 ilustra a configuração do equipamento após as modificações.

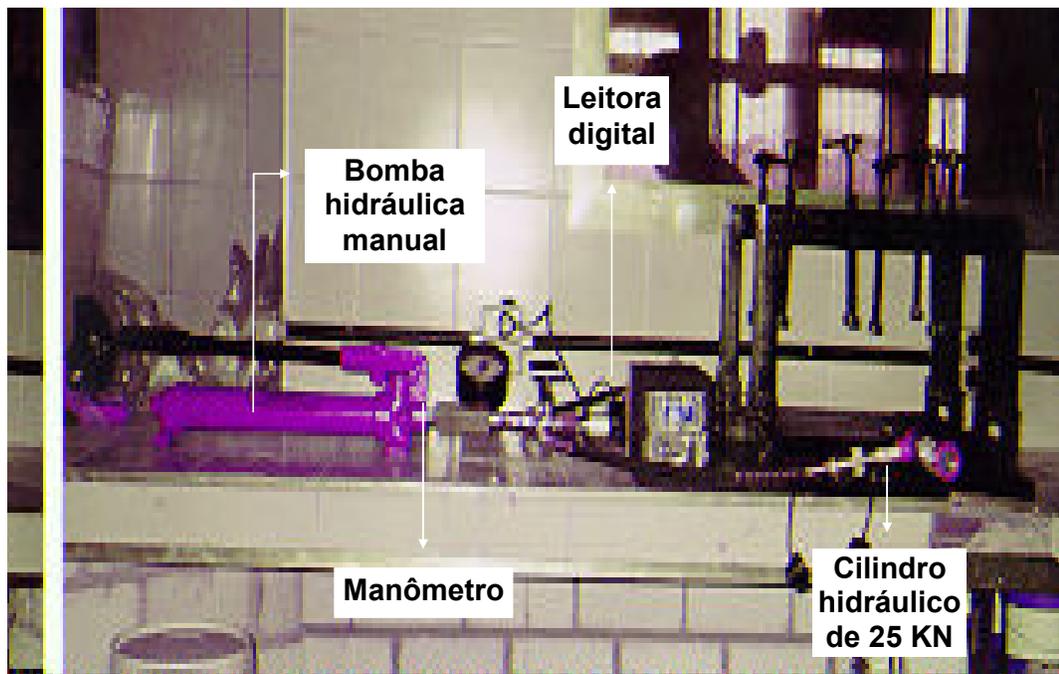


Figura 5.2 Segunda versão do equipamento, com a instalação do conjunto hidráulico (ENERPAC), transdutor de pressão, leitora digital (SODMEX) e nova base de aço

Os cilindros hidráulicos solucionaram a limitação do operador, porém, a aplicação da carga realizada pela bomba hidráulica manual não era contínua. Além disso, os trilhos sobre os quais as plataformas móveis se deslocavam apresentavam folgas, dificultando a leitura das deformações.

A terceira versão do equipamento resolveu os problemas existentes e foi, então, utilizada para a realização dos ensaios.

5.2.2 Equipamento atual

A representação esquemática da figura 5.3 ilustra as partes que compõem a versão atual do equipamento usado para a realização dos ensaios de avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras. As letras utilizadas na figura 5.3 representam as partes descritas na tabela 5.1.

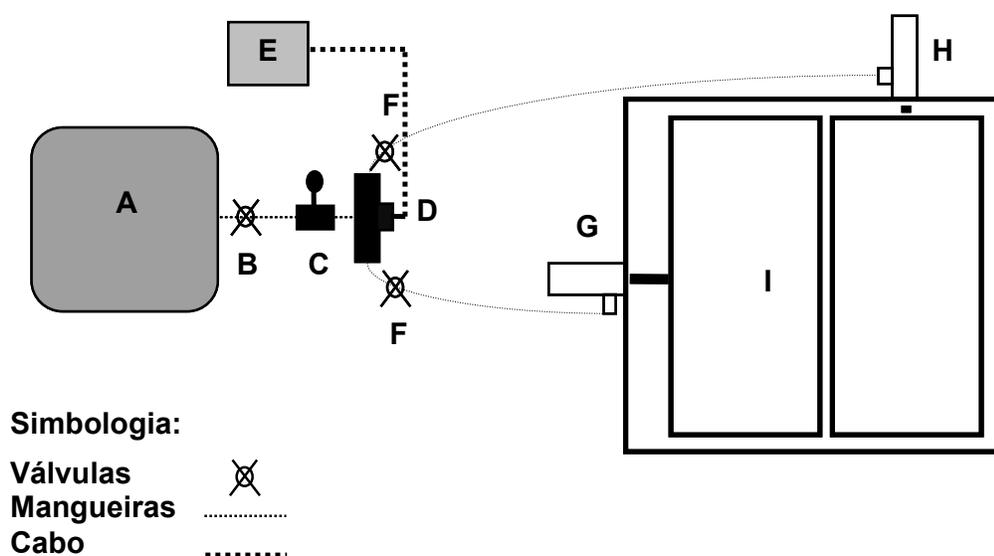


Figura 5.3 Representação esquemática das partes que compõem o equipamento atual

Tabela 5.1 Partes do equipamento

Letra	Descrição	Função
A	Bomba hidráulica (SEIDNER), tipo HZP 10 D1; pressão máxima: 5,1 N/mm ²	Bomba hidráulica que injeta óleo nos cilindros hidráulicos (G e H); controle manual
B	Válvula de segurança V-66 (ENERPAC)	Permite a passagem do óleo na subida do pistão dos cilindros hidráulicos, mas bloqueia o retorno

C	Válvula de segurança automática V-100 com manômetro (ENERPAC)	A válvula cria resistência à vazão de óleo quando a carga alivia, evitando possíveis danos ao ponteiro do manômetro
D	1) TEE (ENERPAC); 2) Transdutor de pressão HM-200 (SODMEX)	1) Permite a distribuição de óleo entre os cilindros hidráulicos; 2) Transmite informação à leitora
E	Leitora (SODMEX)	Leitura digital da pressão de óleo
F	Válvula de segurança V-82 (ENERPAC)	Bloqueia o fluxo de óleo
G	Cilindro hidráulico (ENERPAC): 25 KN (RC-25) ou 120 KN (RCH-121)	Os cilindros são utilizados um de cada vez, simulando o movimento provocado pela tensão de tração
H	Cilindro hidráulico (ENERPAC) de 45 KN (RC-53)	Simula o movimento provocado pela tensão de cisalhamento
I	Dispositivo de tração e cisalhamento	Fixa, apoia e desloca o corpo de prova

Todas as partes, ilustradas na figura 5.3, que compõem o equipamento são comercializadas no mercado e possuem fabricação industrial, exceto o dispositivo de tração e cisalhamento (I). As figuras 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8 ilustram esse dispositivo detalhadamente. Ele foi desenvolvido segundo as orientações do autor deste trabalho e construído no laboratório de Máquinas Operatrizes do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de São Paulo. As peças que compõem o dispositivo estão descritas na tabela 5.2.

O funcionamento do equipamento segue a seqüência abaixo:

1. aciona-se a bomba hidráulica através do botão liga/desliga, o qual serve de controle manual para o aumento de pressão;

2. pela leitora digital controla-se o aumento unitário de pressão. Foi realizada a calibração¹¹ dos cilindros hidráulicos com a bomba e com a leitora;
3. a válvula de segurança V-66 permanece aberta, enquanto as válvulas de segurança V-82 permanecem uma aberta e outra fechada, dependendo de qual cilindro deseja-se acionar;
4. o cilindro acionado encolhe-se ou distende-se, de acordo com o movimento que se deseja efetuar. O cilindro encolhedor de 25 KN é utilizado para simular a tensão de tração, assim como o cilindro de haste vazada de 120 KN. O cilindro de 45 KN é utilizado para provocar a tensão de cisalhamento;
5. o movimento das plataformas é o mesmo dos cilindros, visto que estão unidos pelas flanges.

¹¹ O cilindro hidráulico, conectado à bomba e à leitora, foi posicionado numa prensa. Através do controle liga/desliga da bomba, aplicou-se a carga no cilindro, aumentando-a de uma em uma unidade. Observou-se essa adição unitária de carga pela leitora. Os cilindros hidráulicos de 45 e 120 KN foram calibrados dessa maneira. Para o cilindro de 25 KN, por ser do tipo encolhedor, foi utilizada uma correlação feita a partir da curva (leitura x pressão) obtida do cilindro de 45 KN. Essa correlação mostrou-se linear.

Figura 5.4 Dispositivo de tração e cisalhamento - medidas em centímetros

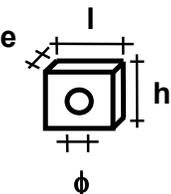
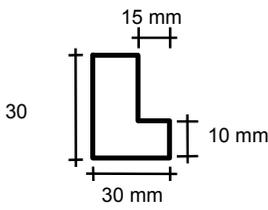
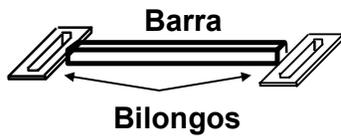
Figura 5.5 Vista frontal do dispositivo de tração e cisalhamento - medidas em centímetros

Figura 5.6 Vista lateral do dispositivo de tração e cisalhamento - medidas em centímetros

Figura 5.7 Detalhe 01 do dispositivo de tração e cisalhamento, ilustrando a camisa do elemento da fixação superior - medidas em centímetros

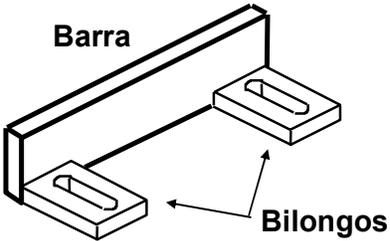
Figura 5.8 Detalhe 02 do dispositivo de tração e cisalhamento, ilustrando a flange para a movimentação ao cisalhamento - medidas em centímetros

Tabela 5.2 Peças do dispositivo de tração e cisalhamento

Peças	Descrição	Função
Base	1 Chapa de aço ABNT 1020: <ul style="list-style-type: none"> • espessura: 31,75 mm • largura: 650 mm • comprimento: 700 mm 	Apoiar os trilhos
Flanges	<ul style="list-style-type: none"> • espessura: 17 mm (e) • altura: 90 mm (h) • largura: 65 mm (l) • diâmetro: 40 mm (ϕ) 	Dispositivo soldado na base; permite a fixação (por rosqueamento) do cilindro hidráulico e o acoplamento com as plataformas móveis
Trilhos	8 Perfis de aço ABNT 1045, em forma de "L": <p>Comprimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tração: 350 mm • cisalhamento: 700 mm 	Permitir o movimento das plataformas móveis
Plataformas móveis	2 Chapas de aço ABNT 1020: <ul style="list-style-type: none"> • espessura: 15,88 mm • largura: 300 mm • comprimento: 475 mm 	Apoio do corpo de prova
Fixação de tração	2 Conjuntos : Barra de aço soldada a 2 bilongos <p>Barras de aço:</p> <ul style="list-style-type: none"> • espessura: 10 mm • altura: 15 mm • comprimento: 300 mm <p>Bilongos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • altura: 10 mm • largura: 30 mm • comprimento: 35 mm 	Ajuda na fixação do corpo de prova; possui recurso de movimentação da barra para fixação do corpo de prova de 30 mm

(continua)

Tabela 5.2 Peças do dispositivo de tração e cisalhamento (continuação)

Peças	Descrição	Função
Fixação de cisalhamento	<p>4 Conjuntos : Barra de aço soldada a 2 bilongos</p> <p>Barras de aço:</p> <ul style="list-style-type: none"> • espessura: 10 mm • altura: 30 mm • comprimento: 280 mm <p>Bilongos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • altura: 10 mm • largura: 30 mm • comprimento: 40 mm 	Ajuda na fixação do corpo de prova; possui recurso de movimentação da barra para fixação do corpo de prova de 30 mm
Fixação superior	8 Parafusos com altura de 230 mm	Fixar o corpo de prova à plataforma móvel

O funcionamento do dispositivo de tração e cisalhamento, bem como o procedimento de leitura estão descritos no item 5.5, no qual é apresentado o método de ensaio proposto.

5.3 Definição do procedimento de preparo dos corpos de prova

O bloco selecionado para servir de corpo de prova foi o de concreto celular autoclavado (125 x 600 x 300 mm). Essa escolha foi feita em função da pesquisa experimental realizada por FRANCO; ALY (1989a) e FRANCO; ALY (1989b), a partir da qual o presente trabalho foi desenvolvido. Além disso, o bloco de concreto celular se mostrou mais fácil de ser cortado, adequando-se às necessidades existentes.

A especificação das dimensões do dispositivo de tração e cisalhamento também foi determinada em função do bloco de concreto celular autoclavado.

Objetivando avaliar a influência do substrato na capacidade de deformação, também foi feito o ensaio aplicando-se o sistema de recuperação “B” (ver item 5.4.2) sobre o bloco cerâmico de vedação (290x190x140 mm). Manteve-se constante a recuperação e o acabamento, variando-se o tipo de bloco que serviu de substrato.

Nas etapas seguintes descreve-se como foi feita a preparação do bloco de concreto celular autoclavado utilizado como corpo de prova:

1. o bloco de concreto celular foi cortado na metade do seu comprimento. Dois sulcos foram executados na parte inferior do bloco, como ilustra a figura 5.9;
2. as duas partes do bloco foram unidas firmemente, permitindo com isso, a realização da recuperação. O corpo de prova permaneceu na posição horizontal sobre uma superfície plana e limpa;

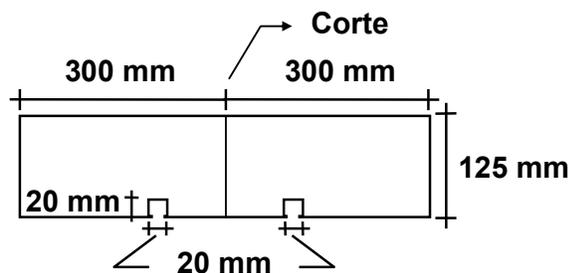


Figura 5.9 Sulcos feitos no bloco de concreto celular autoclavado

3. foi executada a recuperação, segundo as recomendações do fabricante ou da bibliografia, conforme o caso, aguardando-se o tempo necessário para a cura de cada um dos produtos utilizados;
4. foi executado o acabamento, de acordo com as instruções do fabricante ou da bibliografia;
5. a cura do corpo de prova foi feita à temperatura ambiente, durante 28 dias.

O local de armazenamento dos corpos de prova foi cuidadosamente escolhido, tendo em vista que esses não podiam ser movimentados durante a execução da recuperação ou durante o período de cura. Esse procedimento teve o objetivo de preservar a integridade do corpo de prova até a realização do ensaio.

5.4 Descrição dos métodos construtivos para recuperação de fissuras

Foram selecionados cinco sistemas de recuperação para serem ensaiados, os quais serão identificados pelas letras “A”, “B”, “C”, “D” e “E”.

Os três primeiros sistemas de recuperação “A”, “B, e “C” são comercializados no mercado nacional. Os sistemas “A” e “B” foram escolhidos por serem destinados primordialmente à recuperação de fissuras nas alvenarias. O sistema “C” é indicado para impermeabilização, mas também tem sido utilizado para a recuperação de fissuras nas alvenarias, segundo instruções do fabricante.

O quarto sistema, denominado de “D”, é proposto por FRANCO; ALY (1989b) para a recuperação de fissuras nas alvenarias de vedação interna.

O sistema “E” vem sendo utilizado por alguns consultores como solução para a recuperação das fissuras que ocorrem nas fachadas das edificações.

A tabela 5.3 relaciona os materiais empregados na recuperação e a representação esquemática dos sistemas.

Além desses sistemas, mais dois revestimentos foram também ensaiados para servir de referência, são eles: revestimento de gesso com espessura de 5 mm e revestimento em argamassa industrializada com 15 mm de espessura.

Não foi objetivo deste trabalho caracterizar individualmente os diversos materiais dos sistemas de recuperação avaliados, mas apresentar as suas características, segundo as informações extraídas de publicações dos fabricantes.

A descrição dos métodos construtivos para recuperação de fissuras de cada um desses sistemas que fizeram parte do programa experimental é realizada a seguir. Os procedimentos são apresentados conforme a seqüência de execução na preparação dos corpos de prova.

Tabela 5.3 Materiais empregados nos sistemas de recuperação

Sistemas de recuperação	Materiais empregados	Representação esquemática
A	<ul style="list-style-type: none"> ⑦ Tinta látex acrílica (2 demãos) ⑥ Massa acrílica (2 demãos) ⑤ Impermeabilizante acrílico ④ Tela de poliéster ③ Impermeabilizante acrílico ② Vedante acrílico (2 demãos) ① Fundo preparador de paredes 	
B	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ Tinta látex acrílica (2 demãos) ④ Massa acrílica (2 demãos) ③ Massa à base de pó de mármore e resina acrílica (3 demãos) ② Tela de poliéster com bandagem central ① Massa à base de pó de mármore e resina acrílica 	
C	<ul style="list-style-type: none"> ④ Tinta látex acrílica (2 demãos) ③ Massa acrílica (2 demãos) ② Massa à base de resina acrílica (4 demãos) ① Tela de poliéster 	
D	<ul style="list-style-type: none"> ⑥ Tinta látex PVA (2 demãos) ⑤ Massa de acabamento (resina PVA + massa PVA) ④ Massa de recuperação (água + resina PVA + massa PVA) ③ 4 Véus de poliéster ② Massa de recuperação (água + resina PVA + massa PVA) ① Fita adesiva de 50 mm 	
E	<ul style="list-style-type: none"> ⑥ Argamassa polimérica ⑤ Tela metálica ④ Argamassa polimérica ③ Fita adesiva (100 mm) ② Mástique acrílico (2 demãos) ① Fundo preparador de paredes 	

Na descrição dos métodos utilizou-se o termo fissura para designar a região de contato entre as duas metades do bloco de concreto celular autoclavado ou a região de contato entre dois blocos cerâmicos, colocadas justapostas.

5.4.1 Sistema de recuperação de fissuras “A”

O sistema de recuperação “A” foi aplicado diretamente sobre o bloco de concreto celular autoclavado de acordo com o método construtivo seguinte, utilizando-se os produtos e ferramentas fornecidos pelo fabricante:

- a) abriu-se um sulco em forma de “V”;
- b) aplicou-se uma demão de fundo preparador de paredes no sulco, diluído na proporção de 1:1 com o diluente, com trincha, e aguardou-se 4 horas;
- c) aplicou-se duas demãos de vedante acrílico com o aplicador, como ilustra a figura 5.10:
 - 1ª demão: preencheu-se a fissura até o nível do bloco e aguardou-se 48 horas;
 - 2ª demão: sobrepôs-se o vedante acrílico à primeira demão até o nível do bloco e aguardou-se 24 horas. Isso é feito devido a retração à secagem que ocorre na aplicação da primeira demão.
- d) aplicou-se o impermeabilizante acrílico para lajes e paredes, diluído na proporção de 10% com água, sobre o vedante acrílico, numa faixa de 20 cm, sendo 10 cm de cada lado a partir do eixo da fissura, com trincha, e aguardou-se 1 hora;
- e) posicionou-se a tela de poliéster de 20 cm de largura;



Figura 5.10 Aplicação do vedante acrílico no sulco em forma de “V”, após aplicação do fundo preparador de paredes

f) logo após, foi aplicado o impermeabilizante acrílico para lajes e paredes, diluído em proporção de 10% com água sobre a tela de poliéster, com trincha, e aguardou-se 4 horas. A figura 5.11 ilustra essa situação;

g) acabamento:

- aplicou-se massa acrílica com desempenadeira, em duas demãos, sem diluição, iniciando pelas bordas da tela de poliéster, como ilustra a figura 5.12. Intervalo entre demãos: 4 horas;
- lixou-se a massa acrílica com lixa grana 100 para abertura dos poros;



Figura 5.11 Fixação da tela com impermeabilizante acrílico



Figura 5.12 Aplicação da massa acrílica

- foram aplicadas duas demãos de tinta látex acrílica, com rolo de lã, com intervalo entre demãos de quatro horas, sendo a primeira diluída em 20% de água e a segunda 10%. A figura 5.13 ilustra essa situação.



Figura 5.13 Pintura com rolo de lã

Para a recuperação propriamente dita cinco materiais foram empregados: o fundo preparador de paredes, o diluente, o vedante acrílico, o impermeabilizante de lajes e paredes e a tela de poliéster. Os boletins técnicos do fabricante caracterizam esses produtos da seguinte forma:

- “o fundo preparador de paredes é um produto à base de resina estireno acrílica, aditivos especiais e solventes alifáticos e aromáticos. Indicado para uniformizar a absorção, selar e aumentar a coesão de superfícies porosas;
- o diluente é um produto à base de solventes alifáticos e aromáticos;
- o vedante acrílico é um produto composto por: resina de dispersão aquosa de polímeros acrílicos, pigmentos isentos de metais pesados, cargas minerais inertes, álcoois e tensoativos carboxilados e etoxilados. Indicado para vedação de trincas e fissuras em alvenaria;
- o impermeabilizante para lajes e paredes é um produto à base de resina acrílica estirenada, aditivos especiais, pigmentos e solventes. Indicado para superfícies de concreto e lajes de cobertura onde não há trânsito, marquises, cimento-amianto, paredes expostas à chuva, restauração de fachadas, etc.;
- a tela de poliéster é um produto à base de poliéster, protegido com emulsão à base de PVC. Trata-se de importante componente para impermeabilização de lajes, vedação de trincas e restauração de fachadas”.

5.4.2 Sistema de recuperação de fissuras “B”

O sistema de recuperação “B” foi aplicado diretamente sobre o bloco de concreto celular autoclavado e, também, sobre o bloco cerâmico de vedação (290 x 190 x 140 mm), de acordo com o seguinte método construtivo:

- a) aplicou-se a massa produzida pelo fabricante, nivelando bem a superfície com uma espátula. Aguardou-se 12 horas;
- b) aplicou-se a tela de poliéster, centralizando a bandagem central sobre a fissura;

- c) para fixação preliminar da tela, aplicou-se uma fina camada da massa do fabricante, como ilustra a figura 5.14. Aguardou-se a secagem por 12 horas;
- d) foram aplicadas mais duas demãos dessa massa, com cerca de 1 mm cada, aguardando-se a secagem entre uma demão e outra. Intervalo entre demãos: 12 horas;



Figura 5.14 Fixação da tela com a massa do fabricante

- e) acabamento: o acabamento foi idêntico ao aplicado no método de recuperação do sistema “A”.

Para a recuperação propriamente dita dois materiais foram empregados: a massa e a tela com bandagem central. O catálogo do fabricante caracteriza esses produtos da seguinte forma:

- “a massa é à base de finas granulometrias de mármore e resina acrílica, que apresenta alta viscosidade. Indicada para ser utilizada apenas com a tela;
- a tela com bandagem central, é de material elástico, anti-mofo, 100% poliéster. Indicada para os casos em que é necessário aumentar a capacidade de um revestimento suportar a abertura de uma fissura, na base, sem propagá-la à superfície. A bandagem central evita a aderência do revestimento à base”.

O bloco cerâmico de vedação, utilizado para avaliação comparativa da interferência da base sobre a recuperação, foi grauteado com uma argamassa mista de cimento, areia e cal; com traço em volume 1:0,5:5. Objetivou-se com isso, fortalecer a estrutura do bloco e facilitar a posterior fixação ao dispositivo de tração e cisalhamento. Também foram coladas 2 chapas de madeira sob os blocos para ajudar na movimentação à tração, como ilustra a figura 5.15.

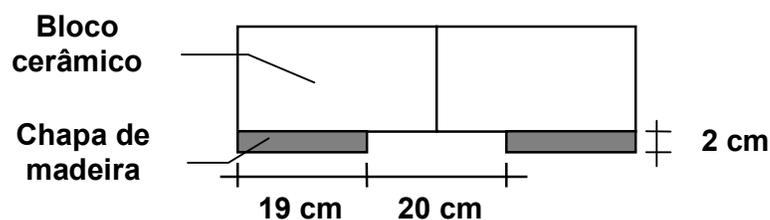


Figura 5.15 Chapas de madeira coladas ao bloco cerâmico

5.4.3 Sistema de recuperação de fissuras “C”

O sistema de recuperação “C” foi aplicado diretamente sobre o bloco de concreto celular autoclavado, conforme o método construtivo seguinte:

- a) posicionou-se a tela de poliéster e simultaneamente aplicou-se a massa, materiais fornecidos pelo fabricante, como ilustra a figura 5.16;
- b) após a secagem da 1ª demão aplicaram-se mais 3 demãos. Intervalo entre demãos: 3 horas;



Figura 5.16 Fixação da tela com a massa do fabricante

- c) acabamento: o acabamento foi idêntico ao aplicado no método de recuperação do sistema "A".

Para a recuperação propriamente dita dois materiais foram empregados: a massa acrílica e a tela. O fabricante caracteriza esses produtos, nas respectivas embalagens, da seguinte forma:

- “a massa é uma pasta cremosa à base de resina acrílica de aplicação à frio. Forma sobre a superfície uma membrana elástica de grande poder de aderência, impermeável e resistente ao tempo;
- a tela é gomada e 100% de poliéster”.

5.4.4 Sistema de recuperação de fissuras “D”

O sistema de recuperação “D” foi aplicado diretamente sobre o bloco de concreto celular autoclavado, segundo o método construtivo abaixo:

- a) aplicou-se uma fita adesiva de polipropileno de 50 mm de largura sobre toda a extensão da fissura, com o cuidado de não deixar nenhuma bolha de ar sob a fita, como ilustra a figura 5.17;
- b) preparou-se a massa de recuperação composta por água, cola PVA e massa corrida PVA, no seguinte traço em massa: 1:4:5 (água:cola PVA:massa PVA);
- c) passou-se sobre toda a extensão da fissura uma fina camada da massa de recuperação;



Figura 5.17 Aplicação da fita adesiva de polipropileno

d) a primeira faixa de véu de poliéster, cortada previamente com 14 cm de largura, foi mergulhada em um recipiente contendo a massa de recuperação. Antes da aplicação sobre a fissura, retirou-se todo o excesso da massa. A figura 5.18 ilustra a colocação da primeira faixa de véu;

e) após o término da colocação da primeira faixa de véu, iniciou-se a aplicação da segunda, terceira e quarta faixas, obedecendo a seguinte seqüência:

- a superfície do véu já colocado foi umedecida com a massa de recuperação, utilizando-se uma trincha;
- colocou-se a segunda faixa de véu seca (sem mergulhar na massa de recuperação);
- passou-se mais uma camada da massa de recuperação sobre o véu colocado, utilizando-se a trincha;

- repetiu-se os dois passos anteriores, até serem colocados os 4 véus.
- limpou-se o excesso da massa, antes do endurecimento;



Figura 5.18 Aplicação da primeira faixa de véu de poliéster

- f) logo após a colocação das 4 faixas de véu, executou-se o revestimento com a massa de acabamento, constituída de cola PVA e massa corrida PVA, com traço em peso 1:1,5; utilizando-se desempenadeira e espátula de aço;
- g) limpou-se o excesso dessa massa, antes do endurecimento;
- h) aplicou-se mais duas demãos da massa de acabamento. Intervalo entre demãos: 6 horas;
- i) acabamento:

- esperou-se três dias para que a mistura de revestimento adquirisse resistência que permitisse a regularização da superfície, por lixamento (lixa grana de ferro 100);
- após a limpeza do pó, foram aplicadas duas demãos de tinta látex PVA, com intervalo entre demãos de quatro horas, sendo a primeira demão diluída em 30% de água e a segunda 20%.

Para a recuperação propriamente dita foram empregados quatro materiais: fita adesiva, cola PVA, massa corrida PVA e o véu de poliéster. As principais características, segundo os respectivos fabricantes, são as seguintes:

- “a fita adesiva é de polipropileno com 5 cm de largura”;
- “a cola é um adesivo à base de PVA (acetato de polivinila), aditivos (tensoativos e plastificantes). Indicada para a colagem de superfícies porosas ou não”;
- “a massa corrida é um produto à base de acetato de polivinila (PVA), com grande poder de enchimento e de aderência”;
- “o véu de poliéster, é um não tecido de filamentos contínuos agulhados 100% poliéster. Possui 75 g/m² de gramatura e espessura de 0,65 mm. É largamente empregado como armadura de sistemas asfálticos moldados *in loco*”.

Esse sistema de recuperação, proposto por FRANCO; ALY (1989b), foi também avaliado para 1 e 2 véus de poliéster, além dos 4 véus inicialmente utilizados. Isso se deu em função dos bons resultados obtidos na primeira fase

de ensaios deste programa experimental. O procedimento de execução para 1 e 2 véus de poliéster foi análogo àquele exposto anteriormente para 4 véus.

5.4.5 Sistema de recuperação de fissuras “E”

O sistema de recuperação “E” foi aplicado diretamente sobre o bloco de concreto celular autoclavado, de acordo com o método construtivo adiante:

- a) executou-se um sulco em forma de “V”, diretamente sobre a fissura;
- b) limpou-se o sulco e aplicou-se uma imprimação com o fundo preparador de paredes diluído na proporção de 1:1 com o diluente, utilizando-se uma trincha;
- c) preencheu-se o sulco com mástique acrílico, com o mesmo aplicador da figura 5.10. Logo após, retirou-se o excesso com espátula;
- d) aguardou-se 8 horas e aplicou-se nova camada de mástique, retirando o excesso com uma espátula;
- e) após 48 horas, colou-se duas faixas da fita adesiva de polipropileno, sobrepondo-as em 1 cm;
- f) aplicou-se uma camada de argamassa industrializada, a qual foi adicionada resina acrílica no teor de 14% da massa do cimento da argamassa industrializada;
- g) inseriu-se uma tela metálica na metade da espessura do revestimento;
- h) para o correto envolvimento da tela aplicou-se uma camada de argamassa sobre o bloco e, então, posicionou-se a tela. Uma segunda camada de cobertura foi executada sobre a tela;

- i) o revestimento foi sarrafeado e desempenado, obtendo uma espessura final de 15 mm. A figura 5.19 ilustra o aspecto final desse sistema.



Figura 5.19 Aspecto final do sistema de recuperação “E”

Para a recuperação propriamente dita foram empregados cinco materiais: fita adesiva, mástique acrílico, argamassa industrializada, resina acrílica e tela metálica. As principais características, de acordo com os respectivos fabricantes, são as seguintes:

- “a fita adesiva é de polipropileno com 50 mm de largura”;
- “o mástique acrílico é um material plasto-elástico, mono-componente, à base de resina acrílica em dispersão aquosa. Possui excelentes propriedades mecânicas de elasticidade, flexibilidade e alongamento. Alta resistência ao

envelhecimento e não altera a cor. Baixa absorção d'água. É indicado para calafetação de juntas de acabamento e arremates em concreto, madeira, fibrocimento, cerâmica, pedra, alvenaria, alumínio, etc., em paramentos verticais”;

- “a resina acrílica é um látex acrílico, apresentado na forma de emulsão, iônico, isento de plastificantes, formulado a partir de um copolímero de éster de ácido acrílico e estireno”;
- “a tela metálica é em aço galvanizado, eletrosoldada, de malha quadrada de 10x10 mm e fio de 1 mm de diâmetro”.

Também foram preparados corpos de prova revestidos com uma argamassa industrializada com a adição de resina acrílica em 25% da massa de cimento. Todo o procedimento de execução dessa recuperação foi igual ao anteriormente descrito.

5.5 Método de ensaio proposto

O método de ensaio proposto tem como objetivo estabelecer uma forma padronizada de avaliação da capacidade de deformação para os sistemas de recuperação de fissuras. Isso possibilitará que ocorra a comparação dos resultados dos diversos sistemas que se queira avaliar.

Alguns cuidados foram tomados antes da realização do ensaio:

- a bomba hidráulica (SEIDNER) e a leitora digital (SODMEX) foram ligados alguns minutos antes do ensaio para que atingisse a temperatura de trabalho, evitando assim oscilação das leituras dos resultados;
- verificou-se se a abertura da válvula de segurança correspondia ao acionamento do cilindro hidráulico correspondente ao ensaio a ser efetuado;
- providenciou-se uma iluminação adequada para verificação da ocorrência e desenvolvimento da fissura durante a aplicação da carga.

O procedimento de ensaio tem a seguinte seqüência:

1. no dia anterior à realização do ensaio, foram colados os suportes metálicos nas duas laterais dos corpos de prova, onde são inseridos os relógios comparadores, que servem para a medição do deslocamento da fissura, simulando a sua movimentação. A figura 5.20 ilustra o caso para a avaliação da movimentação à tração, enquanto a figura 5.21 ilustra o caso para a avaliação da movimentação ao cisalhamento;
2. no dia do ensaio, vinte e oito dias após a preparação do corpo de prova, foi realizado o ensaio propriamente dito. Posicionou-se, então, o corpo de prova no dispositivo de tração e cisalhamento;
3. regulou-se o dispositivo de fixação de tração ou o de fixação de cisalhamento, conforme o caso;

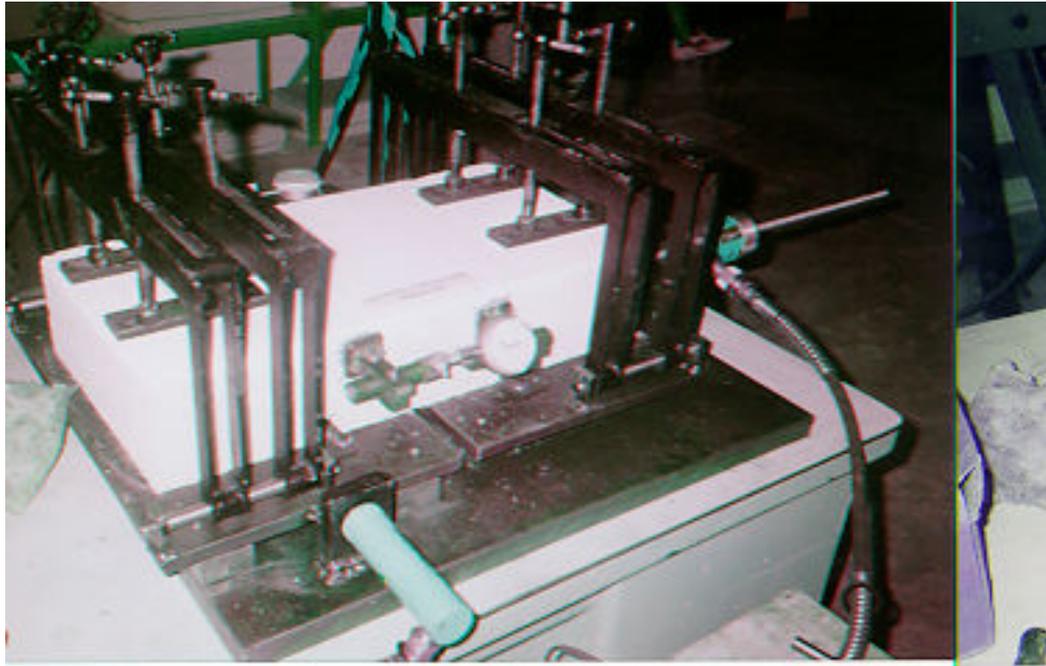


Figura 5.20 Posição dos relógios comparadores no corpo de prova, para avaliação da movimentação à tração

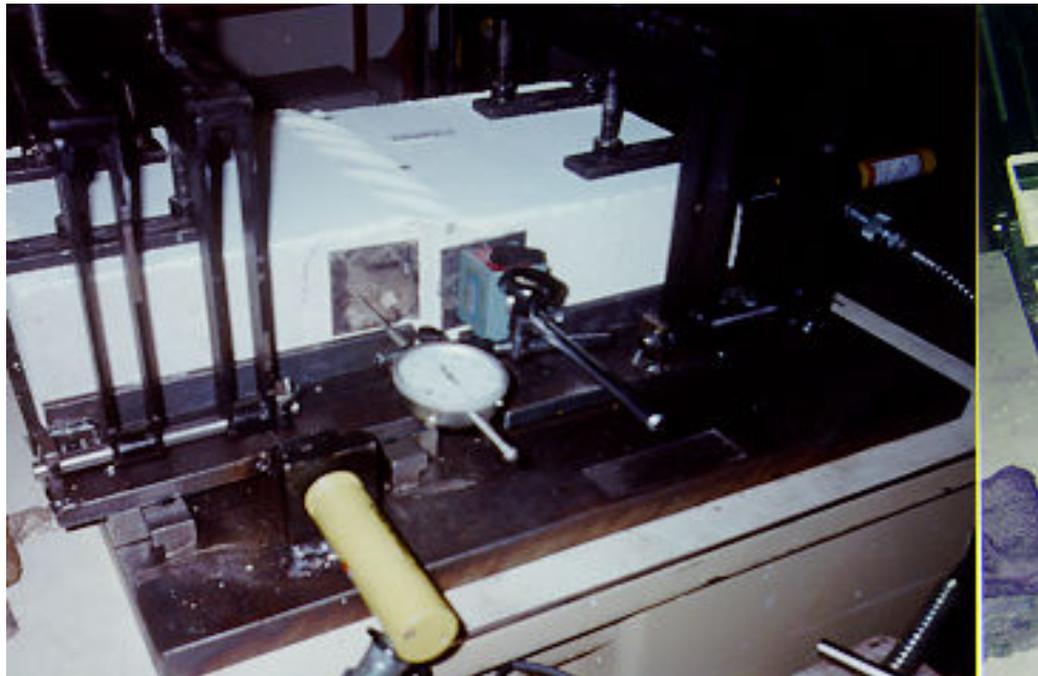


Figura 5.21 Posição do relógio comparador no corpo de prova, para avaliação da movimentação ao cisalhamento

4. foram apertados os parafusos da fixação superior, deixando o corpo de prova fixo nas plataformas móveis;
5. fez-se, nesse momento, a leitura inicial dos dois relógios comparadores;
6. aplicou-se uma unidade de carga através da bomba hidráulica (SEIDNER).
O controle da carga foi feito pela leitora digital (SODMEX);
7. aguardou-se um período de 30 segundos, e fez-se as leituras nos dois relógios comparadores, no caso da tração. Para o cisalhamento utiliza-se apenas um relógio comparador. O tempo de 30 segundos serve para a uniformizar a velocidade do ensaio e para acomodar as tensões;
8. examinou-se o sistema de recuperação para identificar o surgimento de fissuras ou irregularidades;
9. aplicou-se nova unidade de carga e aguardou-se 30 segundos, após os quais se realiza outra leitura no(s) relógio(s) comparador(es);
10. o ensaio é feito até o surgimento da fissura.

Registra-se, como resultado, a diferença entre a leitura inicial e a penúltima leitura, antes do surgimento da fissura de 0,1 mm. Isso para os dois relógios comparadores¹². O resultado final é a média aritmética entre os resultados dos dois relógios, no caso da movimentação à tração. No caso da movimentação ao cisalhamento a diferença já é o resultado. Os resultados obtidos dos ensaios e as análises realizadas são apresentados no capítulo seguinte.

¹² Fixou-se o valor de 0,1 mm para a abertura da fissura porque, de acordo com BIRKELAND; SEVENDSEN apud GRIMM (1988), “(...) as fissuras menores que 0,1 mm são insignificantes para a penetração direta da água de chuva”.

6 RESULTADOS OBTIDOS

Este capítulo objetiva apresentar e analisar os resultados do ensaio de avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras, descritos no capítulo cinco.

São apresentados na seqüência a determinação do tamanho da amostra; os valores das deformações, acima dos quais observou-se fissuras com aberturas iguais ou maiores do que 0,1 mm e a análise dos resultados. Desta última constam as discussões sobre a inferência estatística e as formas de ocorrência das fissuras.

6.1 Determinação do tamanho da amostra

Sendo o objetivo comparar os tipos de sistemas de recuperação, o número de corpos de prova foi determinado a partir da definição dos *erros* α (*alfa*) e β (*beta*) considerados na análise de variância.

Na teoria da decisão estatística, também conhecida por teste de significância ou teste de hipóteses, o erro α corresponde à probabilidade de se rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira. A hipótese nula é a igualdade das médias. O erro β corresponde à probabilidade de se aceitar a hipótese nula quando ela é falsa.

A ausência de valores de referência não permitiu uma indicação de qual deveria ser o número de corpos de prova razoável para o ensaio que iria ser executado (item 5.5).

Sendo assim, o número de corpos de prova fixado inicialmente foi de seis, a partir do qual seria possível estimar alguns valores e então, aplicando o método *operating characteristic curves*¹³, decidir pela necessidade de novos ensaios.

Foi considerado o valor usual¹⁴ de 5% para o erro α e fixou-se em 5% o valor a ser obtido para o erro β .

Para o caso das deformações provocadas por tensões de tração, concluiu-se que 5 corpos de prova eram suficientes para se obter um erro β de 3%, portanto, menor do que o valor desejado de 5%. No entanto, preferiu-se realizar a análise estática dos resultados com base nos 6 corpos de prova já ensaiados, visto que está se incorrendo num erro β de 1,5%, ou seja, menor do que aquele encontrado para 5 corpos de prova.

Uma outra justificativa para se utilizar esse número de corpos de prova foi que em algumas situações percebeu-se que os coeficientes de variação eram grandes e com $n = 6$, teve-se uma melhor estimativa dos valores.

¹³ Esse método foi originalmente proposto por PEARSON; HARTLEY apud MONTGOMERY (1984), o qual está resumidamente descrito no anexo.

¹⁴ VILATO, R.R. (Projeto de experimentos, São Paulo). **Comunicação pessoal**, 1997.

No caso das deformações provocadas por tensões de cisalhamento, foi possível concluir que 6 corpos de prova eram suficientes para se obter um erro β de 3%, portanto, menor do que o valor desejado de 5%.

Os cálculos da determinação do tamanho da amostra, para as duas situações descritas anteriormente, encontram-se no anexo.

6.2 Apresentação dos resultados

Os resultados obtidos no ensaio de avaliação da capacidade de deformação dos sistemas avaliados são apresentados nas tabelas 6.1 e 6.2.

O sistema de recuperação “B” aplicado sobre o bloco cerâmico é identificado por “Bcer”, enquanto que o sistema “D” modificado com 1 e 2 véus de poliéster é identificado por “D1” e “D2”, respectivamente. O sistema de recuperação “E” modificado com a adição de um teor de 25% de resina acrílica é identificado por “E25”.

Para os resultados das deformações provocadas por tensões de cisalhamento referentes ao sistema de recuperação “D” e “E25”, os valores mostrados na tabela 6.2 representam as deformações que ocorreram até o limite máximo de pressão da bomba hidráulica. Até esses valores ainda não tinha ocorrido nenhum tipo de manifestação patológica, exceto para o corpo de prova 1 do sistema “D” que apresentou fissuração e do corpo de prova 2 do sistema “E25” que apresentou fissuras inclinadas.

Tabela 6.1 Capacidade de deformação provocada por tensões de tração, em milímetros

Corpos de prova	A	B	Bcer	C	D	D1	D2	E	E25
1	0,754	0,309	0,770	0,246	2,626	3,920	2,373	0,110	0,220
2	0,335	0,590	0,308	0,374	2,258	3,546	4,490	0,225	0,150
3	0,847	0,342	0,421	0,176	2,881	2,200	2,984	0,124	0,300
4	0,380	0,618	-	0,316	4,740	3,940	3,740	0,118	0,340
5	0,624	0,528	-	0,405	2,290	2,000	3,670	0,258	-
6	0,520	0,447	-	0,104	1,180	3,170	3,360	0,217	-
Média (mm)	0,58	0,47	0,50	0,27	2,66	3,13	3,44	0,18	0,25
Desvio-padrão (mm)	0,20	0,13	0,24	0,12	1,17	0,85	0,72	0,07	0,08
Coefficiente de variação (%)	35	27	48	43	44	27	21	37	34

Tabela 6.2 Capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento, em milímetros

Corpos de prova	A	B	Bcer	C	D	D1	D2	E	E25
1	2,78	0,73	1,49	0,47	5,98	6,25	4,17	1,06	0,21*
2	2,08	1,32	1,74	0,95	1,89*	2,32	5,73	1,01	0,31
3	1,46	0,99	1,02	0,85	3,82*	3,53	4,17	1,11	0,23*
4	1,25	1,11	-	0,94	3,42*	3,31	5,63	0,99	0,39*
5	1,63	1,22	-	0,88	3,90*	5,68	5,04	0,85	0,54*
6	2,01	0,87	-	1,31	2,10*	-	3,48	0,44	-
Média (mm)	1,87	1,04	1,42	0,90	3,52	4,22	4,70	0,91	0,34
Desvio-padrão (mm)	0,55	0,22	0,37	0,27	1,48	1,67	0,90	0,25	0,13
Coefficiente de variação (%)	29	21	26	30	42	40	19	27	40

* Esses valores correspondem à leitura de deformações parciais pois, o limite máximo de pressão da bomba hidráulica foi atingido sem que qualquer fissura ou outra manifestação patológica tenha sido observada.

Os revestimentos de gesso e de argamassa industrializada que serviram de referência, apresentaram os valores de deformação ilustrados na tabela 6.3.

Tabela 6.3 Capacidade de deformação provocada por tensões de tração e de cisalhamento, em milímetros

Corpos de prova	Tração		Cisalhamento	
	Gesso	Argamassa industrializada	Gesso	Argamassa industrializada
1	0,038	0,012	0,15	0,04
2	0,022	0,011	0,07	0,04
3	-	0,034	0,15	0,03
Média (mm)	0,03	0,02	0,12	0,04
Desvio-padrão (mm)	0,01	0,01	0,05	0,01
Coefficiente de variação (%)	38	68	37	16

6.3 Análise dos resultados

Na inferência estatística realizada foi utilizada a análise de variância para verificar se havia diferença significativa entre as médias; no entanto para determinar quais eram as médias que diferiam significativamente foi utilizado o teste de *Duncan's Multiple Range*¹⁵.

As conclusões apresentadas adiante são específicas para os casos estudados, não podendo ser generalizadas a outras situações, para as quais teriam que ser realizados novos ensaios.

6.3.1 Capacidade de deformação provocada por tensões de tração

¹⁵ A análise de variância apenas verifica se existe diferença significativa entre quaisquer das médias avaliadas. Alguns testes estatísticos que comparam as médias duas a duas, como por exemplo o de *Duncan's Multiple Range*, é que identificam quais as que são diferentes. Informações mais detalhadas desse e de outros testes podem ser obtidas em FONSECA; MARTINS (1989).

Pela análise de variância verificou-se que havia diferença significativa entre as médias dos sistemas de recuperação estudados.

Através do teste de *Duncan's Multiple Range*, aplicado sobre todas as médias, verificou-se a existência de dois grupos de médias que diferiram significativamente.

O primeiro grupo era formado pelos sistemas "A", "B", "Bcer", "C", "E" e "E25" que não apresentavam diferença significativa entre si. O segundo grupo era formado pelos sistemas "D", "D1" e "D2" que também não diferiram significativamente entre si.

Avaliando dois a dois os casos abaixo relacionados foi possível demonstrar através da análise de variância que (ver anexo):

- não houve diferença significativa entre as médias dos sistemas de recuperação "B" e "Bcer", ou seja, não foi expressiva a variação na capacidade de deformação quer esse sistema de recuperação tenha sido aplicado sobre o bloco de concreto celular autoclavado quer sobre o bloco cerâmico de vedação;
- não houve diferença significativa entre as médias dos sistemas de recuperação "D", "D1" e "D2", ou seja, a capacidade de deformação não variou significativamente com a variação da quantidade de véus de poliéster;

- não houve diferença significativa entre as médias dos sistemas de recuperação “E” e “E25”, ou seja, não houve variação expressiva da capacidade de deformação com o aumento do teor de resina acrílica de 14% para 25%.

Pelo gráfico da figura 6.1 pode-se notar a diferença entre as médias dos sistemas estudados.

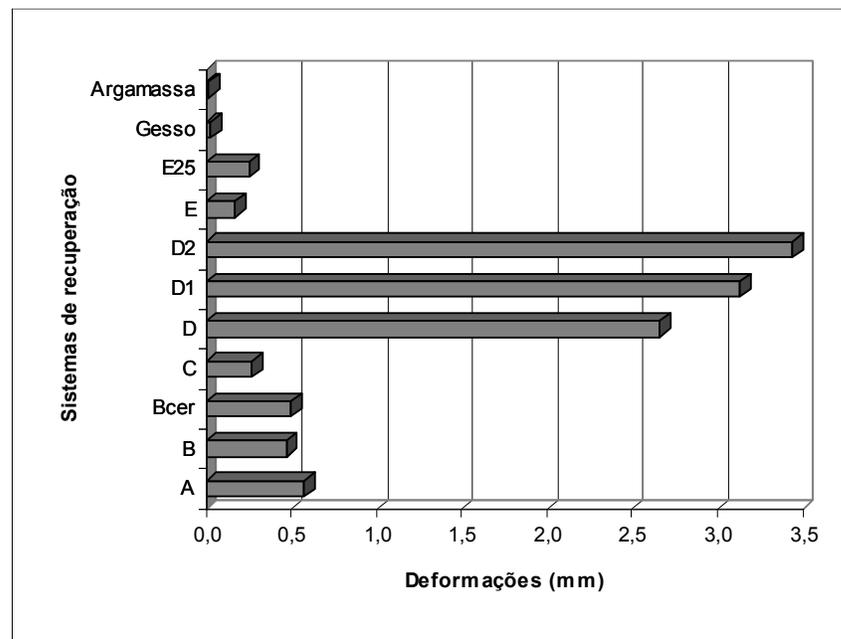


Figura 6.1 Resultados da capacidade de deformação provocada por tensões de tração

Pela figura 6.1 verifica-se que todos os sistemas de recuperação apresentaram uma capacidade de deformação muito maior que os revestimentos de gesso e o de argamassa, utilizados como referência.

O sistema de recuperação “D2”, o de maior capacidade de deformação, apresentou uma média aproximadamente dezenove vezes superior a do sistema “E”, o de menor capacidade.

As figuras 6.2 e 6.3 explicam a representação esquemática utilizada nas tabelas 6.4 e 6.5, as quais ilustram as diferenças observadas com relação às formas de ocorrência das fissuras. Quando não se fizer referência à ruptura do bloco, deve-se considerar que as fissuras estavam confinadas à recuperação.

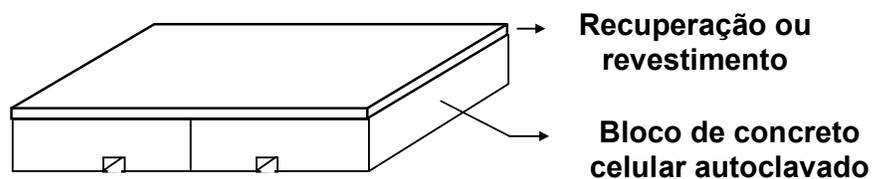


Figura 6.2 Representação esquemática do bloco de concreto celular autoclavado preparado para a avaliação da movimentação à tração

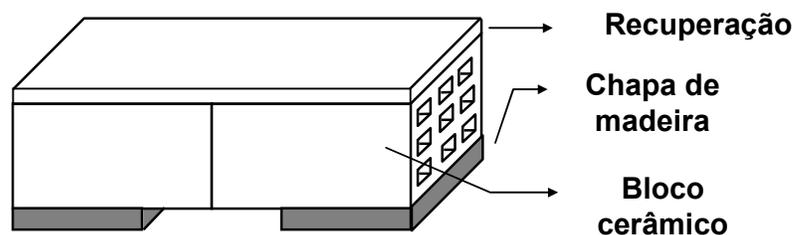
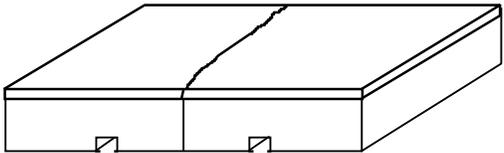
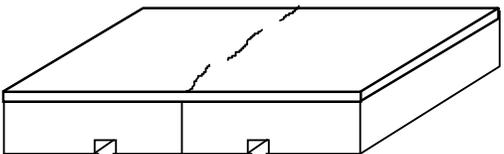
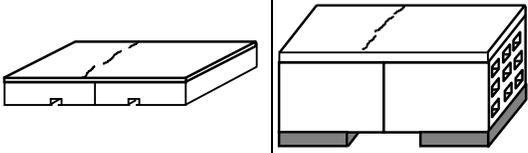
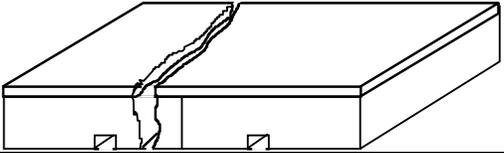
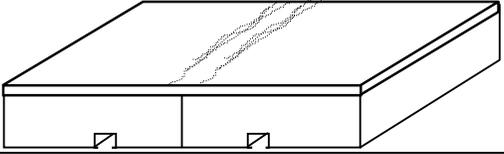
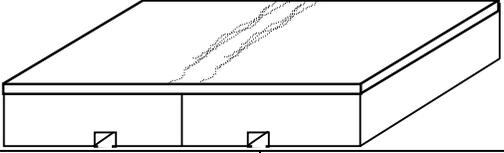
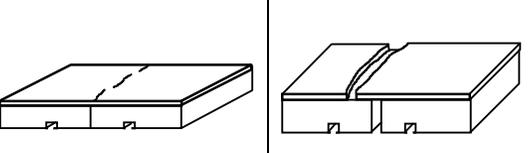
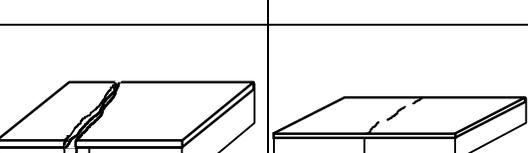


Figura 6.3 Representação esquemática do bloco cerâmico de vedação preparado para a avaliação da movimentação à tração

Para a movimentação provocada por tensões de cisalhamento não foi necessário realizar os cortes debaixo do bloco de concreto celular autoclavado nem colar chapas de madeira debaixo do bloco cerâmico.

Tabela 6.4 Formas de ocorrência das fissuras observadas na

movimentação à tração

Sistema de recuperação		Forma das fissuras	% do total		Comentários
Gesso e Argamassa			100		Ruptura brusca do revestimento
A e C			100		Fissura confinada à recuperação
B	Bcer		100	100	Fissuração em quaisquer das duas laterais da bandagem central
D			100		Ruptura em qualquer lado do bloco
D1			100		Fissuração concentrada nas laterais da fita adesiva
D2			100		Fissuração concentrada nas laterais da fita adesiva
E			17	83	1º caso: fissura confinada à recuperação; 2º caso: ruptura da recuperação no final da tela metálica
E25			25	75	1º caso: ruptura do bloco e da recuperação no final da tela metálica; 2º caso: fissura confinada à recuperação

As considerações realizadas adiante, a respeito das formas de ocorrência das fissuras, referem-se às observações efetuadas quando as fissuras apresentavam a abertura de 0,1 mm:

- Os revestimentos de gesso e de argamassa industrializada apresentaram ruptura brusca e com baixa deformação;
- Os sistemas “A” e “C” apresentaram fissuração na região da fissura preexistente;
- Os sistemas “B” e “Bcer” apresentaram fissuração nas laterais da região da bandagem central;
- No sistema “D” ocorreu a ruptura do bloco de concreto celular autoclavado e, em consequência, o rompimento da recuperação no final do véu de poliéster;
- O sistema “D1” apresentou fissuração nas laterais da fita adesiva. As fissuras mostravam-se de pequeno comprimento, espalhadas e em grande quantidade;
- O sistema “D2” apresentou fissuração nas laterais da fita adesiva. Ao se prolongar o ensaio, até a abertura das fissuras atingir 0,2 mm, observou-se a ruptura do bloco e, em consequência, o colapso total da recuperação no final do véu de poliéster;
- No sistema “E” ocorreu a ruptura brusca da recuperação no final da tela metálica, exceto no corpo de prova 3 que fissurou na região da fissura preexistente;
- O sistema E25 apresentou fissuração na região da fissura preexistente, exceto no corpo de prova 4, no qual ocorreu a ruptura do bloco no final da tela metálica.

6.3.2 Capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento

Os resultados obtidos para os sistemas de recuperação “D” e “E25”, mostrados na tabela 6.2, representam as deformações que ocorreram até o limite máximo de pressão da bomba hidráulica. Até aqueles valores ainda não tinha ocorrido nenhum tipo de fissura ou manifestação patológica, exceto para o corpo de prova 1 do sistema “D” que apresentou fissuração e para o corpo de prova 2 do sistema “E25” que apresentou fissuras inclinadas.

Para não levar em consideração apenas as deformações parciais, os sistemas de recuperação “D” e “E25” não foram utilizados na inferência estatística a seguir.

A análise de variância demonstrou que havia diferença significativa entre as médias dos sistemas avaliados: “A”, “B”, “Bcer”, “C”, “D1”, “D2” e “E”.

Assim como no caso das deformações provocadas por tensões de tração foi possível verificar pelo teste de *Duncan's Multiple Range*, aplicado sobre todas as médias, a existência de dois grupos que diferiram significativamente.

O primeiro grupo era formado pelos sistemas “A”, “B”, “Bcer”, “C” e “E” que não apresentaram diferença significativa entre si. Cabe ressaltar que o sistema “E25” possui capacidade de deformação superior àquela ilustrada na tabela 6.2, visto que por limitação da bomba hidráulica não foi possível verificar a

ocorrência de manifestação patológica, assim como para o sistema “D”. O segundo grupo era formado pelos sistemas “D1” e “D2”, os quais diferiram significativamente dos demais.

Avaliando dois a dois os casos abaixo relacionados foi possível demonstrar através da análise de variância que (ver anexo):

- não houve diferença significativa entre as médias dos sistemas de recuperação “B” e “Bcer”, ou seja, não foi expressiva a variação na capacidade de deformação quer esse sistema de recuperação tenha sido aplicado sobre o bloco de concreto celular autoclavado quer sobre o bloco cerâmico de vedação;
- não houve diferença significativa entre as médias dos sistemas de recuperação “D1” e “D2”, ou seja, a capacidade de deformação não variou significativamente com a variação da quantidade de véus de poliéster.

Pelo gráfico da figura 6.4 pode-se notar a diferença entre as médias dos diversos sistemas de recuperação.

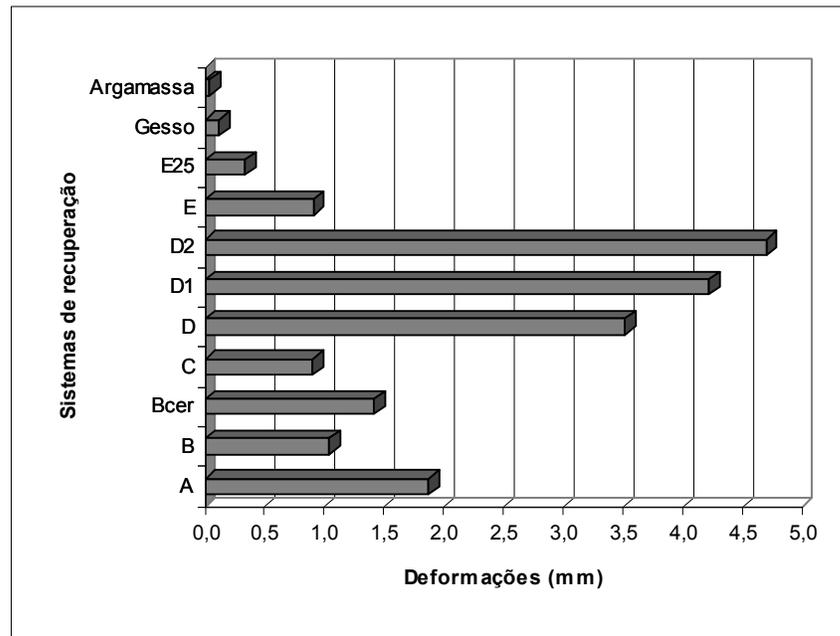
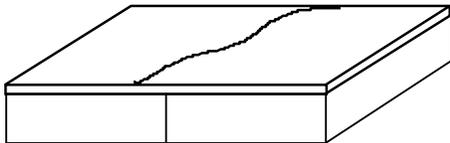
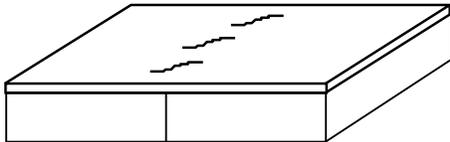
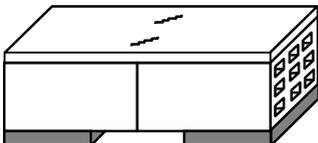
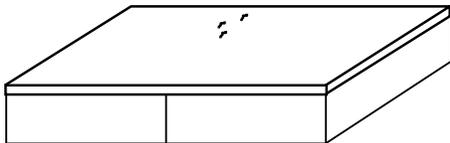
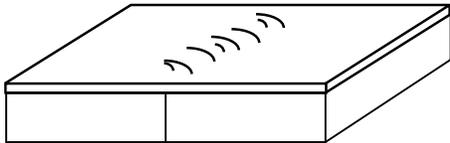
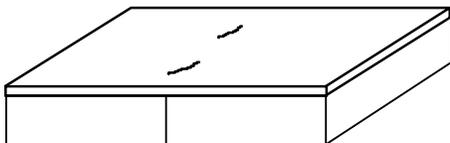


Figura 6.4 Resultados da capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento

Todos os sistemas de recuperação apresentaram uma capacidade de deformação muito maior que os revestimentos de gesso e o de argamassa, utilizados como referência. Dentre todos os sistemas o que apresentou a maior capacidade de deformação foi o “D2”.

A tabela 6.5 mostra a representação esquemática da fissuração observada nos sistemas de recuperação.

Tabela 6.5 Formas de ocorrência das fissuras observadas na movimentação ao cisalhamento

Sistema de recuperação	Forma das fissuras	% do total	Comentários
Gesso e Argamassa		100	Ruptura brusca do revestimento.
A, B, C e E		100	Fissuras inclinadas
Bcer		100	Fissuras inclinadas
D		17	Exceto o corpo de prova 1 que fissurou, todos os demais não apresentaram qualquer manifestação patológica.
D1 e D2		100	As manifestações patológicas observadas foram saliências e dobras na recuperação, as quais limitaram a leitura das deformações
E25		20	Exceto o corpo de prova 2 que apresentou fissuras inclinadas, todos os demais não apresentaram qualquer manifestação patológica.

A observação da forma de ocorrência da(s) fissura(s) permitiu a realização dos seguintes comentários:

- Os revestimentos de gesso e de argamassa apresentaram ruptura brusca e inclinada com baixa deformação;

- Os sistemas “A”, “B”, “Bcel”, “C” e “E” apresentaram fissuras inclinadas, próximas à região da fissura preexistente;
- No sistema “D”, os valores mostrados na tabela 6.2 representam as deformações que ocorreram até o limite máximo de pressão da bomba hidráulica. Até esses valores ainda não tinha ocorrido nenhum tipo de manifestação patológica. Exceto para o corpo de prova 1 que apresentou fissuração;
- Os sistemas “D1” e “D2” apresentaram como manifestação patológica saliências sobre as recuperações, as quais foram adotadas como limite para a leitura das deformações;
- No sistema “E25”, os valores mostrados na tabela 6.2 representam as deformações que ocorreram até o limite máximo de pressão da bomba hidráulica. Até a obtenção desses valores ainda não tinha ocorrido nenhum tipo de manifestação patológica. Exceto para o corpo de prova 2 que apresentou fissuras inclinadas.

Na seleção ou escolha do melhor sistema para a recuperação de fissuras na alvenaria de vedação é imprescindível levar em consideração todas as propriedades importantes, além da relação custo/benefício.

Apesar desse não ter sido o objetivo do trabalho, algumas considerações foram realizadas adiante sobre a escolha do sistema mais adequado. A discussão foi particularizada à capacidade de deformação dos sistemas estudados.

Tanto para a movimentação à tração quanto ao cisalhamento foi possível demonstrar, pela análise estatística, a existência de dois grupos que diferiram significativamente.

Do segundo grupo, cujos resultados foram os melhores, o sistema de recuperação “D2” apresentou a maior média e a menor dispersão dos resultados, portanto, é o sistema que apresenta o melhor desempenho quanto à capacidade de deformação.

Entretanto, dos produtos utilizados nos sistemas de recuperação pertencentes ao segundo grupo faz parte o acetato de polivinila (PVA) que, segundo PICCHI (1984), “é um polímero que apresenta resistência ao intemperismo média”. ALLEN et al. (1993) são mais enfáticos e aconselham “(...) não utilizar o PVA em reparos externos, pois há o perigo de falha do polímero sob condições úmidas e alcalinas”, tais como nas alvenarias de fachada.

Dessa forma, a utilização do sistema de recuperação de fissuras “D2”, assim como o “D” e o “D1”, está limitada às alvenarias de ambientes internos.

Uma solução alternativa seria a substituição da resina PVA pela acrílica, a qual apresenta melhor desempenho quando solicitada pelas condições de exposição mais severas das fachadas.

Do primeiro grupo, o sistema de recuperação “A” foi o que apresentou a maior capacidade de deformação. Além disso, o sistema “A” é constituído de resina

acrílica ao invés de PVA, o que o habilita para ser utilizado nas alvenarias de fachada.

7 CONCLUSÕES

7.1 Comentários finais

A solução dos inúmeros problemas de fissuração das alvenarias tem sido um desafio para o meio técnico envolvido com o assunto. Não raros, os casos de reincidência desse problema poderiam ter sido evitados, se os sistemas empregados na recuperação tivessem sido prévia e adequadamente avaliados.

Na revisão bibliográfica foram estudadas as fissuras que se manifestavam com grande ocorrência na argamassa de revestimento com origem na alvenaria. Esse estudo mostrou a necessidade premente de se tratar o problema da recuperação das fissuras com a visão de conjunto, enfocando desde os aspectos relacionados com o projeto, a execução e o controle até a avaliação de desempenho das suas propriedades.

Como existem muitas formas de manifestação das fissuras na alvenaria e cada situação difere da outra, não é possível recomendar métodos gerais de recuperação que sejam adequados a todos os casos encontrados na prática.

Em função disso, há a necessidade da elaboração de projetos de recuperação específicos para cada problema, os quais possibilitem ainda a implementação do controle e o incremento da qualidade na execução dos serviços de recuperação.

Também verificou-se, dentro do estudo da normalização, a ausência de normas para a avaliação do desempenho dos sistemas de recuperação, em particular, para a capacidade de deformação, propriedade essencial frente às fissuras ativas da alvenaria. Na bibliografia estrangeira também são poucas as referências sobre o assunto.

Essa situação incentivou o desenvolvimento de uma metodologia específica de ensaio que foi utilizada na parte experimental desta dissertação.

Dos resultados obtidos do programa experimental pôde-se concluir o seguinte:

- os sistemas de recuperação “D”, “D1” e “D2”, formados por uma mistura de massa PVA com resina PVA e véus de poliéster, apresentaram melhor desempenho quanto à capacidade de deformação do que os sistemas “A”, “B” e “C”, comercializados no mercado nacional e os sistemas “E” e “E25”, formados por argamassa polimérica e tela metálica;
- não houve diferença significativa de desempenho quanto à capacidade de deformação entre os sistemas de recuperação “D”, “D1” e “D2”, ou seja, o aumento em até 1,30 vezes a capacidade de deformação não foi expressivo, dentro da probabilidade de erro admitida na análise estatística;
- os valores da capacidade de deformação provocada pelas tensões de tração foram os mais críticos, ou seja, os sistemas de recuperação apresentaram melhor desempenho quando solicitados por tensões de cisalhamento do que por tensões de tração;

- o desempenho quanto à capacidade de deformação do sistema de recuperação “B” não variou significativamente, quer a base tenha sido o bloco de concreto celular autoclavado quer tenha sido o bloco cerâmico de vedação, ou seja, o aumento de 1,06 e de 1,36 vezes a capacidade de deformação provocada por tensões de tração e cisalhamento, respectivamente, não foi expressivo, dentro da probabilidade de erro admitida na análise estatística;
- o aumento do teor de resina acrílica não variou significativamente o desempenho quanto à capacidade de deformação do sistema de recuperação “E”, ou seja, o aumento do teor de resina acrílica de 14% para 25% fez aumentar 1,40 vezes a capacidade de deformação provocada por tensões de tração, o que, dentro da probabilidade de erro admitida na análise estatística, não foi expressivo.

Dessa forma, ficou claro que a padronização da metodologia de ensaio, através do equipamento desenvolvido e do método de ensaio, foi fundamental para a obtenção de resultados reprodutíveis e comparáveis, o que vem reforçar a necessidade de uma normalização nacional sobre a avaliação dos sistemas de recuperação.

7.2 Sugestão de temas para trabalhos futuros

Durante a realização deste trabalho surgiram outras questões relacionadas com a recuperação das fissuras nas alvenarias de vedação que o nível de

conhecimento sobre o assunto, até o momento, não permite responder, as quais são sugeridas como temas para trabalhos futuros:

- estruturação de diretrizes de projeto, execução e controle para a recuperação das fissuras da alvenaria de vedação;
- definição de critérios para a escolha do sistema de recuperação de fissuras mais adequado às situações correntes, entre as quais: revestimento em argamassa com espessura variável; revestimento em argamassa com espessura menor que a indicada para a recuperação; encontro entre paredes; encontro entre parede e estrutura de concreto armado;
- avaliação dos custos dos materiais e da mão-de-obra empregados na recuperação das fissuras da alvenaria de vedação;
- avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras submetidos à movimentação cíclica da base;
- avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras submetidos à choque térmico;
- avaliação da aderência do sistema de recuperação com a base e nas laterais;
- avaliação da durabilidade dos sistemas de recuperação de fissuras;
- verificação da influência dos diferentes tipos de tela metálica na capacidade de deformação dos sistemas de recuperação de fissuras, tais como: tela expandida, tela soldada, tela tecida de malha quadrada ou retangular, tela tecida de malha hexagonal;
- verificação da influência da largura das telas utilizadas como reforço dos sistemas de recuperação de fissuras;

- o uso de telas em camadas para revestimentos de grande espessura;
- a compatibilidade entre os sistemas de recuperação e a camada de acabamento;
- argamassas com adição de diferentes teores de polímeros para uso na recuperação das fissuras da alvenaria de vedação;
- argamassas com adição de fibras para uso na recuperação das fissuras da alvenaria de vedação;
- a influência da espessura da recuperação sobre a capacidade de deformação;
- proposição de sistema para a recuperação dos revestimentos em argamassa de fachadas.

A avaliação experimental da capacidade de deformação contribui não só para garantir que os sistemas empregados na recuperação das fissuras restitua às alvenarias as funções para as quais elas foram construídas, mas também, para garantir a qualidade da edificação e o seu valor ao longo do tempo.

Os prejuízos causados pelas fissuras freqüentemente extrapolam os danos que elas causam aos materiais e aos componentes do edifício, principalmente pelo desgaste que podem provocar aos construtores, empreendedores, compradores e usuários. A confiabilidade na recuperação das fissuras vai depender fundamentalmente da avaliação técnica dos sistemas utilizados, evitando, assim, novos focos de atrito com a reincidência do problema.

Finalmente, acredita-se que, com este trabalho, foi obtida uma metodologia específica para a avaliação da capacidade de deformação dos sistemas de

recuperação de fissuras, cumprindo o objetivo inicialmente proposto e, principalmente, contribuindo para a evolução dessa área do conhecimento.

ANEXO

Resultados da análise estatística¹⁶

¹⁶ Este anexo apresenta: a teoria utilizada na determinação do tamanho da amostra, os cálculos para a determinação do número mínimo de corpos de prova utilizados no estudo experimental e as análises de variância. A referência bibliográfica utilizada foi MONTGOMERY (1984).

1 Determinação do tamanho da amostra (n)

A escolha do tamanho da amostra está baseada em ábacos, chamados originalmente por *operating characteristic curves*, em cujas abscissas estão plotados valores para o parâmetro ϕ e nas ordenadas estão os valores do erro β correspondente ao valor de n considerado (MONTGOMERY, 1984). A fórmula utilizada foi:

$$\phi^2 = \frac{nD^2}{2a\sigma^2}$$

onde:

n: quantidade de corpos de prova

D: diferença entre quaisquer dois níveis, a partir da qual deve-se rejeitar a hipótese nula

a: níveis

σ^2 : erro residual

Esses ábacos são função ainda dos graus de liberdade v_1 (a - 1) e v_2 (a(n - 1)).

2 Determinação do número mínimo de corpos de prova para a movimentação à tração

Tem-se:

D = 2 mm (valor estimado a partir da diferença significativa entre a maior média do primeiro grupo de sistemas de recuperação e a menor do segundo grupo)

a = 9 níveis (9 sistemas de recuperação)

$\sigma^2 = 0,339 \text{ mm}^2$ (valor retirado da análise de variância)

Daí: $\phi^2 = 0,66n$

Para:

n = 4 $\rightarrow \phi = 1,62 \rightarrow v_1 = 8$ e $v_2 = 27 \therefore \beta = 12\%$ (valor retirado do ábaco)

n = 5 $\rightarrow \phi = 1,82 \rightarrow v_1 = 8$ e $v_2 = 36 \therefore \beta = 3\%$

n = 6 $\rightarrow \phi = 1,99 \rightarrow v_1 = 8$ e $v_2 = 45 \therefore \beta = 1,5\%$

Conclusão:

Portanto, considerando que nesses cálculos está sendo utilizado como estimativa do erro residual o correspondente a 6 corpos de prova, fica confirmado que com essa quantidade na análise de variância está se incorrendo num erro α de 5% e num erro β de 1,5%. Uma outra justificativa para se utilizar esse número de corpos de prova foi que em algumas situações percebeu-se que os coeficientes de variação eram grandes e com n = 6, teve-se uma melhor estimativa dos valores.

3 Determinação do número mínimo de corpos de prova para a movimentação ao cisalhamento

Tem-se:

$D = 2,4$ mm (valor estimado a partir da diferença significativa entre a maior média do primeiro grupo de sistemas de recuperação e a menor do segundo grupo)

$a = 7$ níveis (7 sistemas de recuperação, para não levar em consideração apenas as deformações parciais, os sistemas de recuperação “D” e “E25” não foram utilizados)

$\sigma^2 = 0,579$ mm² (valor retirado da análise de variância)

Daí: $\phi^2 = 0,71n$

Para:

$n = 4 \rightarrow \phi = 1,68 \rightarrow v_1 = 6$ e $v_2 = 21 \therefore \beta = 25\%$ (valor retirado do ábaco)

$n = 5 \rightarrow \phi = 1,88 \rightarrow v_1 = 6$ e $v_2 = 28 \therefore \beta = 8\%$

$n = 6 \rightarrow \phi = 2,06 \rightarrow v_1 = 6$ e $v_2 = 35 \therefore \beta = 3\%$

Conclusão:

Portanto, considerando que nesses cálculos está sendo utilizado como estimativa do erro residual o correspondente a 6 corpos de prova, fica confirmado que com essa quantidade na análise de variância está se incorrendo num erro α de 5% e num erro β de 3%.

4 Análise de variância considerando os nove sistemas de recuperação avaliados na movimentação à tração

Como $R > F_{crítica}$, significa dizer que há diferença significativa entre as médias dos sistemas dos avaliados.

5 Teste de Duncan's Multiple Range considerando os nove sistemas de recuperação avaliados na movimentação à tração

6 Teste de Duncan's Multiple Range considerando os sistemas de recuperação "D", "D1" e "D2" avaliados na movimentação à tração

7 Análise de variância considerando os sistemas de recuperação "B" e "Bcer" avaliados na movimentação à tração

Como $R < F_{crítica}$, significa dizer que não há diferença significativa entre as médias dos sistemas dos avaliados.

8 Análise de variância considerando os sistemas de recuperação “D”, “D1” e “D2” avaliados na movimentação à tração

Como $R < F_{crítica}$, significa dizer que não há diferença significativa entre as médias dos sistemas dos avaliados.

9 Análise de variância considerando os sistemas de recuperação “E” e “E25” avaliados na movimentação à tração

Como $R < F_{crítica}$, significa dizer que não há diferença significativa entre as médias dos sistemas dos avaliados.

10 Análise de variância considerando os 7 sistemas de recuperação avaliados na movimentação ao cisalhamento

Como $R > F_{crítica}$, significa dizer que há diferença significativa entre as médias dos sistemas dos avaliados.

11 Teste de Duncan's Multiple Range considerando os 7 sistemas de recuperação avaliados na movimentação ao cisalhamento

12 Análise de variância considerando os sistemas de recuperação “B” e “Bcer” avaliados na movimentação ao cisalhamento

Como $R < F_{crítica}$, significa dizer que não há diferença significativa entre as médias dos sistemas dos avaliados.

13 Análise de variância considerando os sistemas de recuperação “D1” e “D2” avaliados na movimentação ao cisalhamento

Como $R < F_{\text{crítica}}$, significa dizer que não há diferença significativa entre as médias dos sistemas dos avaliados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.T.L.; EDWARDS, S.C.; SHAW, J.D.N. **The repair of concrete structures**. London, Blackie, 1993.
- ALVENARIAS. **Construção São Paulo**, p.14-23, 1988. Suplemento.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Building code requirements for structural concrete** - ACI 318-95. Detroit, Farmington Hills, 1995.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for crack bridging ability of liquid-applied waterproofing membrane** - C 1305-95. Philadelphia, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de obras de concreto armado** - NBR 6118. Rio de Janeiro, 1978.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Manutenção de edificações** - NBR 5674. Rio de Janeiro, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de argamassa armada** - NBR 11173. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Revestimentos de paredes e tetos em argamassas inorgânicas: terminologia** - NBR 13529. Rio de Janeiro, 1995.
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. **Peintures. Revêtements plastiques épais. Spécifications** - NF T 30-700. Paris, 1983.
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. (a) **Peintures et vernis. Façades. Revêtement à base de polymères utilisés en refécution des façades en service. Définitions et vocabulaires** - P 84-401. Paris, 1989.
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. (b) **Peintures et vernis. Façades. Revêtement à base de polymères utilisés en refécution des façades en service. Méthodes d'essais** - P 84-402. Paris, 1989.
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. (c) **Peintures et vernis. Façades. Revêtement à base de polymères utilisés en refécution des façades en service. Caractéristiques et performances** - P 84-403. Paris, 1989.
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. (a) **Réfection des façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères. Part 1. Cahier des clauses techniques** - NF P 84-404-1. Paris, 1993.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. (b) **Réfection des façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères. Part 2. Cahier des clauses spéciales - NF P 84-404-2.** Paris, 1993.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. (c) **Réfection des façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères. Part 3. Guide d'emploi - NF P 84-404-3.** Paris, 1993.

BARROS, M.M.S.B. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais.** São Paulo, 1991. 316p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BASSO, A.; LANDI, F.R. **Patologia por ação térmica em coberturas de edifícios habitacionais.** São Paulo, EPUSP, 1992. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT /PCC/79)

BAUER, E. **Resistência à penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos:** uma análise de desempenho. Porto Alegre, 1987. 168p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BAUER, L.A.F.; BAUER R.J.F. **Estruturas de concreto: patologia.** São Paulo, 1986. (Boletim Bauer, n.2)

BAUER, R.J.F. **Bandagem para selagem de trincas.** São Paulo, Centro Tecnológico de Controle da Qualidade L.A. Falcão Bauer, 1985. (Certificado E/10422/85)

BAUER, R.J.F. Trincas. **Téchne**, v.1, n.5, p.6, jul./ago. 1993.

BAUER, R.J.F. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., Salvador, 1997. **Anais.** Salvador, CETA/ANTAC, 1997. p.321-33.

BEALL, C. **Masonry design and detailing for architects, engineers and builders.** Austin, McGraw-Hill, 1987.

BONIN, L.C. Manutenção de edifícios: uma revisão conceitual. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., Porto Alegre, 1988. **Anais.** Porto Alegre, UFRGS - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, 1988. p.1-31.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Cleaning and surface repair of buildings. Part 1. Natural stone, cast stone and clay and calcium silicate brick masonry - BS 6270.** Londres, 1982.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Structural use of concrete. Part 2. Code of practice for special circumstances - BS 8110.** Londres, 1985.

- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Code of practice for external renderings** - BS 5262. Londres, 1991.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Design of concrete structures. Part 1. General rules and rules for buildings** - DD ENV 1992-1-1. Londres, 1992.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Glossary of terms used in terotechnology** - BS 3811. Londres, 1993.
- BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **Housing defects reference manual**. Londres, E. & F. N. Spon, 1994.
- BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT DIGEST. Failure patterns and implications. Garston, n.176, Apr. 1975.
- BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT DIGEST. Repairing brickwork. Garston, n.200, Apr. 1977.
- BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT DIGEST. Assessment of damage in low-rise buildings - with particular reference to progressive foundation movement. Garston, n.251, Jul. 1981
- BUILDING RESEARCH STATION DIGEST. Cracking in buildings. Garston, n.75, Oct. 1966.
- BULLETIN D'INFORMATION DU COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. **Fissuration et deformations**. Paris, n.143, dec. 1981.
- CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **Design of concrete structures** - CSA A.23.3-94. Ontario, 1994.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT. **Traité de physique du bâtiment**. Paris, CSTB, 1995.
- CHAMOSA, J.A.V.; ORTIZ, J.L.R. Patología de la construcción en España: aproximación estadística. **Informes de la construcción**, v.36, n.364, p.5-15, oct. 1984.
- CIB WORKING COMMISSION W86 - BUILDING PATHOLOGY. **Building pathology a state-of-the-art-report**. Delft, 1993.
- CINCOTTO, M.A. Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações. **Tecnologia de Edificações**, n.1, p.7-12, ago. 1984.
- COSTA, A.C. A linguagem das trincas. **Téchne**, v.1, n.3, p.14-6, mar./abr. 1993.

- COSTA, M.R.M.M. **Método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavado.** São Paulo, 1995. 234p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- COUTINHO, R.Q. Mecânica dos solos 2A. Recife, 1993. /Notas de aula da disciplina de graduação CI-329 - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco. Não impresso/
- CUNHA, A.J.P.; LIMA, N.A.; SOUZA, V.C.M. **Acidentes estruturais na construção civil.** São Paulo, PINI, 1996.
- DAL MOLIN, D.C.C. **Fissuras em estruturas de concreto armado:** análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988. 220p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DIRECTIVES UEAtc pour l'agrément des enduits de parement plastiques. **Cahier du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment**, v.174, n.1403, nov. 1976.
- DIRECTIVES UEAtc pour l'agrément des systèmes d'isolation extérieure des façades avec enduit mince sur isolant. **Cahier du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment**, v.200, n.1579, juin 1979.
- DUARTE, R.B. Correção de fissuras em alvenarias. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., Porto Alegre, 1988. **Anais.** Porto Alegre, UFRGS - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, 1988. p.87-98.
- EICHLER, F. **Patologia de la construcción - detalles constructivos.** Trad. de Adrián Margarit, Jose Fabregat. Barcelona, Editorial Labor, 1973.
- ELDRIDGE, H.J. **Common defects in buildings.** London, Crown, 1982.
- ENTRETIEN et réhabilitation progressent en Europe. **CSTB Magazine**, n.91, p.4-6, jan./fév. 1996.
- EVARD, C.; CHAIZE, A. Contribution à l'étude du comportement des revêtements d'étanchéité sous l'effet des mouvements différentiels du support. **Cahier du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment**, v.133, n.1138, oct. 1972.
- FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário da língua portuguesa.** Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1986.
- FIORITO, J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos:** estudos e procedimentos de execução. São Paulo, PINI, 1994.

FONSECA, J.S.; MARTINS, G.A. **Curso de estatística**. São Paulo, Atlas, 1989.

FOUNDATIONS for low-rise buildings. **BRE News**, n.47, p.10-1, 1979.

FRANCO, L.S. **Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada, quando submetido a esforços de compressão**. São Paulo, 1987. 136p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FRANCO, L.S.; ALY, V.L.C. (a) **Pesquisa experimental para formulação de uma metodologia de análise de problemas patológicos em alvenaria de vedação**: primeiro relatório. São Paulo, EPUSP-PCC, 1989. (Relatório CPqDCC n.20015 - EP/ENCOL-4)

FRANCO, L.S.; ALY, V.L.C. (b) **Pesquisa experimental para formulação de uma metodologia de análise de problemas patológicos em alvenaria de vedação**: segundo relatório. São Paulo, EPUSP-PCC, 1989. (Relatório CPqDCC n.20016 - EP/ENCOL-4)

FRANCO, L.S.; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1993. (Documento sobre a análise do sistema construtivo SICAL (MSPET) - EP/SICAL-1)

FRANCO, L.S.; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1994. (Relatório CPqDCC n. 20081 - EP/SICAL-1)

GRIMM, C.T. Masonry cracks: a review of the literature. In: SIMPOSIUM ON MASONRY: MATERIALS, DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE, New Orleans, 1986. Philadelphia, ASTM, 1988. p.257-80. (ASTM STP, 992)

HANAI, J.B. **Construções de argamassa armada**: fundamentos tecnológicos para projeto e execução. São Paulo, PINI, 1992.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, SÃO PAULO. **Parede de vedação em blocos cerâmicos**: manual de execução. São Paulo, IPT/SINDUSCON-SP, 1988.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Bases for the design of structures - deformations for buildings at the serviceability limit states** - ISO 4356. London, 1977.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Performance standards in building - principles for their preparation and factors to be considered** - ISO 6241. London, 1984.

- IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. **Tecnologia de Edificações**, n.2, p.109-12, ago. 1985.
- LEE, R. **Building maintenance management**. Londres, BSP Professional Books, 1988.
- LICHTENSTEIN, N.B. **Patologia das construções**: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição da conduta adequada à recuperação de edificações. São Paulo, 1985. 191p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- LOGEAIS, L. **L'étanchéité a l'eau des façades lourdes. Deuxième partie**. Paris, E.G., 1989. (Qualité Construction)
- MACIEL, L.L. **O projeto e a tecnologia construtiva na produção dos revestimentos de argamassa de fachada**. São Paulo, 1997. 372p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MASSON, A. **Fissuration**. Paris, CATED, 1994.
- MEDEIROS, J.S. **Alvenaria estrutural não-armada de blocos de concreto**: produção de componentes e parâmetros de projeto. São Paulo, 1993. 449p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MEDEIROS, J.S.; SABBATINI, F.H. Estudos sobre a técnica executiva de revestimentos de argamassa sobre paredes de alvenaria. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., Florianópolis, 1994. **Proceedings**. Florianópolis, UFSC/University of Edinburgh/ANTAC, 1994. p.594-607.
- MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments**. Georgia, John Wiley, 1984.
- MORAES, M.B. **Estudo das trincas em paredes de alvenaria auto-portante de tijolos e blocos de solo-cimento**. São Paulo, 1982. 82p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE. Deformations admissibles dans le bâtiment. Bruxelles, n.132, 1980.
- NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE. Fondations de maisons: a guide pratique pour la conception et l'exécution des fondations de constructions petites et moyennes. Bruxelles, n.147, 1983.
- NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE. L'isolation thermique des façades. Bruxelles, n.178, 1989.

- OVERSEAS BUILDING NOTE. Maintenance of low-cost buildings. Garston, n.200, Dec. 1993.
- PEREZ, A.R. Manutenção dos edifícios. **Tecnologia de Edificações**, n.2, p.83-86, ago. 1985.
- PEREZ, A.R. **Umidade nas edificações**. São Paulo, 1986. 271p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- PFEFFERMANN, O. Les fissures dans les constructions conséquence de phénomènes physiques naturels. **Annales de L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics**, v.21, n.250, p.1453-82, oct. 1968.
- PFEFFERMANN, O.; PATIGNY, J.J. Fissuration des cloisons en maçonnerie due a une deformation excessive du support. **CSTC Revue**, n.4, p.11-25, dec. 1975.
- PICCHI, F.A. **Impermeabilização de coberturas de concreto: materiais, sistemas, normalização**. São Paulo, 1984. 372p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- POLISSENI, A.E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimento de parede: método do cachimbo**. Porto Alegre, 1986. 140p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- REYGAERTS, J.; GASPER, M.; DUTORDOIR, C. 1200 Problemes - erreurs de conception, défauts de construction, dégats. **CSTC Revue**, n.3, p.2-6, sept. 1976.
- REYGAERTS, J. et al. Comment éviter les dégats. **CSTC Revue**, n.3, p.3-10, sept. 1978.
- SABBATINI, F.H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. São Paulo, 1984. 298p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo, 1989. 321p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SABBATINI, F.H. Tecnologia de produção de revestimento. São Paulo, 1995. /Notas de aula da disciplina de pós-graduação PCC-816 - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Não impresso/
- SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.S.B. **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo, EPUSP-PCC, 1990. (Relatório CPqDCC n.20050 - EP/ENCOL-6)

- SABBATINI, F.H. et al. (a) **Recomendações para execução de revestimentos de argamassas para paredes de vedação e tetos.** São Paulo, EPUSP-PCC, 1988. (Relatório CPqDCC n.20012 - EP/ENCOL-1)
- SABBATINI, F.H. et al. (b) **Recomendações para construção de paredes de vedação em alvenaria.** São Paulo, EPUSP-PCC, 1988. (Relatório CPqDCC n.20013 - EP/ENCOL-1)
- SABBATINI, F.H. et al. **Conceitos básicos sobre a execução de revestimentos argamassados.** São Paulo, 1995. Xerocopiado/
- SAHLIN, S. **Structural masonry.** Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1971.
- SELMO, S.M.S. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios.** São Paulo, 1989. 187p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SOMERS, H.; DE KESEL, J.P. Fissurations dans de parois interieures non portantes. **CSTC Revue**, n.3, p.29-32, sept. 1981.
- SOUZA, R.A. **A contribuição do conceito de desempenho para a avaliação do edifício e suas partes:** aplicação às janelas de uso habitacional. São Paulo, 1983. 181p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- STORMS, M. Fissuration de maçonneries due a un monque de foundations dans un sol argileux, au voisinage d'arbres et a un été exceptionnellement sec. **CSTC Revue**, n.1, p.49-52, mars, 1977.
- THOMAZ, E. (a) **Fissuração:** casos reais. São Paulo, 1987. /Apresentado em curso no Instituto de Engenharia de São Paulo. Xerocopiado/
- THOMAZ, E. (b) Alvenarias para pequenas construções: alguns dados para projeto e execução. **Tecnologia de Edificações**, n.4, p.77-86, set. 1987.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios.** São Paulo, IPT/EPUSP/PINI, 1989.
- THOMAZ, E. Patologia. In: TAUIL, C.A. **Manual técnico de alvenaria.** São Paulo, ABCI/PROJETO, 1990. p.97-117.
- TOKAZI, A. et al. **Manual técnico de manutenção e recuperação.** São Paulo, FDE, 1990.
- VERÇOZA, E.J. **Patologia das edificações.** Porto Alegre, SAGRA, 1991.