

RAFAEL CAMPOS DE ALENCAR ARAÚJO

PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM PRÉDIOS-CAIXÃO NA RMR

RECIFE

2015

RAFAEL CAMPOS DE ALENCAR ARAÚJO

PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM PRÉDIOS-CAIXÃO NA RMR

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia da
Universidade Federal de Pernambuco
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Sérgio Dias

RECIFE

2015

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

A663p Araújo, Rafael Campos de Alencar.
Principais Patologias em Prédios-caixão na RMR / Rafael Campos de
Alencar Araújo. – Recife: O Autor, 2015.
49f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Dias.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Civil, 2015.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Alvenaria resistente. 3. Patologia. 4. Prédio-
caixão. I. Dias, Sérgio (Orientador). II. Título.

624 CDD (22.ed) UFPE/BCTG-2016/ 25

AGRADECIMENTOS

Sou grato ao meu Deus pela oportunidade que me concede da realização deste curso, Sua misericórdia, graça, direção, presença; “pois Ele mesmo é quem dá a todos a vida, a respiração e todas as coisas (...) porque nele vivemos, e nos movemos, e existimos...”.

Agradeço também à minha família pelo apoio, incentivo, cuidado; aos meus pais Marcylio e Márcia, avós, meu irmão Neto, meus parentes de forma geral.

Aos irmãos e amigos pelo apoio, ajuda em questões normativas, questões de tradução, incentivo, etc.

Ao Prof^o Sérgio Dias, por ter aceito a abordagem do tema que se tornou um desafio, orientações, etc.

A todos que de maneira direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta etapa em minha vida. Muito obrigado.

RESUMO

Diante da preocupação de identificação/correção de problemas (mau desempenho) ou ainda “doenças” das edificações, o estudo das patologias há crescido muito. O estudo patológico em edifícios é de grande valor, pois permite ao profissional o *feed-back* da edificação sob condições ambientais não previstas, analisar comportamento dos materiais e da estrutura não pretendidos pelo conceitor do projeto, sua influência na durabilidade, qualidade, etc. E em se tratando das alvenarias dos prédios-caixão, ditas resistentes, a preocupação cresce visto que as tais deixam a finalidade precípua de vedação (uso comum, tradicional) e encarregam-se de constituir o arcabouço estrutural do edifício, com maior difusão de competência de que em sistemas aperticados, delegando assim à alvenaria a responsabilidade de função estrutural. Este trabalho se propõe a expor causas de manifestações patológicas nos prédios em apreço, além de elucidar conceitos pertinentes às patologias e às edificações supracitadas.

Palavras-chave: Alvenaria resistente; patologia; prédio-caixão

ABSTRACT

Given the concern identification / correction of problems (poor performance) or "diseases" of the buildings, the study of pathologies's grown a lot. The pathological study in buildings is of great value because it allows professional feed-back of the building under environmental conditions not provided, analyze the behavior of materials and structure not intended by the project designer, his influence on durability, quality, etc. And in the case of masonry buildings-coffin, said resistant, seen growing concern that such leave the main purpose of sealing (common use, traditional) and charge to form the structural framework of the building, with greater diffusion of competence that in reticulated systems, thereby delegating responsibility to masonry structural function. This paper aims to expose the causes of pathological manifestations in the buildings in question, besides elucidating the pathologies and relevant concepts to the aforementioned buildings.

Keywords: Resistant Masonry; pathology; buildings "caixão"

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1.1 – Bloco vazado de concreto

Figura 1.2 – Blocos cerâmicos de vedação assentados na horizontal e vertical

Figura 1.3 – Blocos cerâmicos portantes de parede maciça e perfurado

Figura 1.4 – Esquema tipo de prédio-caixão

Figura 2.1 – Perfil obtido de Bloco de Conjunto Residencial

Figura 2.2 – Amostra de cerâmica retirada de embasamento

Figura 2.3 – Esquema de fatores contribuintes na determinação do transporte de espécies agressivas em material poroso

Figura 2.4 – Embasamento em blocos de concreto alagado por águas servidas

Figura 2.5 – Comparativo de degradação de blocos localizados na região de variação do nível d'água (águas servidas) e região seca

Figura 2.6 – Variação de cota do nível d'água em relação ao nível do terreno (estudo de caso)

Figura 2.7 – Presença de umidade na alvenaria por ascensão capilar, manifestação de eflorescências e subflorescências

Figura 3.1 – Intervenção por trechos na alvenaria de embasamento

Figura 3.2 – Tratamento de tijolos maciços para durabilidade dos embasamentos por cristalização direta

Figura 3.3 – Modelos para reforço dos embasamentos em alvenaria dobrada

Figura 3.4 – Traço e consumo de cimento x serviço de revestimento

Figura 3.5 – Esquema de construção de pilaretes idealizados no ITEP

Figura 3.6 – Comportamento compressivo dos pilaretes sem reforço

Figura 3.7 – Comportamento compressivo dos pilaretes com reforço de cantoneiras de aço

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Laudos de “prédios-caixão” em cinco municípios da RMR

Tabela 2.2 – Principais causas apontadas em laudos para desabamentos e interdições em cinco municípios da RMR

Tabela 2.3 – Análise de parâmetros de amostras de água (estudo de caso)

Tabela 3.1 - Resultados de ensaios – cargas médias de ruptura dos embasamentos

Tabela 3.2 – Valores de Φ em função da quantidade de blocos

SUMÁRIO

MATERIAIS E MÉTODOS	1
INTRODUÇÃO.....	2
1. Conceitos, definições, distinção/caracterização.....	3
1.1. Da Alvenaria.....	3
1.2. Dos Componentes.....	5
1.3. Do Projeto.....	9
1.4. Caracterização de Prédios-Caixaõ.....	10
2. Principais patologias.....	15
2.1. Das falhas ou insuficiência de projeto (Caixaõ vazio, embasamento externo singelo)	19
2.2. Da baixa qualidade dos materiais (Baixa resistência do bloco de embasamento, alta porosidade)	21
2.3. Causas ambientais (EPU, Ataque de sulfatos)	25
3. Recuperação/cuidados.....	31
CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho busca, lançando mão da literatura existente avaliar diversas patologias presentes nos prédios-caixão. Seja por mau uso, falta de manutenção, falha de projeto ou outra qualquer; estes se têm mostrado verdadeiros laboratórios.

Procura-se partindo do estudo do material componente das alvenarias, comportamento, propriedades, inserção na tipologia construtiva, etc., passar a avaliar as principais patologias, causa/origem, avaliando também possíveis intervenções.

INTRODUÇÃO

Segundo Silva e Furtado (2012) estima-se haver 5.000 prédios do tipo caixão na região metropolitana do Recife (RMR), abrigando um número próximo a 250.000 pessoas, dentre os quais cerca de 2.300 encontram-se na cidade do Recife. Não apenas a quantidade de pessoas apresenta interesse social, mas também o já existirem ocorrências de desabamento e/ou interdição de construções, inclusive, casos de ruína de obra ainda por findar, além de desabamentos com saldo de óbitos e feridos; a ruptura frágil (brusca) – característica dos materiais cerâmicos - é segundo Callister (2002) a principal desvantagem dos materiais cerâmicos.

O problema tem tomado monta técnica e até mesmo legal; é de bom alvitre, a busca por aprimoramento no conhecimento de manifestações patológicas, no intuito de que conhecidas as questões, ponderem-se as soluções, façam-se avaliações e o *back-ground* da Engenharia Civil seja incrementado rumo à otimização.

1 – Conceitos, definições, distinção/caracterização

1.1 Da alvenaria

Chamamos de alvenaria *o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso.* (Tauil e Nese, 2010)

Tal conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes. (Tauil e Nese, 2010)

Em se tratando de prédios construídos do tipo *caixão* vê-se de maneira generalizada uma confusão de conceitos entre a alvenaria relativa a este tipo de construção (alvenaria resistente) e a alvenaria dita estrutural, seja por parte de empresas, órgãos públicos e população como um todo. Veremos, portanto, algumas definições relativas aos sistemas construtivos supramencionados.

Quando se fala em alvenarias de vedação e alvenaria estrutural, a diferença entre ambas, como diz Coêlho (1998) está no método de transferência das cargas.

O sistema de transferência das cargas nas estruturas convencionais, estruturas reticuladas, poderiam ser vistas de maneira idealizada da seguinte forma, as cargas são aplicadas às lajes (das alvenarias de vedação, inclusive) e transferidas às vigas juntamente com o peso próprio daquelas (lajes), as vigas por sua vez transmitirão a carga recebida aos pilares (ou vigas a que estejam ligadas), estes finalmente conduzirão o carregamento às fundações, as quais repassarão ao terreno uma tensão que lhe deve ser menor que a admissível (evitando a ruptura), além disso, deve ser tal que não produza deformações incompatíveis com a obra. Percebe-se, neste caso, que a carga total aplicada ao solo, o é de maneira concentrada em geral.

Observando a alvenaria estrutural temos que as cargas aplicadas às lajes acrescidas de peso próprio são transmitidas às alvenarias, as quais tem a função de

constituir o arcabouço da estrutura, ou seja, são as alvenarias incumbidas de transmitir as cargas provenientes das lajes para infraestrutura (fundação) a qual, por sua vez repassará ao terreno, porém de maneira distribuída (isto é, não pontual), a tensão oriunda das cargas da edificação, haja vista ser servido tal sistema estrutural de fundações do tipo corrida, propiciando uma distribuição de tensões no solo ao longo das mesmas, conforme a mecânica dos solos. A tensão, igualmente às estruturas usuais, deve seguir os critérios já ditos. Segundo Coêlho (1998), as paredes, neste sistema construtivo, são responsáveis pela sustentação de praticamente 80% de todo o peso da edificação.

Assim sendo, teremos dois grandes grupos de alvenarias, as estruturais (ou portantes) e as não estruturais (ou de vedação, ou ainda não portantes).

Nas palavras da NBR 8789 (ABNT, 1985), parede não portante é toda aquela que não admitida no projeto como suporte de outras cargas além do seu peso próprio. As alvenarias de vedação serão, portanto, as destinadas a estabelecer fechamento, divisória, definição de espaço, etc., não tendo função precípua de sustentação, senão de cargas acidentais (de ocupação) e peso próprio, podendo ser compostas por blocos ou tijolos (maciços).

Parede portante, por outro lado, é toda parede admitida no projeto como suporte de outras cargas, além do peso próprio. (NBR 8789/85)

No grupo das estruturais citamos Tauil e Nese (2010), dos tipos de alvenaria:

- a. **Alvenaria não armada** – tipo de alvenaria que não recebe graute, mas os reforços de aço (barras, fios e telas) apenas por razões construtivas – vergas de portas, vergas e contravergas de janelas e outros reforços construtivos para aberturas – e para evitar patologias futuras: trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura, movimentação por efeitos térmicos, de vento e concentração de tensões.
- b. **Alvenaria armada ou parcialmente armada** – tipo de alvenaria que recebe reforços em algumas regiões, devido a exigências estruturais. São utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos e posteriormente grauteados, além do preenchimento de todas as juntas verticais.

c. **Alvenaria protendida** – tipo de alvenaria reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria a esforços de compressão. Esse tipo de alvenaria é pouco utilizado, pois os materiais, dispositivos e mão de obra para a protensão têm custo relativo ao padrão muito alto.

Grosso modo, podemos dizer que as alvenarias resistentes são alvenarias de vedação (isto é, composta de blocos de vedação) submetidas ao exercício de função de alvenaria estrutural para a qual não estão habilitadas (desde os elementos que lhe compõem), porém largamente utilizadas na época da construção dos edifícios tipo caixa.

Sendo assim, donde provém a confusão das mesmas? Tal pergunta tem respostas diversas; porém, uma semelhança fundamental (além do formato) entre os prédios de alvenaria resistente e os prédios de alvenaria estrutural é que ambos são passíveis de sofrer ruptura brusca (elastofrágil), caso construídos sem armações e dispositivos de controle de deformações. (Gonçalves et al., 2012). A ruptura explosiva (catastrófica), com uma absorção muito pequena de energia é considerada a principal desvantagem dos materiais cerâmicos (Callister, 2002) tal qual dos materiais ditos pétreos em geral.

Segundo Gonçalves et al. (2012), por sua vez, a diferença fundamental entre o uso da alvenaria resistente, como estrutura para suporte e a estrutural, é que este último é de dimensionamento e construção com uso de elementos de suporte especificados para atender não apenas às cargas calculadas, mas também visando a durabilidade da edificação e um elevado coeficiente de segurança, além da preocupação com o problema de colapso brusco, lançando mão de elementos estruturais para proporcionar à edificação uma maior ductilidade. Já a alvenaria resistente, embora tenha algo de científico no dimensionamento, o mesmo é bastante simplificado e aquela (alvenaria), de blocos de vedação, com encargo estrutural.

1.2 Dos componentes

Os componentes passíveis de serem utilizados na alvenaria são de diversos tipos, de concreto, sílico-calcários, cerâmicos (maciços ou vazados), etc., cuja delimitação feita por Coêlho (1998), citamos:

1.2.1 Blocos de concreto

Pela norma (NBR 7173/82), blocos são elementos de alvenaria cuja seção transversal média útil seja inferior a 75% da seção transversal bruta. Quanto ao material (no caso, de concreto), são obtidos pela mistura e cura de cimento Portland, agregados (areia e brita) e água. Sendo permitido o uso de aditivos desde que não acarretem efeitos prejudiciais.

Os blocos de concreto simples poderão ser:

- Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural;
- Blocos vazados de concreto simples para alvenaria com função estrutural.

A resistência à compressão mínima para blocos de concreto simples destinados a alvenaria sem função estrutural pela NBR 7173 (ABNT, 1982) deve ser, em média 2.5 MPa e não menos que 2.0 MPa quando individualmente. Além de prescrições de resistência à compressão, as normas também estabelecem as dimensões, tolerâncias, etc.

Tangente aos blocos com função de suporte da estrutura, a NBR 6136 (ABNT, 1994) divide os blocos vazados de concreto simples em classes; a classe "AE" refere-se aos blocos de uso geral, como em paredes externas acima ou abaixo do nível do solo, que podem estar expostas à umidade ou intempéries, não recebendo revestimento de argamassa de cimento, tais blocos deverão apresentar resistência característica à compressão mínima (fbk) de 6.0 MPa (Classe de resistência 6), enquanto os blocos da classe "BE" são de uso para acima do nível do solo, em paredes externas com revestimento de argamassa de cimento, para proteção contra as intempéries e em paredes não expostas às intempéries (caso de paredes internas) a essa classe de blocos é permitida a classe de resistência 4.5, isto é, que possuam os blocos resistência característica à compressão (fbk) de 4.5 MPa. Abaixo reproduzimos imagem de exemplar de bloco vazado de concreto.

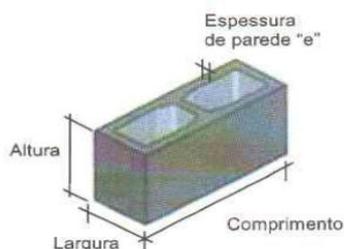


Figura 1.1 - Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2007)

1.2.2 Componentes cerâmicos

Quando mencionados tijolos maciços, a referência é feita a tijolos que possuem todas as faces plenas de material, podendo apresentar rebaixos de fabricação em uma das faces de maior área, consoante a NBR 7170 (ABNT, 1983).

O bloco, por outro lado, figura como o componente de alvenaria dotado de furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que lhes são continentes. (NBR 7170-83). Os blocos cerâmicos, cuja produção será alvo de nota mais acurada em capítulo seguinte, podem ser descritos inicialmente como blocos produzidos a partir da argila, moldados, utilizando máquinas extrusoras, submetidos à secagem e a queima em temperaturas bastante elevadas (da ordem de 800° C).

Também apresentam especificações normativas quanto a dimensões e tolerâncias de desvio das mesmas, sendo a norma dividida em partes, quais sejam NBR 15270-1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos, NBR 15270-2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos, além duma terceira parte relativa a métodos de ensaio dos blocos componentes de ambos os tipos (de vedação e estrutural).

Pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005) devem os blocos cerâmicos de vedação apresentar resistência à compressão (f_b) de, no mínimo, 1.5 MPa quando assentados com furos na horizontal e, pelo menos, 3.0 MPa quando com furos na vertical. Sendo a resistência à compressão calculada na área bruta. Abaixo reproduzimos da norma exemplos de blocos cerâmicos de vedação a serem assentados com furos na horizontal (esquerda) e na vertical (direita).

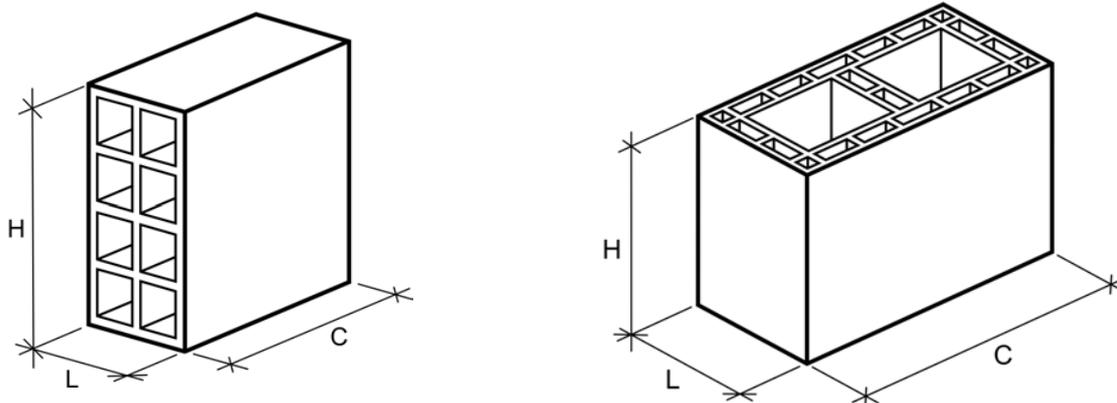


Figura 1.2 - Fonte: NBR 15270-1 (ABNT, 2005)

Os blocos cerâmicos portantes, pela NBR 7171 (*apud* Melo, 2007), terão resistência à compressão mínima de 4.0 MPa. A NBR 15270-2 (ABNT, 2005), por sua vez, estabelece que a resistência característica à compressão dos blocos estruturais deve ser a partir de 3.0 MPa, referida à área bruta. Abaixo reproduzimos da Norma um exemplar de bloco cerâmico (de paredes maciças, à esquerda), note-se a semelhança com o bloco de vedação com furos verticais e a importância de distinção daquele via parâmetros de resistência, fabricação (como espessura dos septos, etc.). Havendo também o estrutural (cerâmico) perfurado (à direita).



Figura 1.3 - Fonte: NBR 15270-2 (ABNT, 2005)

1.2.3 Blocos Sílico-Calcários

Haja vista não estarem estes blocos intrinsecamente ligados a este trabalho, limitamo-nos a uma breve descrição realizada por Coêlho (1998).

Fabricados a partir da mistura homogênea de areia silicosa (quartzosa) e cal virgem em pó. As peças são moldadas em prensas hidráulicas de altíssima pressão.

Depois de compactadas e com as dimensões definidas, são levadas para autoclaves e expostas à pressão de 16 atmosferas e temperatura de 210° C.

1.3 Do projeto

Consoante Sobrinho (2003, *apud* Gonçalves *et al.*, 2012), as normas utilizadas no cálculo de alvenaria estrutural à época eram:

- NBR 10837:1998 – Cálculo de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto, que reescreveu a NBR 1228/1989;
- NBR 8215:1983 – Prismas de bloco de concreto para alvenaria;
- NBR 6136:1994 – Blocos de concreto para alvenaria estrutural;
- NBR 7171:1998 – Blocos cerâmicos para alvenaria

Sobrinho (2002) aponta ser a metodologia de cálculo estrutural mais utilizada para os edifícios em alvenaria construídos na RMR como tendo por base a NB 1228/89 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto (ABNT, 1989), cuja formulação para verificação da tensão admissível segue:

$$T_{adm} = 0,20 \cdot f_p \cdot [1 - (h/40t)^3] \quad (1)$$

Onde, T_{adm} é a tensão admissível; f_p é a resistência média a compressão de prismas de alvenaria; h é a altura da parede; t é a espessura da parede.

Sobre tal formulação, o mesmo afirma que:

- Esta formulação foi obtida para alvenaria construída em blocos de concreto alinhados verticalmente com furos na vertical, satisfazendo a NBR 7171 (ABNT, 1998), onde o efeito parede/resistência do prisma foi estimado em 1/5 (20%), tendo por base experimentos realizados neste tipo de alvenaria. Para paredes construídas em blocos cerâmicos de vedação, com furos na horizontal, o comportamento é diferente, sendo a forma de ruptura brusca, não devendo, portanto, ser aplicada esta formulação.
- Considerando-se a resistência do bloco em vez da resistência do prisma (f_p), aumenta-se o valor da tensão admissível em cerca de 25%, uma vez

que a resistência do bloco é cerca de 20% maior que a do prisma, segundo dados da literatura especializada.

- Considera-se a espessura da parede incluindo-se o revestimento, o que também resulta em valores superestimados de tensão admissível e disto do comprovado através de pesquisas relatadas na literatura especializada, que estabelece que antes de atingir a ruptura, ou seja, para cargas da ordem de 70% da carga de colapso, o revestimento se desprende da parede. (Cavalheiro, 1994, *apud* Sobrinho, 2002).
- Tomando valores corriqueiros, de projetos de alvenaria portante como: altura da parede 260 cm, espessura de blocos de 9 cm e para as cargas valores de norma, teríamos a seguinte relação:

$$T_{adm}=0,125.f_p \text{ ou } T_{adm}=0,1.f_b$$

Dessa forma, a tensão admissível para parede é 10% da resistência média dos blocos. Considerando um edifício tradicional de 4 pavimentos, com vãos de 350 cm, a parede do térreo, divisória entre dois ambientes receberia uma carga de aproximadamente 5,0 a 6,0 toneladas, o que obrigaria o bloco de 9cm de espessura a ter uma resistência média superior na faixa de 5,5 a 6,5 MPa (55 a 60 Kg/cm²).

- Avaliando-se a esbeltez em uma condição satisfatória de estabilidade, os blocos deveriam apresentar espessura de, no mínimo, 14 cm.

Assim sendo, não ficam dúvidas de serem as simplificações no modelo/projeto, no mínimo, arriscadas com respeito à segurança.

1.4 Caracterização de Prédios-Caixa

1.4.1 Perfil Arquitetônico

De Silva (2012) podemos destacar ao menos três pontos de caracterização de prédio-caixa quanto à arquitetura: o número de pavimentos (4, isto é, térreo mais três pavimentos); a inexistência de Pilotis; e a limitação quanto aos vãos

vencidos, nos mais antigos chegava a 3.50 m, sendo reduzidas essas dimensões progressivamente chegando a, atualmente, 2.80 m nos maiores vãos e 2.40 m nos menores, em compartimentos sociais, podendo chegar à faixa de 1.30 a 1.50 m nos casos de banheiros, e áreas de serviço.

1.4.2 Caracterização estrutural

O perfil das edificações passa pela descrição dos elementos estruturais componentes, o que fornece informações sobre como trabalham as partes da estrutura desde sua fundação até a superestrutura. Segundo Melo (2007), temos:

Da fundação

São, na maioria dos casos, em sapata corrida, executadas sobre lastro de concreto de baixa resistência, da ordem de 75 kg/cm², também chamado de “concreto magro”. Embora haja casos de sapatas corridas em concreto pré-moldado e sapatas isoladas com cintamento substituindo a sapata corrida, no geral, os prédios-caixão seguem o padrão supramencionado quanto à fundação.

Da alvenaria de embasamento

Elemento de ligação da estrutura com a fundação (infraestrutura), formando o caixão da base (este poderá ser vazio, ou aterrado); pode ser de alvenaria singela (a galga ou com tijolo deitado) ou dobrada, composta de blocos de concreto ou cerâmicos. Encontra-se localizado abaixo do nível do terreno, portanto, enterrado e sujeito a diversos ataques.

Observa-se a necessidade de impermeabilização deste elemento, na prática usual tal não se verifica.

Verifica-se ser também prática corrente, com o objetivo de criar uma barreira impermeabilizante, entre o embasamento e a superestrutura, a execução de faixa de concreto simples ou armado, na terminologia local corrente chamada incorretamente de “radier”.

Da alvenaria de elevação

Elemento de fechamento externo e divisão dos ambientes internos da edificação. Sendo executadas em elementos de vedação com função portante, usual para a época. Além de blocos de diferentes furos haverem sido utilizados (seis e oito).

Das lajes

Sobre os painéis autoportantes de alvenaria resistente, com ou sem a interposição de cintas de concreto armado de amarração, são lançados os painéis horizontais de lajes. (Silva, 2012)

Em sua maioria executadas com elementos pré-moldados, com vigas e blocos, e fina capa de concreto; raro caso com laje de concreto armado maciça (laje maciça confere maior rigidez à estrutura).

Das escadas

Normalmente aporticadas, com emprego de retículas convencionais de concreto armado, com sapatas isoladas para transmissão da tensão ao solo. Em geral, a caixa d'água superior da edificação se apoia sobre a estrutura desta.

Das cintas de amarração

A presença da cinta de amarração confere à estrutura uma condição de melhor distribuição das cargas oriundas de cada pavimento (presença devida de cinta, entre cada pavimento), além de amenização de efeitos de dilatação térmica das lajes (principalmente da cobertura), os quais podem induzir fissuramento da alvenaria, servindo ainda para conferir certa rigidez ao conjunto (dá amarração às alvenarias).

Das vergas e contravergas

Elementos de proteção das aberturas de vão nas alvenarias, e pressupõem o intuito de uniformizar (tanto quanto possível) a nova distribuição de esforços

gerada pela abertura. Obedecendo-se aos mínimos estabelecidos, a exemplo do posto por Sabatine *apud* Melo (2007), as vergas (posicionadas acima das aberturas) e as contravergas (posicionadas abaixo das aberturas) apresentam importante função de evitarem-se as fissuras, possivelmente provocadas por uma concentração de tensões (no caso de ausência destes elementos construtivos).

Melo (2007) aponta que em muitos laudos não foram feitas menções sobre a existência desses elementos, relacionando-os aos casos de fissuras, bastante comuns na tipologia construtiva em apreço.

Coxins

Elementos estruturais com função de distribuição de cargas concentradas incidentes sobre a alvenaria (observe-se uma vez mais o cuidado de não concentrar cargas nas alvenarias); sendo executadas em concreto armado e de dimensionamento a ser feito com o quanto incide sobre o mesmo (de carga) e quanto pode ser transmitido à alvenaria (tensão admissível da mesma).

A seguir inserimos um diagrama esquemático relativo aos elementos da edificação.

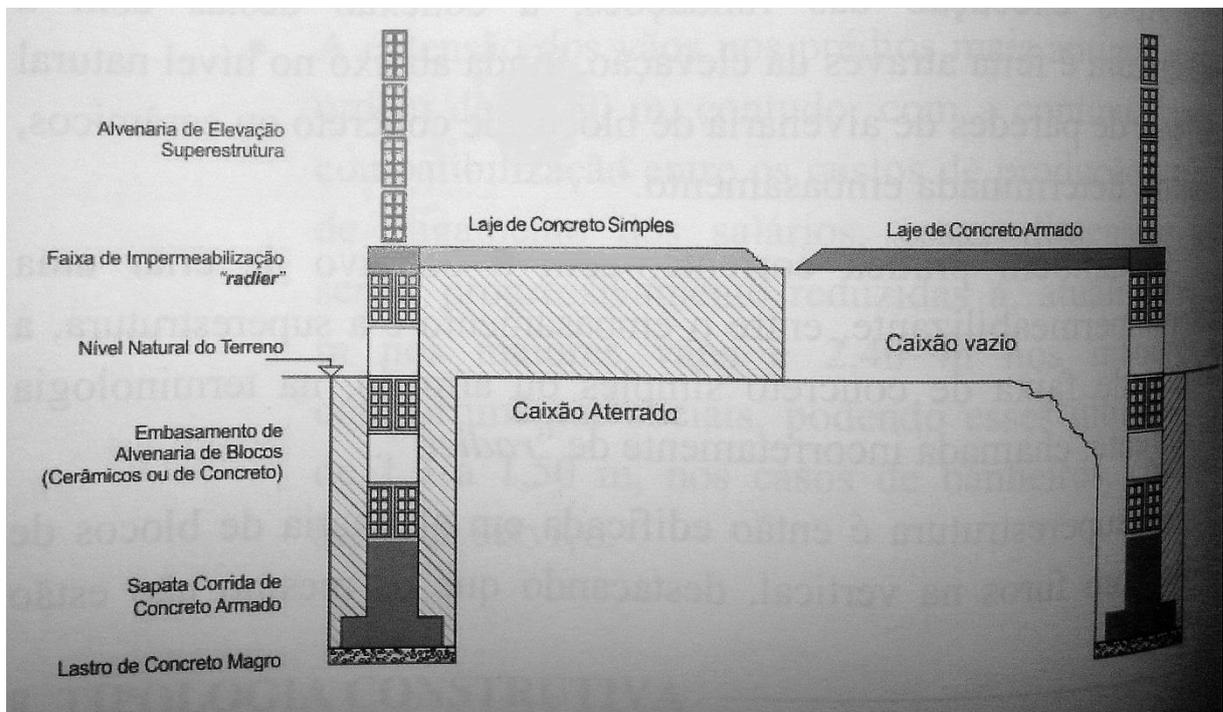


Figura 1.4 - Fonte: Silva (2012)

Silva (2012) esclarece na figura, a qual engloba os casos de caixão aterrado ou não, ser a laje em concreto simples utilizada no caso de caixão aterrado (de modo que a mesma apoia-se no aterro, não havendo lançamento de cargas desta para a fundação, senão diretamente ao aterro); por outro lado, o caso de laje em concreto armado seria utilizada no caso de o edifício caixão ser construído sem aterro no caixão (ou seja, caixão vazio, perdido), teria assim função de resistir a esforços gerados no piso térreo, estas cargas destinar-se-ão, portanto às fundações, que, por sua vez, poderão estar submetidas a empuxo de terras no caso de caixão perdido ou não (caso de caixão aterrado).

É de suma importância o entendimento do sistema de transmissão e caminhamento das cargas na edificação, haja vista que este descreverá seu comportamento estrutural, ademais, permite visualizar os pontos críticos (de interesse) no caso de ataque do meio, sobrecarga, eventuais recalques de fundação, necessidade de intervenção corretiva (ou preventiva), resguardando o bom desempenho da edificação pelo entendimento de sua “personalidade”, por assim dizer.

Uma vez analisadas as questões de componentes das alvenarias (cerâmicos, de concreto, etc.), seu comportamento, quando ou não as alvenarias são portantes (ou estruturais), restrições e exigências normativas, caracterização das edificações do ponto de vista arquitetônico e estrutural. Passaremos doravante a uma abordagem do comportamento, tanto do material quanto da estrutura em si, quando postas sob ação do meio; a maneira como as propriedades do material (sua natureza, produção, etc.), e mesmo da idealização da estrutura, influem de forma prejudicial no seu desempenho.

2 – Principais patologias

A análise etimológica da palavra (patologia) sugere ser alvo de estudos (“logia”) as doenças (“pathos”); tal terminologia, tomada emprestada da área de saúde do conhecimento humano para a área do conhecimento das construções, designará uma análise das possíveis causas e terapias a serem ministradas às construções cujos “sintomas” indicarem um desempenho insatisfatório frente expectativa dos construtores, projetistas e/ou usuários.

Segundo Ripper & Souza (*apud* Melo, 2007), “Patologia das Construções é a ciência que procura de forma metodizada, estudar os efeitos 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 recuperação”.

A preocupação com respeito à durabilidade das construções tem-se mostrado uma tendência nas últimas gerações de engenheiros. Durabilidade poderia ser definida, conforme Sarja & Vesikari (*apud* Andrade, 2005), como a capacidade de um edifício, componente, estrutura ou produto manter um desempenho mínimo em um determinado tempo, sob a influência de agentes agressivos.

Quanto a quê seria desempenho, Andrade (2005) conceitua como sendo o comportamento do material relacionado ao uso, que pode ser: de desempenho mecânico, acústico, estético, químico, etc.

Desta forma, a análise dos sinistros ocorridos com as edificações em alvenaria resistente, além das diversas problemáticas pertinentes a estes revelam não menos que a desconformidade do desempenho das estruturas ou parte delas no que tange às suas competências de habitabilidade, durabilidade e segurança.

Como fonte de estudos da situação dos prédios caixão tem-se em Melo (2007) a citação de: **Laudos Técnicos** – para avaliação das causas de desabamentos, sendo os mais completos; **Laudos de Vistorias** – para avaliação das condições de estabilidade e habitabilidade das construções, com fim específico e não muito abrangente; **Laudos Periciais** – relatório técnico elaborado por um perito,

devido a solicitação de Juiz de Direito, objetivando a elucidação das causas de desabamento/interdição; **Parecer Técnico** – opinião, conselho ou esclarecimento técnico emitido por profissional legalmente habilitado em assunto de sua especialidade, solicitado pelo poder público e partes interessadas. Os laudos de vistoria poderão dar origem aos alvarás de interdição e desinterdição, conforme parecer mediante a análise.

Abaixo, reproduzimos de Melo (2007), a tabela relativa aos números e tipos de laudos de “prédios-caixão” analisados pelo mesmo em cinco municípios da RMR.

Município	Laudos de prédios desabados	Laudos de perícias	Pareceres técnicos	Laudos de vistorias particulares	Laudos de vistorias prefeituras	Alvarás de interdição/desinterdição	Total
Olinda	02	02	05	15	483	01	508
Jaboatão	02	00	00	03	280	06	291
Paulista	00	00	00	05	07	00	12
Recife	00	01	00	01	00	00	02
Camaraçibe	00	00	00	00	00	00	00
<i>Total</i>	<i>04</i>	<i>03</i>	<i>05</i>	<i>24</i>	<i>770</i>	<i>07</i>	<i>813</i>

Tabela 2.1 - Fonte: Melo (2007)

Lançando mão desse material, o autor aponta seis grandes grupos segundo os quais são classificadas as diversas causas apontadas nos laudos, são eles: **Falhas ou insuficiência de projeto**, a exemplo de caixão vazio, embasamento externo singelo, falta de elementos estruturadores, etc.; **Baixa qualidade dos materiais**, representado por situações como baixa resistência do bloco do embasamento, alta porosidade, etc.; **Falha ou vício de construção** (a exemplo de sobrecarga, alteração de projeto, não execução de peças estruturais, etc.); **Uso inadequado ou falta de manutenção**, cujas significações são autoevidentes e

exemplificadas por reformas com abertura de vão, reforma com ampliação, falta de manutenção de fachadas, etc.; **Causas ambientais**, tais como, EPU, ataque de sulfatos, ação de carbonatos, etc.; e **Outras causas** como trincas, fissuras, umidade, ferragem exposta, etc.

Abaixo reproduzimos um resumo, feito por Melo (2007), das principais causas apontadas em laudos para desabamentos e interdições de “prédios-caixão”, nos municípios constantes na Tabela 2.1.

Causas	Interdições	Desabamentos
Falhas ou insuficiência de projeto		
Caixão vazio	X	X
Embasamento externo singelo	X	X
Falta de elementos estruturadores	X	
Caixão alagado	X	
Recalque de fundação	X	
Baixa qualidade dos materiais		
Baixa resistência do bloco do embasamento	X	X
Alta porosidade		X
Falha ou vício de construção		
Sobrecarga	X	
Uso de bloco inadequado no embasamento		X
Alteração de projetos		X
Não execução de peças estruturais		X
Uso inadequado ou falta de manutenção		
Reforma com abertura de vão	X	
Falta de manutenção de fachada	X	
Falta de manutenção de cobertura	X	
Canteiro no embasamento	X	
Falta de manutenção de fossa	X	
Problemas ambientais		
Ação da EPU	X	X
Ação de sulfatos		X

Ação de Carbonatos		X
Carreamento da fundação		X
Outras causas		
Trincas	X	
Infiltrações	X	
Umidade	X	
Deterioração de cinta ou pilar	X	
Ferragem exposta	X	
Abatimento de piso	X	

Tabela 2.2 - Fonte: Melo (2007)

Pretendemos, portanto, nesse trabalho abordar duas das principais causas apontadas nos laudos de três destes grandes grupos, a saber, **Falhas ou insuficiência de projeto**, **Baixa qualidade dos materiais** e por fim, **Causas ambientais**.

Devido a alguns motivos, por limitação de trabalho (uma análise de cada uma se tornaria exaustiva), pelo fato de que as causas pertencentes aos demais grupos, como alteração de projeto, não execução de peças estruturais, uso de bloco inadequado no embasamento (em **Falhas ou vícios de construção**) refletem o descuido ou inidoneidade do executante da obra; reforma com abertura de vão, reforma com ampliação, falta de manutenção de fachada, etc., (em **Uso inadequado ou falta de manutenção**) refletem o desconhecimento da população em geral quanto ao sistema construtivo onde as paredes constituem o arcabouço estrutural da edificação, bem como a falta da cultura de manutenção que há na sociedade como um todo, sobretudo quando se trata de obras de Construção; o terceiro grupo não abordado de maneira mais aprofundada (**Outras causas**) expõe causas de origem difusa, isto é, problemas de trincas, infiltrações, abatimento do piso, etc., podem ter causas diversas como recalque de fundação, deformação excessiva, problemas em fachadas, nas instalações de modo geral, etc., e são, comumente, abordadas; nos limitaremos, a tecer poucos comentários sobre estes grupos.

Isso posto, procederemos com a análise de duas das principais causas apontadas nos laudos referentes a **Falhas ou insuficiência de projeto**, quais sejam

Caixão Vazio e Embasamento externo singelo; no que tange à **Baixa qualidade dos materiais**, *Baixa resistência do bloco de embasamento e Alta porosidade*; nas **Problemas ambientais** temos a *EPU e Ataque de sulfatos*.

2.1 Das falhas ou insuficiência de projeto (Caixão vazio, embasamento externo singelo)

No grupo de falhas ou insuficiências de projeto, tecer qualquer comentário concernente à importância da *existência de e obediência ao* projeto crê-se ser desnecessário, haja vista a responsabilidade em questão, e mesmo ser previsto/enquadrado na legislação a submissão de outrem à risco como crime de *mera exposição* ou *de perigo*. E no caso, o argumento econômico-financeiro não se constitui uma boa defesa.

A utilização da fundação corrida, determinando o caixão sobre o qual a estrutura se apoia contempla duas possibilidades o uso de aterro no interior do caixão (caixão aterrado) e o não uso do aterro (caixão vazio, ou perdido). Nesta última condição verifica-se ser recorrente o alagamento do mesmo, haja vista o baixo nível freático, não somente na cidade do Recife, mas também em municípios outros da RMR, a este fato some-se que:

“A maioria dessas edificações está assentada em região desprovida de saneamento básico, acarretando o contato direto das águas servidas com as alvenarias de embasamento sem revestimento, aliado ao fato de os tijolos serem mal cozidos e com paredes e septos de pequenas espessuras” (Martins, 2012).

Ainda, vê-se que a utilização de caixão perdido induz a alvenaria de embasamento solicitação não considerada, ao que parece, no dimensionamento. É sabido, da mecânica dos solos, que estes exercem empuxo sobre as estruturas, cuja magnitude será função do peso específico do solo, condições de saturação, nível d'água, etc., assim sendo, uma vez que esta condição (caixão vazio), prescindindo do solo no interior do caixão, transfere a responsabilidade de equilíbrio de forças do solo existente no caixão aterrado para a alvenaria, a qual passará a ter função de arrimo do solo externo à edificação, ou seja, será submetida a esforços de flexo-compressão (compressão oriunda das cargas da edificação e flexão pelo empuxo do solo).

Em análise, Zarzar *et al* (2010) faz levantamento de condições, tangente às fundações, com cotas de embasamento e fundações, nível do terreno, lajes de piso (térreo) e nível d'água (quando presentes), para análise estrutural de fundação dum Conjunto Residencial no bairro de San Martin (Recife/PE) edificado sob essa tipologia construtiva (prédio-caixão). O perfil obtido de um bloco pode ser visto na figura abaixo.

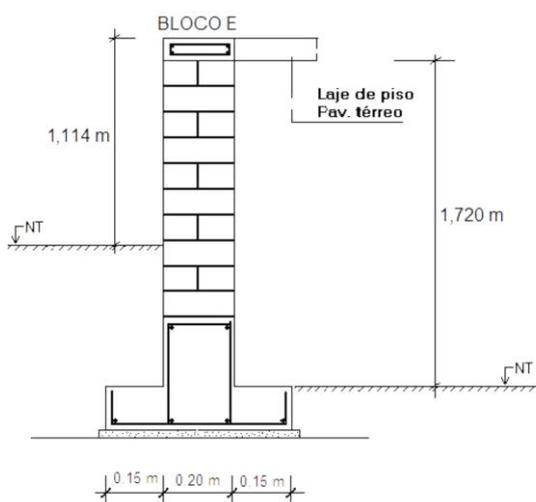


Figura 2.1 - Fonte: Zarzar *et al* (2010)

Por Zarzar *et al* (2010), para avaliação dos esforços resultantes nos embasamentos das edificações sob a combinação das diversas cargas atuantes, com os empuxos resultantes do aterro e da água, foram escolhidas cinco edificações, quatro desabadas (Aquarela, Enseada de Serrambi, Éricka e Ijuí) e mais uma interdita com fim de simulação do programa computacional. Lançando mão das teorias pertinentes (relativas aos solos), mediante análise dos resultados uma conclusão foi que o “Empuxo horizontal no embasamento do Conjunto Residencial representou um acréscimo de 18% na tensão vertical de compressão atuante na seção transversal da alvenaria”.

Em laudo, Oliveira (*apud* Martins, 2012) chega a afirmar que, quanto às causas do desabamento do edifício Aquarela: “O solo de fundação não contribuiu para o colapso. Os ensaios não revelaram qualquer indício de fenômeno geotécnico que justificasse a ruptura”.

Considerando a agressividade do ambiente conforme citado de Martins (2012), estando o solo possivelmente saturado de águas servidas, a alvenaria, devido à porosidade existente nos blocos e argamassas de assentamento e revestimento (tema a ser mais detalhado adiante) encontra-se saturada e carregada em condições limites. Martins (2012) assevera que edifícios sinistrados como Éricka, Serrambi, Aquarela e Ijuí diferem dos demais prédios, posto que a maioria dos demais teve, na sua infraestrutura, embasamento dobrado (20 cm de espessura) sobre sapata corrida de concreto armado, estes edifícios mencionados, por sua vez, foram executados com *alvenaria singela* (espessura de 9 cm, aproximadamente), o que implica num aumento da superfície específica da alvenaria sujeita às condições de degradação ambiental, agravadas pelo arrimo a que fica sujeito o embasamento, como dito. Ademais, a não execução de revestimento nas fundações é passiva de constatação, o que é ruim, pois além de “proteger” (em certo grau) o embasamento de ataque físico-químico o chapisco também contribuiria na resistência a cisalhamento do conjunto.

O uso de alvenaria singela no embasamento das edificações em questão se mostram ligadas a um outro problema apontado na análise dos laudos feita por Melo (2007), o não seguimento do projeto,

“A verdade é que todos esses prédios [supracitados] colapsaram devido a problemas apresentados nas suas fundações e embasamentos por não terem sido executados conforme projetados por seus projetistas estruturais”.
(Martins, 2012)

Martins (2012) afirma ainda, quanto ao Aquarela,

“o prédio não teria desmoronado se tivesse sido executado conforme estava previsto em projeto e da maneira que normalmente são construídos os prédios tipo ‘caixão’, isto é, no mínimo com alvenaria do embasamento dobrada e caixão aterrado.”

2.2 Da baixa qualidade dos materiais (Baixa resistência do bloco de embasamento, alta porosidade)

No tangente à *produção* dos materiais utilizados nos embasamentos das edificações tipo caixão, ao se avaliar seu envolvimento como partícipe das causas de desenvolvimento de patologias, e mesmo de desabamento destas construções,

observa-se o disciplinamento normativo quanto à matéria de produção (NBR 7171/92) nas seguintes palavras:

“O bloco cerâmico é fabricado basicamente com argila, conformado por extrusão e queimado [já expresso anteriormente] a uma temperatura que permita ao produto final atender às condições determinadas nesta Norma.”
(Grifo nosso).

Verdade é que os blocos de vedação postos a cumprir papel de estruturais não tinham responsabilidade nem capacidade (mesmo por sua fabricação) de atender aos requisitos da NBR para blocos estruturais; porém outro levantamento é posto: O processo de fabricação dos blocos cerâmicos conduz à satisfação normativa?

Relativo ao assunto, Gonçalves & Souza (2012) comentam a quase inexistência de controle de qualidade do tijolo local. Não obstante algumas mudanças poderem ser observadas no cenário. Citando conclusões de trabalho desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Civil da UFPE no ano de 94, a seguinte conclusão é vista dentre elas: “Houve uma grande variabilidade das dimensões e da resistência à compressão axial, indicando que não existiu qualquer controle da qualidade do produto, ou, se existente, resulta insuficiente”. No trabalho feito, encontrou-se variação nos valores de resistência à compressão simples de 0.5 a 8.5 Mpa (referente a tensões de ruptura, observado que blocos de 6 e 8 furos foram apreciados no trabalho). No trabalho mencionado, as amostras foram provenientes de 15 cerâmicas, um bom número quanto a estudo; é de se questionar, entretanto, qual seria a variabilidade encontrada se entre as 200 cerâmicas existentes no Estado no início da primeira década deste século (segundo autores) ensaios fossem realizados? Que tipo de controle de qualidade seria encontrado?

Mediante inspeção Zarzar *et al* (2010) encontraram em Conjunto Residencial do Recife blocos cerâmicos que não haviam atingido a fase cerâmica durante o processo de fabricação e, devido ao contato direto com o lençol freático assemelhavam-se a ‘massa de modelar’. Amostra de cerâmica retirada de

embasamento é mostrada na Figura 2.2 (Abaixo).



Figura 2.2 - Fonte: Zarzar *et al* (2010)

Com respeito à porosidade, esta é mensurada por meio de ensaios de absorção de água. Bertolini (2010) põe que a porosidade dos tijolos é função particularmente do teor de fundente, da temperatura de cozimento e da finura da argila. Cita ainda que a porosidade dos tijolos variam em torno de 30%-40%.

Tal autor comenta que para garantir bom comportamento em ambientes úmidos (notadamente caso de alvenarias de embasamento molhadas por lençol d'água) é importante que o carbonato de cálcio utilizado como fundente, quando da introdução na massa, seja moído finamente. Partículas maiores poderiam formar, durante o cozimento, cal viva, a qual poderá em seguida se hidratar e desagregar o tijolo.

É sabido serem os poros potenciais pontos de concentração de tensões no material, tal como acontece devido à presença de grãos discrepantes do conjunto; a partir da concentração de tensões microfissuras poderão se desenvolver e progredir através do bloco. Alcançadas dimensões e escala suficientes da seção, o bloco rompeu.

Note-se na porosidade do material a variável influente nas propriedades de transporte do material, além dela têm-se dimensões dos poros, grau de intercomunicação, abertura ao exterior, etc.

De particular interesse vem a ser o transporte de espécies iônicas (caso de presença de água ou materiais porosos umedecidos) e o transporte de massa no

interior dum material poroso vista a relação deste modal com os fenômenos de degradação do material.

Abaixo reproduzimos de Bertolini (2010) esquema que se propõe a mostrar os principais fatores contribuintes na determinação de transporte de espécies agressivas num material poroso. Notem-se para as condições de alvenaria de embasamento algumas condições características, a saber, saturação ou umedecimento dos blocos (respectivamente, para casos de nível d'água alto – período chuvoso, e baixo nível d'água – período não chuvoso); além da absorção capilar, onde, afora a água, o que nela estiver dissolvido pode ser introduzido ao embasamento/material quando do fenômeno, etc.

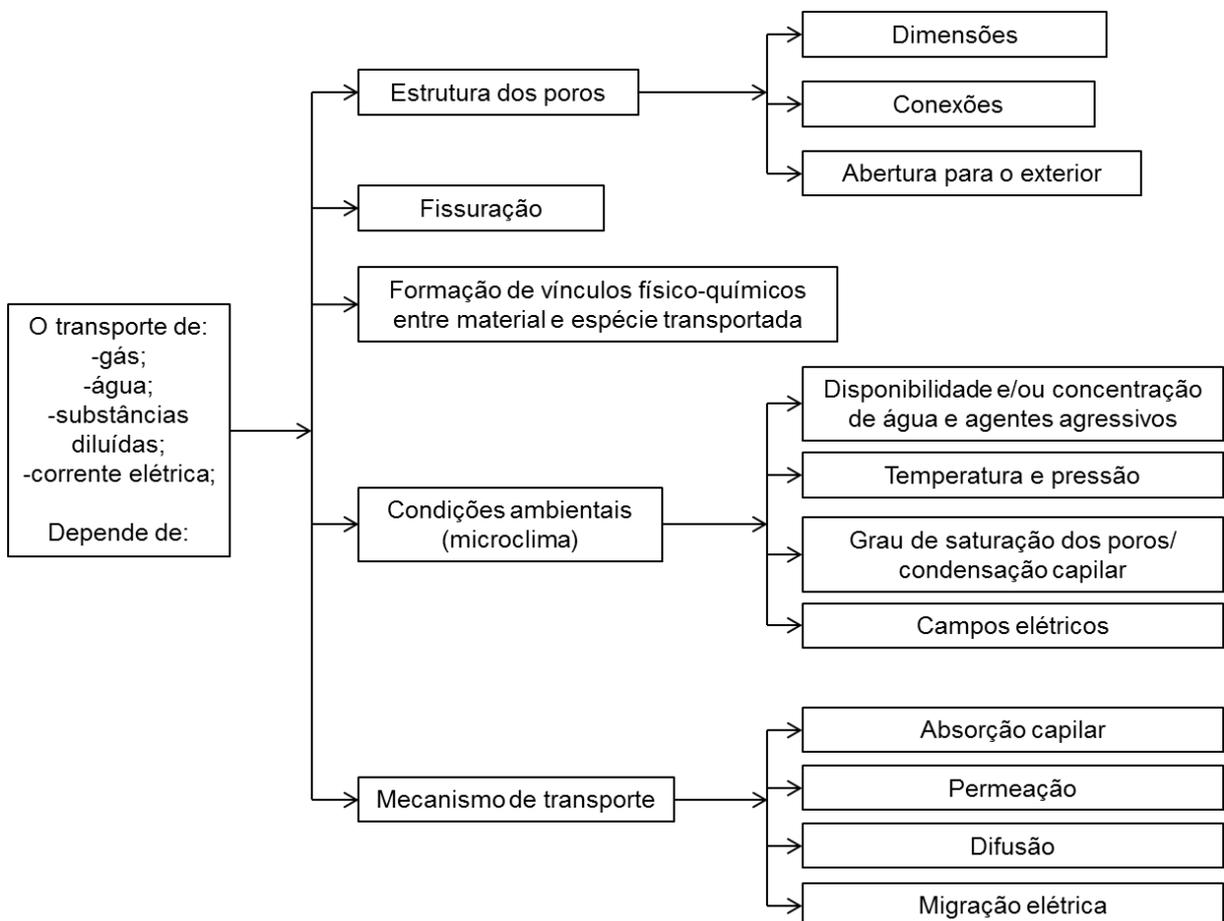


Figura 2.3 - Fonte: Bertolini (2010)

Alcançada a noção do quão prejudicial pode vir a ser um bloco de alta porosidade em termos patológicos parte-se para o entendimento da importância do

controle de qualidade (como visto) e da realização de ensaios de porosidade quando do recebimento de lotes de blocos.

2.3 Causas ambientais (EPU, Ataque de sulfatos)

Bauer (2011), citando Bauer & Rago, estabelece que a expansão por umidade, também conhecida como dilatação higroscópica, é provocada “por adsorção de água na forma líquida ou de vapor, adsorção essa que, ao contrário da simples adsorção de água retida nos poros do material, provoca modificações na sua própria estrutura, com aumento de volume”, avaliando a microestrutura da expansão do corpo cerâmico vê-se ser a reidratação por tal adsorção de água a causa do aumento minero-molecular.

Tangente à problemática de EPU há relativamente pouca literatura disponível, sendo provavelmente mais conhecida quando se menciona descolamento de placas cerâmicas (falhas em revestimentos cerâmicos); talvez pela ineficácia e/ou ineficiência dum controle de qualidade de produção de blocos cerâmicos (como visto), dum avaliação/estudo aprofundado do bloco produzido ou mesmo pela visibilidade dum problema de descolamento de placa cerâmica em revestimento comparada a um bloco de embasamento de prédio-caixão, o qual estará enterrado.

Bauer (2011) põe que, no caso de placas cerâmicas, “o limite por umidade efetiva, visando evitar o descolamento das placas cerâmicas, embora não esteja especificado, é recomendado na NBR 13818 como de 0.6 mm/m ou 0.06 %”; diante da ausência de direcionamento normativo mais específico sobre o tema, este valor de referência tem tido uso extrapolado para outros produtos cerâmicos, embora sob críticas de alguns autores.

Martins *et al* (2012), por sua vez, recorre às especificações relativas à EPU de blocos cerâmicos indicadas na AS 1226.5, 1984 – Methods of sampling and testing Clay buildings bricks – Methods for determining characteristic expansion, com valor máximo de EPU de 0.3 mm/m ou 0.03 % (metade do valor de referência supracitado).

Avaliando edifício Residencial Gregório Bezerra, na Cidade Universitária - Recife, Martins *et al* (2012) chegam a valores de EPU dos corpos de prova

ensaiados da ordem de 10 vezes o valor limite de 0.03 %, novamente note-se a péssima qualidade dos blocos, que além desta problemática apresentaram tendência à desagregação em presença de água à temperatura ambiente.

Quanto à existência de umidade na alvenaria de embasamento todo comentário pode ser dispensado mediante a ciência da baixa profundidade do lençol freático na RMR (como será visto adiante), sua sazonalidade, além da eventual presença de águas servidas, etc.

Considere-se agora a natureza físico-química de atuação/ataque de sulfatos; em condições úmidas, presentes os sulfatos, argamassas baseadas em cimento (comum no caso de revestimento de embasamento de fundações) podem sofrer como o concreto; no caso de utilização de blocos de concreto, estes podem ser (e são) atingidos pela presença de sulfatos (como explicitado a seguir); por fim, mesmo os blocos cerâmicos poderão sofrer (embora predominantemente pela natureza física do ataque) com os sulfatos.

A natureza química do ataque (cuja potencialização se faz sentir em produtos à base de Cimento Portland, como argamassas cimentíceas e concretos) pode ser dividida, em três estágios, como feito por Bertolini (2010):

- Penetração dos íons de sulfato na matriz de cimento;
- Sua reação com o hidróxido de cálcio para formar gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$);
- Reação do gesso com os aluminatos, resultando em compostos expansivos tal como a etringita ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$).

Zarzar *et al* (2010) cita, como sendo os principais fatores de influência no ataque de sulfatos, a quantidade e natureza do sulfato, nível d'água e sua variação sazonal, fluxo da água subterrânea, porosidade do solo forma de construção e qualidade do concreto.

Como valor de referência para concentração de sulfatos têm-se que “concentrações de sulfatos solúveis no solo acima de 0,1 % (150 mg/l em água) produzem danos no concreto, com progressiva perda de massa e resistência” (Zarzar *et al.*, 2010).

Segundo a CODECIPE *apud* Sobrinho e Melo (2002), a ruína do Edifício Éricka “teve como causa o colapso da fundação decorrente principalmente da degradação dos blocos de concreto por ataque de água sulfatadas aliada a outros fatores inerentes ao caso analisado”. Em artigo sobre a Importância da análise de agressividade da água, Sobrinho e Melo (2002) realizam estudo de caso, com coleta e análise de amostras, cujas concentrações de sulfatos variam de 3 a praticamente 6 vezes o valor de referência (de 150 mg/l), vide tabela abaixo.

DETERMINAÇÕES	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
pH	8,7	8,3	7,7
Dióxido de Carbono Livre (CO ₂) mg/l	0,0	0,0	7,7
Cloretos (Cl) mg/l	92,2	193,2	65,6
Sulfatos (SO ₃) mg/l	460,5	815,0	758,5
Alcalinidade de Bicarbonato (CaCO ₃) mg/l	74,1	51,5	121,9
Magnésio (Mg) mg/l	9,51	2,16	21,94
Cálcio (Ca) mg/l	92,5	63,4	282,2

Tabela 2.3 - Fonte: Sobrinho e Melo (2002)

Ademais, os autores verificam condições de degradação de edificação próxima à mencionada e sob mesmas condições, com embasamento em blocos de concreto, banhado por águas servidas (o que não raramente acontece), com caixão vazio (ver figura a seguir).



Figura 2.4 - Fonte: Sobrinho e Melo (2002)

A diferença/grau de degradação de blocos de concreto situados na região de variação de nível d'água em comparação com blocos situados em região seca pode ser vista na Figura 2.5 (abaixo).



Figura 2.5 - Fonte: Sobrinho e Melo (2002)

Ainda é sabido que sulfatos de Magnésio (Metal Alcalino-**Terroso**) tem um efeito mais marcado do que os outros sulfatos (Bertolini, 2010) e que, além disso, a velocidade de ataque a uma estrutura de concreto é mais intensa quando uma das faces permite evaporação, estando a outra em contato com água ou solo em que se tem a presença de íons sulfatos (Zarzar *et al*, 2010), condição facilmente verificada em embasamentos de prédio-caixão com caixão perdido, onde uma face do embasamento recebe algum revestimento, entra em contato com solo/água sulfatada e outra (interior) têm evaporação permitida, inclusive com alagamento do caixão.

Ao exposto some-se a variação do nível d'água na região, função do período úmido ou seco, que é favorável à degradação, e seu contato direto com a fundação; em estudo de caso dum Conjunto Residencial no bairro de San Martin – Recife (perfil do bloco apreciado pode ser visto na Figura 2.1), Santiago *apud* Zarzar *et al*

(2010) apresenta a variação da cota do lençol freático (vide figura a seguir), note-se estarem boa parte das cotas de fundação sob o nível d'água máximo e todas acima do nível d'água mínimo.

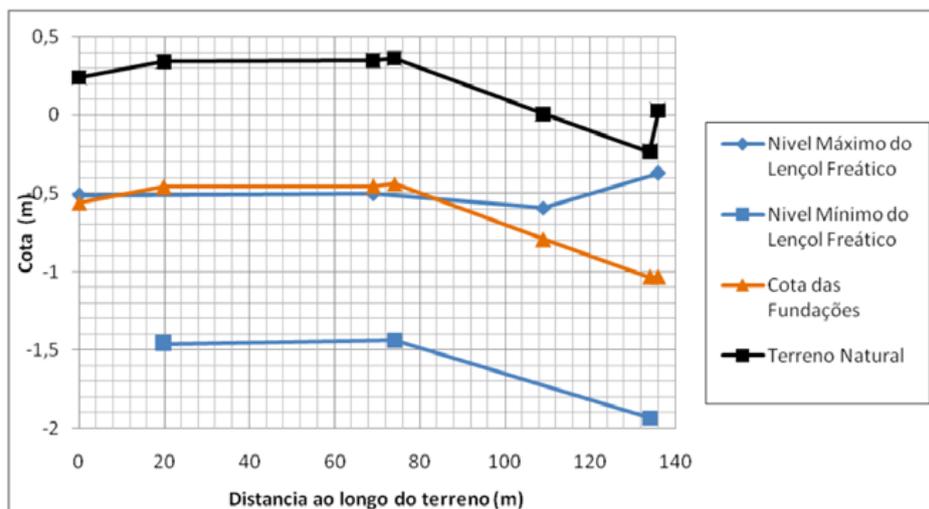


Figura 2.6 - Fonte: Santiago *apud* Zarzar *et al* (2010)

Digne-se notar ser a figura uma boa amostra dos prédios-caixão, onde se percebe estar a cota de fundação situada a cerca de aproximadamente 0,80 m e ser o terreno ligeiramente inclinado.

Por fim, some-se a possibilidade de fluxo d'água, sobretudo em terrenos arenosos (alta porosidade), inclinados e sob influência das marés o que é suficiente para considerar potencial lixiviação (Sobrinho e Melo, 2002).

Do ponto de vista físico do ataque de sulfatos têm-se a cristalização na alvenaria. Bertolini (2010), considerando o caso de umidade na alvenaria por elevação capilar descreve que:

“Ao longo de seu percurso de elevação, a água transporta estes sais e os deposita sob a forma de *efflorescências* na superfície da qual evapora. Caso a evaporação da água seja veloz, isso pode ocorrer antes mesmo que ela atinja a superfície externa. O depósito de sais arrastado pode, assim, ocorrer no interior da parede, provocando a formação de cristais nas zonas de passagem da úmida à seca. Ocorre, assim, a formação de *subflorescências* na parede.”

O autor coloca ainda que a cristalização dos sais nos poros pode atingir tensões significativas, a depender dos cristais, das dimensões dos poros onde se formam, etc., chegando mesmo à ordem de grandeza dos MPa. Sendo assim, é de bom tom considerar algum potencial de deterioração duma alvenaria de embasamento por ação física de cristalização, bastando para tanto a presença de sais (sulfatos, por exemplo), um mecanismo de transporte destes (ascensão capilar ou contato direto, por exemplo) e condição de cristalizar.

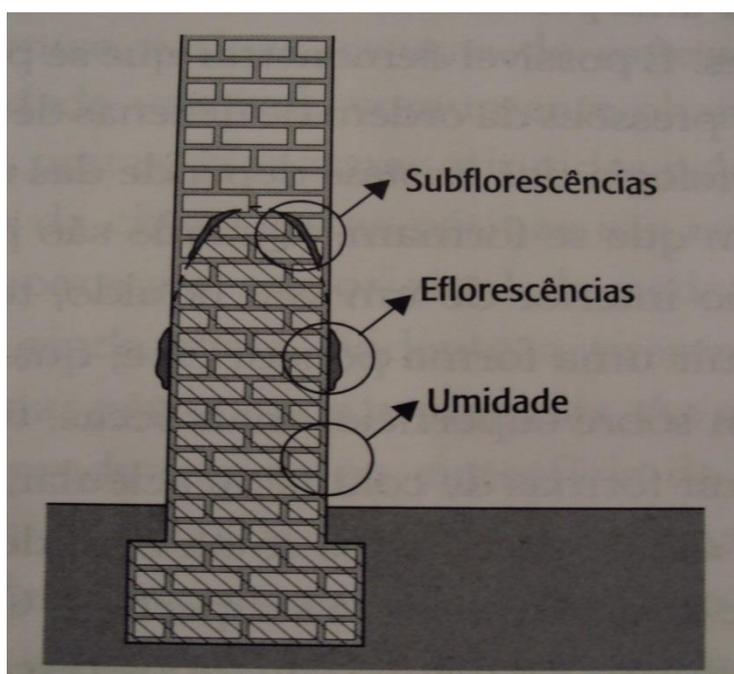


Figura 2.7 – Fonte: Bertolini (2010)

3 – Recuperação/Cuidados

Além da identificação das diversas manifestações patológicas possíveis de serem desenvolvidas nas edificações tipo caixão, um estudo relativo à identificação de suas causas faz-se necessário seja no intuito de interrupção de progresso do fenômeno deletério, identificação da melhor técnica de intervenção, se esta valerá a pena, etc.

Não se objetiva neste trabalho exaurir as possibilidades de intervenção/recuperação nas edificações em suas patologias e nuances, senão indicar algumas possibilidades de recuperação/intervenção/reforço na edificação para o desempenho no conceito já referido neste texto.

Haja vista a possibilidade grande de concomitância dos problemas de caixão vazio, embasamento externo singelo e EPU, tratemo-los conjuntamente; Gonçalves (2012) indica duas metodologias de recuperação de embasamento para avaliação técnica e econômica: substituição por trechos e recuperação “*in situ*” ou instalação de pré-fabricados:

- Substituição de trechos de alvenarias, sucessivos, por tijolos maciços tratados com cristalizantes, assentados em lugar da alvenaria inicial, e revestidos com argamassa especial;
 - Substituição de trechos de alvenarias de embasamentos por aplicação de concretagem posterior com aderência à sapata corrida, com concreto à base de cimento do tipo CP II Z, ou CP V ARI, e aplicado com forma deslizante e cura rápida.

Ainda cita que outra técnica seria a aplicação de placas pré-fabricadas de concreto armado para serem coladas sobre as sapatas em “T invertido”, com trechos interrompidos por juntas a serem preenchidas com elastômero e impermeabilizadas.

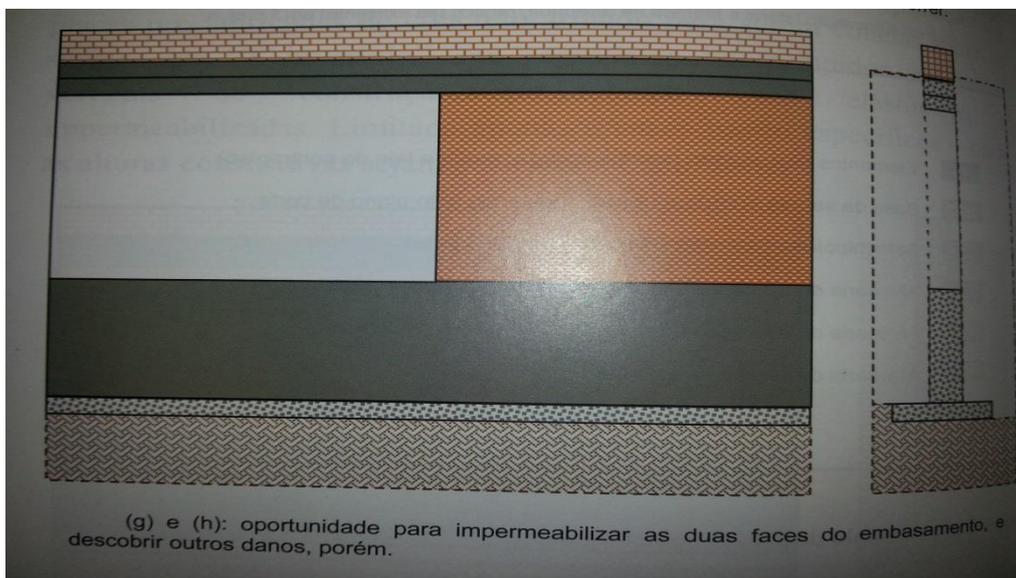


Figura 3.1 – Fonte: Gonçalves (2012)

Note-se na imagem o risco de colapso de solo confinado quando da abertura da janela no caso de se ter caixão aterrado, ademais é recomendável impermeabilizar de ambos os lados do embasamento, dificultando assim o fluxo transversal ao embasamento.

Bertolini (2010) fornece alguns exemplos de materiais utilizados para impermeabilização quais sejam:

- Emulsões betuminosas: produtos líquidos ou em pasta, constituídos de mistura água-emulsionante-betume (na faixa de 50%-60%);
- Membranas betuminosas: constituídas de folhas de 2 a 5 mm de espessura, contendo *armadura* de fibras sintéticas (poliéster, náilon, polipropileno ou mesmo fibras de vidro, por exemplo), imersa em um material betuminoso;
- Membranas betume-polímero: membranas onde o betume é misturado com polímeros, como o polipropileno (propiciando comportamento prevalentemente plástico), as resinas estireno-butadieno-estireno

(conferindo comportamento prevalentemente elástico) ou mistura de ambos (comportamento elasto-plástico);

- Membranas de base sintética: constituídas de polímeros termoplásticos ou de consolidação térmica, como PVC, poli-isobuteno ou polietileno cloretado (PCE), ou ainda elastômeros, como a borracha butílica (copolímero isopreno isobutileno), hypalon (polietileno clorosulfonado), EPDM (monômero de etileno, propileno, dieno) termoplástico ou vulcanizado.

Aplicadas as membranas impermeabilizantes dividida em três fases pelo autor, a saber: preparação da superfície, onde a mesma deverá estar devidamente seca e lisa, colocação dos panos de membrana e finalmente a soldagem das juntas (por soldagem térmica ou com fitas dupla face adesivas, ou ainda, opta-se pelo uso de membranas autosoldantes).

Bertolini (2010) versa, ainda, a difusão do emprego de membranas produzidas *in situ*, com substâncias poliméricas de consolidação térmica, estendidas sobre a superfície, nas quais incorporam-se armaduras poliméricas sintéticas. Devido, talvez à sua versatilidade de aderência à maior parte das superfícies, ou mesmo pela simplicidade de sua aplicação lhe advém o uso crescente.

No caso de o embasamento já ser dobrado e este não tiver desenvolvido EPU (uma vez desenvolvida resta apenas a substituição do material), Gonçalves (2012) aponta ainda o tratamento “*in loco*” dos embasamentos de tijolo cerâmicos maciços por cristalização (impermeabilização por incorporação de hidrofugante à argamassa por polimerização) direta

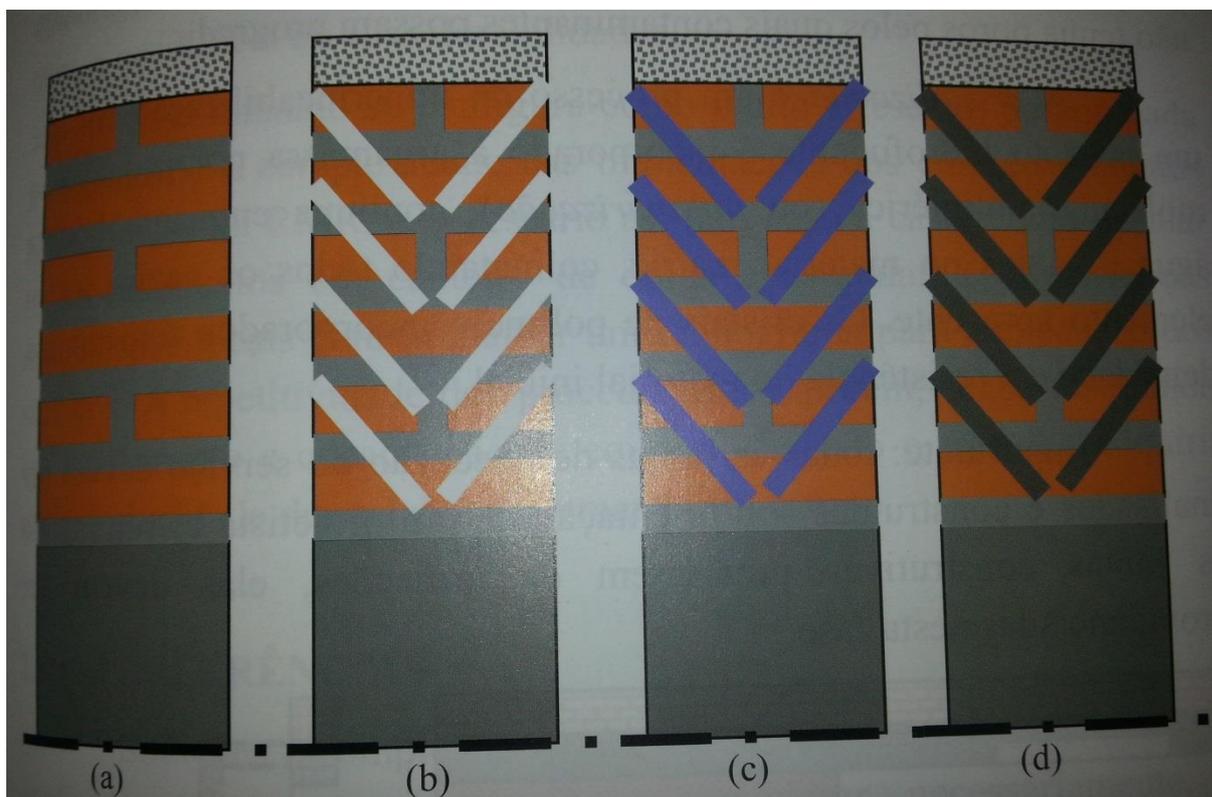


Figura 3.2 – Fonte: Gonçalves (2012)

indicados na figura a seguir, onde a segunda etapa (b) revela a execução de furos inclinados atravessando os tijolos, a seguir (etapa c) o enchimento dos furos com água e por fim (d) a aplicação de cristalizante por injeção. Na presença de água e poros do material matriz, a cristalização continua colmatando assim os vazios presentes; além do que, os cristais de polímero incorporados aumentam a densidade e a resistência inicial do material.

Quanto a reforço de embasamento, em Congresso Internacional sobre patologia e recuperação de estruturas (Córdoba, Argentina) os autores Sobrinho, Oliveira e Silva (2010) põe que este deverá atender aos seguintes critérios: aumento de resistência para absorver novas cargas advindas dos reforços na superestrutura; aumento da resistência para responder a possível perda provocada pela

deterioração dos blocos utilizados no embasamento e proteção do embasamento das ações de deterioração do meio (grifo meu).

Os autores apresentam duas propostas de recuperação/reforço estrutural constituídas de placas de concreto aderidas às alvenarias de embasamento; considerando a ausência de cintas de amarração em alguns embasamentos dois reforços são propostos: um com placas de concreto interligadas com trechos de concreto armado traspassante ao longo de toda extensão dos embasamentos (reforço em trechos discretos) e outro considerando a interligação das placas de reforço de concreto através da colocação de cintas contínuas nos dois lados do embasamento, interligados por barras de aço dobradas em forma de ganchos nas extremidades (reforço contínuo).

É interessante observar a idealização de reforço estrutural (desejável frente às questões já postas) contemplando a prerrogativa de durabilidade (proteção do meio); encontra-se na tendência atual, enquanto um tratamento dirigido a embasamento com uso de cristalizantes, ou mesmo a substituição dos blocos deixa a estrutura ainda sob ação do meio e sem ganho de resistência; uma solução tal qual a apresentada pelos mesmos é em muito interessante ao tema.

Um programa experimental é desenvolvido pelo autor, com amostras de embasamento em alvenaria dobrada com três fiadas de blocos sobre uma placa de concreto de dimensões 10 cm x 45 cm x 140 cm em três situações: fundação simples sem reforço, fundação com reforço contínuo e conectores e, por último, fundação com reforço discreto armado transversalmente (o esquema das 3 situações pode ser visto na figura abaixo).

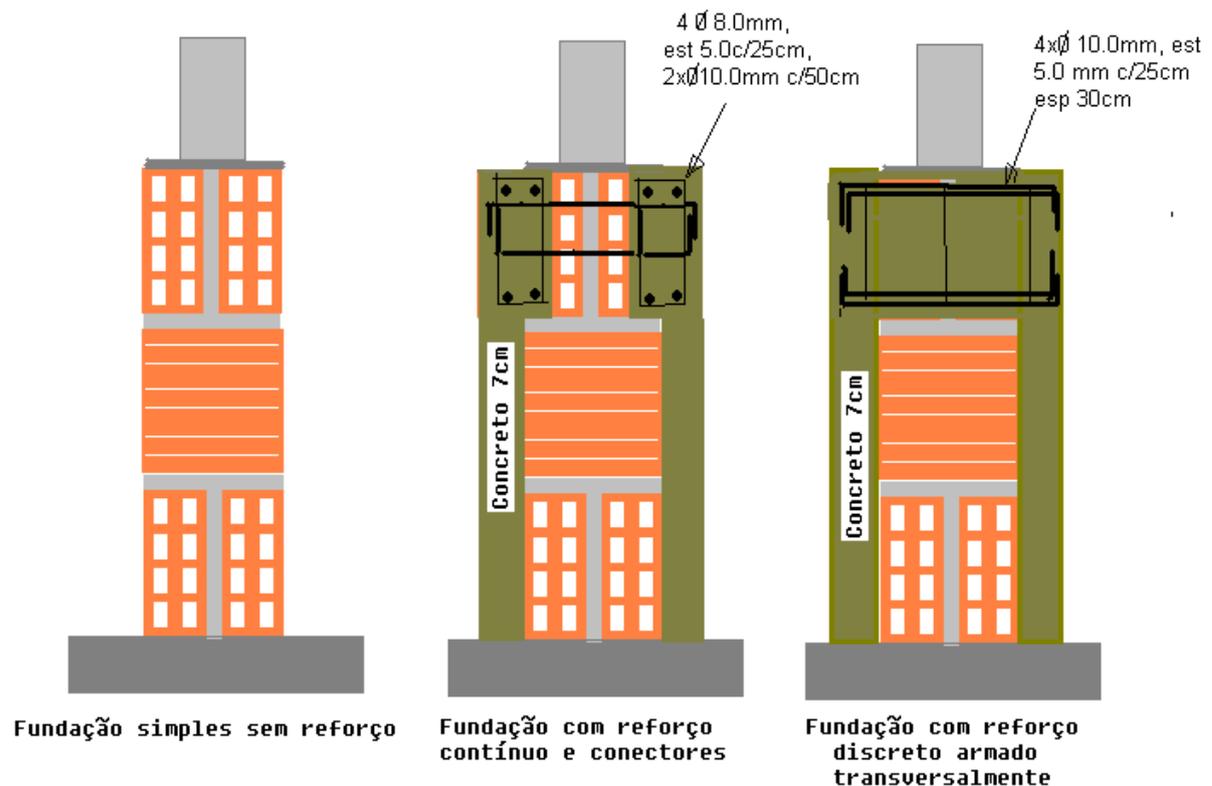


Figura 3.3 – Fonte: Sobrinho, Oliveira e Silva (2010)

O autor descreve os reforços como sendo: um na forma de cintas contínuas fixadas lateralmente na fiada mais elevada e envolvida com camada de concreto, recebendo travamento com conector, na forma de barras de 10 mm de diâmetro, a cada 0.5 m (reforço contínuo) e outro em prismas discretos armados com 4 barras de 10 mm com estribos, nas dimensões de 10 cm x 20 cm concretados no instante da confecção das capas de concreto.

Foram ensaiadas 18 amostras, 6 para cada situação (sem reforço, reforço discreto e reforço contínuo), chegando a seguinte tabela de resultados dos ensaios – cargas médias de ruptura dos embasamentos.

Protótipo do Embasamento	Carga Média de Ruptura (KN)	Medidas de Dispersão		Carga de Ruptura Característica (KN)
		σ (KN)	COV (%)	
Sem reforço	488,50	42,19	9,0	418,89
Reforço contínuo	897,33	111,72	12,4	712,29
Reforço discreto	1003,50	5,56	0,6	994,33

Tabela 3.1 – Fonte: Sobrinho, Oliveira e Silva (2010)

Pode ser notado o ganho significativo da resistência do embasamento pelo reforço dado. Dos tipos analisados o reforço discreto teve desempenho superior ao contínuo, sem demonstração de danos significativos até o limite da máquina de ensaio (pórtico de reação). Os autores comentam que os valores dos ensaios foram limitados a 1.000 KN, o que representa valores cerca de 205% superiores aos resultados obtidos no embasamento sem reforço; uma intervenção de reforço com esta solução certamente seria interessante as edificações sob risco.

Apontam ainda que, embora com desempenho inferior ao discreto, o reforço contínuo mostrou resultados elevados, com carga de ruptura média em torno de 900 KN, incrementando a resistência de 83,70%.

Feita a intervenção nos embasamentos, procede-se com o reaterro externo à edificação, bem como o aterro do caixão da fundação, que pode ser feito em camadas de 10 a 15 centímetros e cuja compactação poderá ser feita com equipamentos de apiloamento manual, com subsequente fechamento de toda e qualquer “janela” aberta no piso do apartamento térreo e sanados os incômodos aos seus moradores.

Quanto à alta porosidade dos tijolos, uma solução já foi apresentada (cristalização direta), além da impermeabilização nas duas faces do embasamento, que poderá ser feita, por exemplo, via argamassa rígida impermeável, cujo uso de aditivos, traço, etc. deverá ser adequado às condições de presença, variação sazonal do nível d’água, lançamento de águas servidas no solo adjacente à edificação (nos lugares onde não se dispõe de sistema de esgotamento sanitário), porém, em caráter orientativo, reproduzimos de Yazigi (2011) o quadro a seguir onde se pode identificar indicações de traços e consumo de cimento para diversos serviços de revestimento, inclusive o impermeável.

Ainda pode-se optar pela substituição dos blocos do embasamento por outros de porosidade adequada à função e condições a que estarão submetidos os mesmos. Esbarrando-se, contudo, no problema da grande difusão de resultados de porosidade que poderiam ser encontrados na situação hipotética de ensaio dos mesmos, considere-se ainda o uso de blocos de diversos fornecedores e lotes, o que cremos ser sugestivo em apontar algum outro reflexo da produção artesanal e

menos tecnológica, comparado ao que acontece com outros insumos da construção civil, como cimento, aditivos, etc.

SERVIÇOS	TRAÇOS (em vol.)	CONSUMO
Revestimento de subsolos	cimento: areia 1:2,5	2 kg pasta por saco cimento ou 220 g/m ² por centímetro
Revestimento impermeável de caixas-d'água, piscinas, alicerces	cimento: areia 1:3	2 kg pasta por saco cimento ou 185 g/m ² por centímetro
Revestimentos em geral	cimento: areia 1:4	140 g/m ² por centímetro
Emboço	cimento: cal: areia 1:2:10 1:2:8	2 kg pasta/50 kg aglomerado ou 160 g/m ² por centímetro
Concreto impermeável	consumo mínimo 350 kg/m ³	1% pasta imp./peso cimento 0,2% plastificante/peso de cimento

Figura 3.4 – Fonte: Yazigi (2011)

A resistência dos blocos, por outro lado, pode ser avaliada mediante ensaio normatizado facilmente, procedendo-se com a preparação dos blocos, capeamento, etc., e quando da ruptura dos blocos (no mínimo 6), segue-se o procedimento de cálculo (rotina) a seguir.

Onde,

fb_{k,est} será a resistência característica à compressão estimada a ser utilizada como instrumento de avaliação do lote (expresso em MPa)

fb₁, fb₂, fb₃, ..., fb_i são os valores das resistências dos blocos (dos ensaios) ordenados de maneira crescente, de modo que **fb₁>fb₂>fb₃>...>fb_i**

$$fb_{k_1} = 2 [(fb_1 + fb_2 + \dots + fb_{i-1}) / (i-1)] - fb_i$$

i poderá assumir dois valores:

- Se o número de blocos ensaiados (**n**) for par, **i=n/2**;
- Se o número de blocos ensaiados (**n**) for ímpar, **i=(n-1)/2**

Passa-se a calcular **fm** (média dos resultados) e **Φfb₁**, onde “Φ” é função do número de blocos, estando expresso na tabela a seguir.

Nº de blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
Φ	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

Tabela 3.2 – Fonte: NBR 15270-2 (ABNT,2005)

Se o valor de fbk_1 resultar maior que fbm (adotar $fbk,est=fbm$) se menor que Φfb_1 (adotar $fbk,est=\Phi fb_1$), no caso de estar no intervalo entre estes valores $fbk,est=fbk_1$. A aceitação do lote ocorrerá quando $fbk,est \geq fbk$, onde fbk é definido em projeto e, naturalmente, atendendo aos mínimos normativos (já vistos nesse texto).

Semelhantemente pode-se avaliar resistência de lotes no ensaio de prismas (NBR 15812) e/ou paredinhas, ensaios de uma melhor correlação com a situação de solicitação real, sendo, portanto, preferíveis aos ensaios dos blocos somente.

Relativo a ataque de sulfatos, embora aplicado a estruturas de concreto, o Prof. Eduardo Thomaz (Instituto Militar de Engenharia – IME) faz resumo de diversos artigos do qual tomamos alguns pontos, que podem ser aplicados naturalmente a sapatas corridas, reforço estrutural de fundação, ou blocos de concreto (caso de embasamento em blocos de concreto), argamassas a base de cimento, etc.; no caso de embasamento em blocos cerâmicos alguns tratamentos já foram vistos como cristalização direta, impermeabilização de ambos os lados, proteção, dos quais cabe aplicação devido ao interesse premente de colmatação dos poros dos blocos cerâmicos, pois, como visto, os poros são condicionantes da penetração e cristalização (ação física) dos sais (sulfatos, por exemplo).

Dentre as indicações, Thomaz, coloca, em ordem decrescente de eficiência, o baixo fator água/cimento (diretamente ligado à porosidade do concreto; como dito, porosidade condiciona ou não o fenômeno), alto consumo de cimento resistente a sulfatos (consumo $\geq 400 \text{ kg/m}^3$), uso de microsíllica (5 %, aproximadamente, da massa de cimento), uso de cimento com baixo teor de C3A (< 5%), cura úmida prolongada (evitar microfissuras, que poderiam propiciar entrada de sulfatos na massa de concreto), etc.

Partindo em direção agora ao combate da característica elastofrágil dos prédios-caixão, uma intervenção possível é o uso de cantoneiras intertravadas na estrutura; Sobrinho *et al* (2010) analisando o “Comportamento compressivo de reforço de paredes de edifícios construídos em alvenaria resistente empregando cantoneiras de aço” desenvolve modelo experimental em que pilaretes (por representar melhormente o encontro de paredes nas edificações de alvenaria resistente) têm reforço com cantoneiras no formato “L” de abas de 2”, espessura de 3/16” e contraventadas via parafusos de 5/16” espaçados de 70 cm. O modelo e detalhe de reforço, em forma de croqui, apresentado pelos autores pode ser visto na figura 3.5.

O comportamento compressivo dos pilaretes sem reforço pode ser visto na figura 3.6, note-se a forma de ruptura (frágil) característica do material.

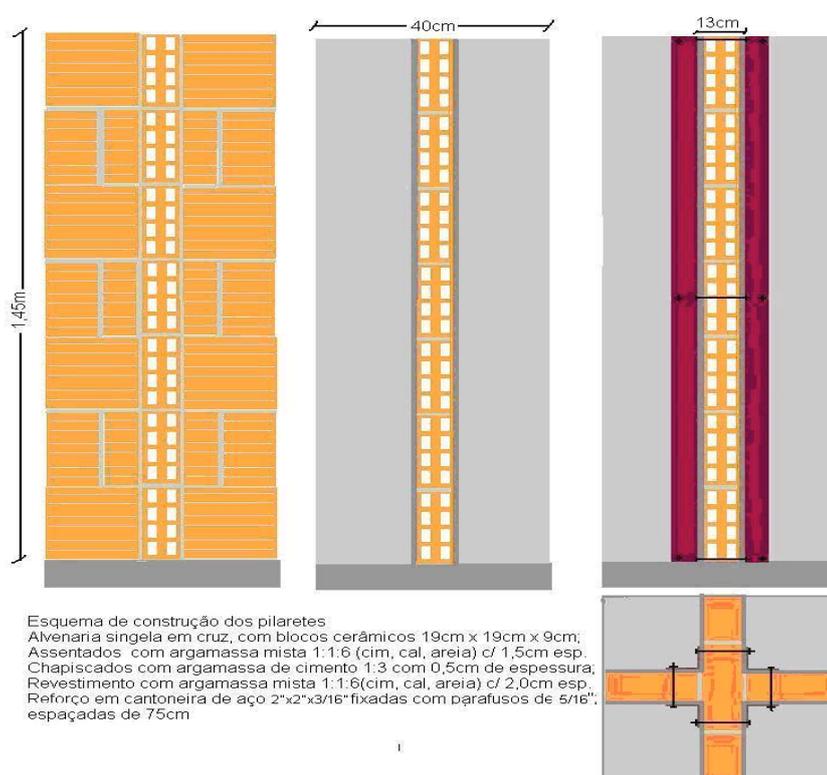


Figura 3.5 – Fonte: Sobrinho *et al* (2010)

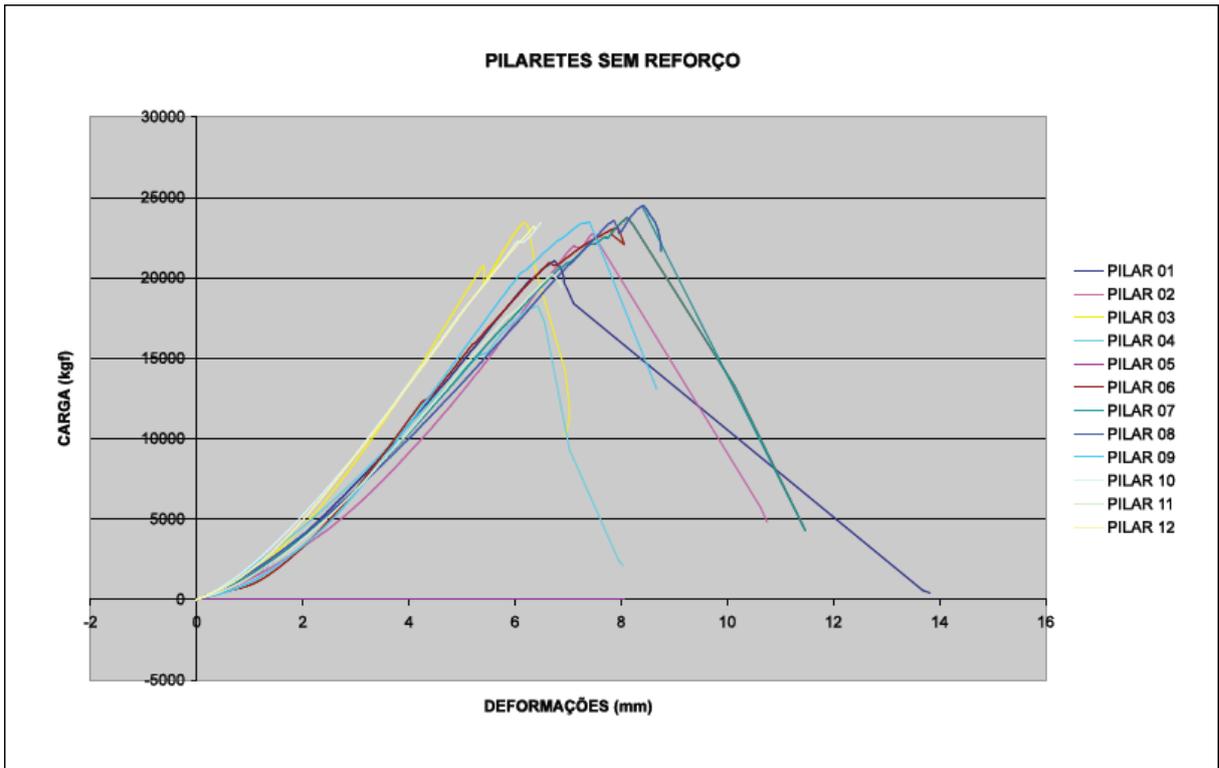


Figura 3.6 – Fonte: Sobrinho *et al* (2010)

O comportamento dos pilares reforçados pode ser visto na figura a seguir, onde podemos destacar que as cargas máximas de ruptura variaram de 180 KN a 250 KN (ligeiramente inferiores aos pilares não reforçados, onde a variação ficou entre 210 KN e 240 KN, menos dispersão), a variação poderia ser explicada pelo

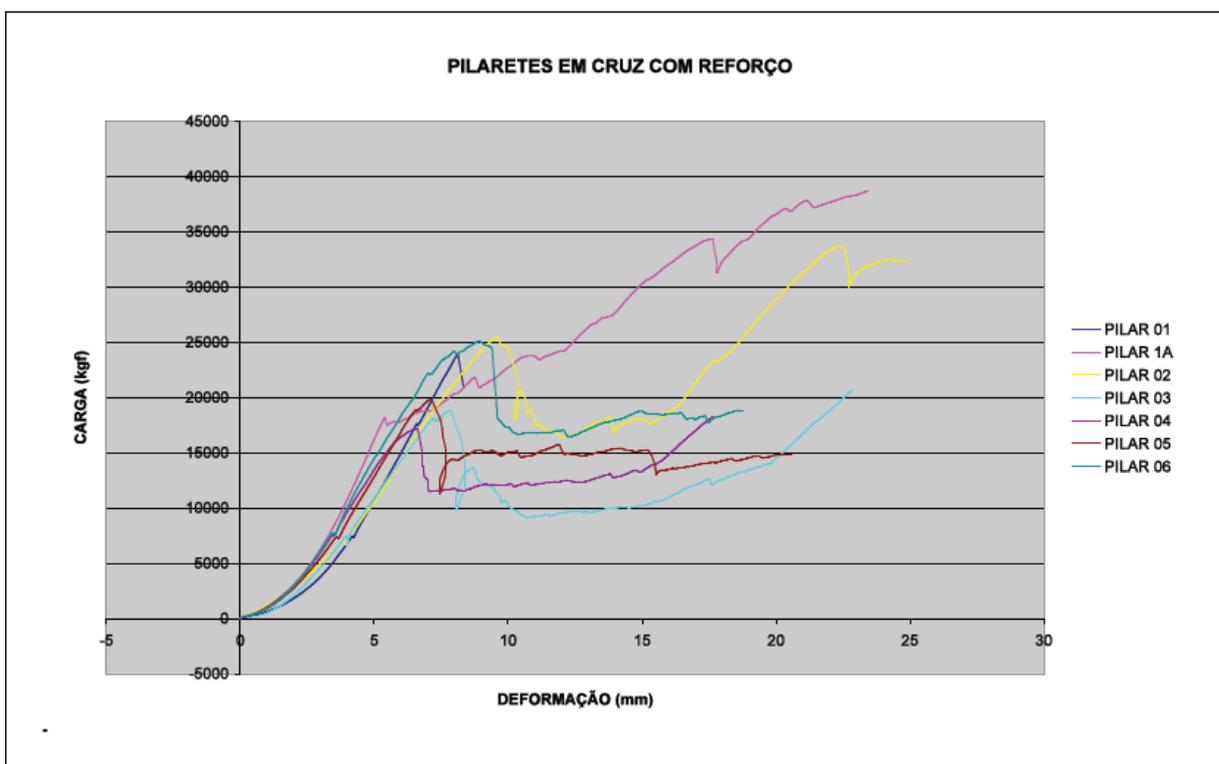


Figura 3.7 – Fonte: Sobrinho *et al* (2010)

fato de haverem os pilaretes passado por processo de furação e posterior colocação das cantoneiras (possível enfraquecimento dos mesmos por concentração de tensão nos furos), além disto, vê-se que “só a partir do contato entre o dispositivo aplicador de carga com as cantoneiras de reforço é possível perceber acréscimo de carga” (Sobrinho *et al*, 2010).

Os autores concluíram que o reforço com cantoneiras de aço nos encontros de paredes não foi eficiente no incremento de capacidade de carga, porém torna-se digno de nota, embora não fosse o objetivo do estudo, pode ser vista como uma solução de promover ou conferir ductilidade ao conjunto (edifício), haja vista que após encontro do aplicador de carga com as cantoneiras houve ganho de carga resistente, sem ruptura catastrófica, pois “após o colapso de cada pilarete, o trecho central de alvenaria fragmentado permaneceu retido entre as cantoneiras” (Sobrinho *et al*, 2010).

Notadamente, a exposição dum embasamento ao contato de águas servidas tende ao comprometimento deste (desempenho e durabilidade comprometidas), pelo que, não sendo possível mudar o ambiente em que se encontram os embasamentos, cuidados adicionais deverão ser tomados com os mesmos, a exemplo dos supracitados.

Além dos problemas mencionados, outro grande mal das edificações em alvenaria resistente é a questão do mau uso das edificações (ativo ou passivo). Onde, não outro, mas o proprietário/usuário mesmo é o responsável pela deterioração da edificação.

O mau uso ativo pode ser caracterizado como a atuação direta do proprietário/usuário ou similar no prédio fazendo reformas (sem acompanhamento ou permissão de responsável técnico legal) com abertura de vãos, sobrepeso na estrutura (com execução de sobrepisos, aplicação de cerâmica sobre outra existente – bastante comum de ser visto hoje), uso da edificação para fim distinto daquele para o qual fora projetada, a exemplo do uso comercial de apartamentos (residenciais).

Por sua vez, o mau uso passivo proporcionado pelo desconhecimento ou mesmo negligência do usuário/proprietário com respeito à necessidade de

manutenção do edifício. Embora tanto o sistema convencional (reticulado, em concreto armado) quanto na alvenaria estrutural (ou na alvenaria resistente) o edifício possa ser alvo (e geralmente o é) do mau uso passivo, o efeito parece maior nesta última.

O concreto armado é menos sensível à falta de manutenção (e mesmo no caso de reformas, sobrepeso, etc., apresenta melhor *performance* que blocos cerâmicos - tijolos) tendo porosidade menor que estes, resistência mecânica maior, além da ampla absorção de suas propriedades pela comunidade técnico-científica.

Por outro lado, os blocos cerâmicos (talvez por serem maciçamente conhecidos apenas na função de vedação) têm produção bem pouco servida de tecnologia na produção e no controle da produção, estando em certo descaso quando comparada ao concreto, um cenário que tende a mudar com a maior difusão das alvenarias estruturais.

Haja vista nada terem a ver alvenarias com a estrutura (em se tratando do sistema convencional), senão considerando-as como sobrecarga, o mesmo não padece com abertura de vãos, demolição de paredes, o que na alvenaria estrutural (e na resistente) induziria a uma redistribuição (pouco eficiente) de cargas entre as paredes portantes remanescentes, sobrecarregando as mesmas e talvez provocando seu colapso.

Em se tratando de falta de manutenção em fachadas, o dano de uma infiltração decorrente se potencializa muito mais que no sistema convencional, semelhantemente no caso de falha consequente de manutenção ausente do sistema hidráulico-sanitário, onde é maior a preocupação que no sistema reticulado, devido à susceptibilidade do sistema alternativo (estrutural ou resistente), com responsabilidade estrutural distribuída pelos painéis portantes, ou seja, é mais fácil de se causar algum dano estrutural (enquanto no convencional o dano ocorrerá ao se atingirem as retículas, vigas, pilares, etc.), além da baixa tolerância das paredes portantes a ações assim.

Paredes constituindo o arcabouço estrutural do prédio pressupõem a compatibilização dos diversos projetos (estruturas, hidráulica, elétrica, refrigeração, sanitária, etc.), rasgos na alvenaria para embutimento de eletrodutos e/ou

instalações hidro-sanitárias são indevidos no sistema, o que na verdade é emblemático na construção civil de uma tendência crescente de *racionalização*, evitando-se os desperdícios e na qual a recursividade praticamente desaparece.

Sendo assim, como parte da entrega ou recuperação de prédios executados em sistema não convencional, diante do já exposto, pode-se trabalhar com, pelo menos, três frentes de ação: o desenvolvimento da consciência do usuário, a concepção dum plano de manutenção condominial e a elaboração/entrega de material-texto do apartamento.

Desconhecendo o potencial do dano de uma ação como reformas não autorizadas, sobrecargas, mau uso ativo ou passivo, o proprietário pode arriscar a si e a outros; desse modo, não somente o ensino nas escolas de engenharia a respeito do tema se torna importante, mas também o contato social de maneira mais clara. Realização de exposições simplificadas e de curta duração a possíveis interessados na compra de prédio nesse sistema.

A existência e seguimento de plano de manutenção (condominial), o qual poderia ser semestral, por exemplo; em que o condomínio teria vistorias periódicas (trimestrais, por exemplo), analisando questões como manutenção de fachada, problemas de infiltração, manutenção de sistema hidráulico-sanitário, etc.

Ademais, um material-texto primitivo utilizável para vistorias e conhecimento de usuários de sistemas não convencionais (prédios-caixão, inclusive) poderia abordar questões como:

- Trincas, fissuras: Há ocorrências de fissuramento/trincamento? É superficial? Progride ao longo do tempo? Localizada ou se estende? Ocorre em outros apartamentos? (Para Causas de Fissuras, prevenção e tratamento tem-se o texto de Thomaz, 2007);
- Infiltração: Há sistema de refrigeração? Foi previsto no projeto? Executado corretamente? As fachadas e coberta estão em bom estado de manutenção? Existem vazamentos hidráulico-sanitários não sanados? Que duração têm?
- Terreno: É acidentado ou plano? É arenoso (alta permeabilidade) ou argiloso? Vegetação arbórea nas proximidades da edificação? Sistema

de coleta de esgotos existente ou servido de sistema individual (fossa séptica)? No caso de uso de fossa séptica está com manutenção em dia? Localiza-se a distância adequada do prédio? A água existente no solo apresenta agressividade à edificação? Se sim, as devidas precauções foram tomadas no tratamento dos materiais?

- A empresa executante do projeto apresenta idoneidade? Profissionais são habilitados/qualificados para o exercício do trabalho? O(s) projeto(s) está(ão) disponível(eis)? (Quanto ao conhecimento técnico a consulta a um profissional de confiança poderia ser realizada)

CONCLUSÃO

Visto ser patente a presença de manifestações patológicas nos prédios-caixão, neste trabalho ressaltaram-se ao menos duas causas apontadas em laudos de interdição ou desabamento de em três grandes grupos: caixão vazio (estado de flexocompressão induzido) e pelo uso de embasamento externo singelo (**Falha ou insuficiência de projeto**), onde tanto a solicitação do embasamento como a alvenaria de embasamento parece haverem-se desencontrado; baixa resistência do bloco e alta porosidade – do bloco – (**Baixa qualidade do material**) trazem em relevo a questão artesanal da produção, com controle de qualidade inexistente ou ineficaz; e, por fim, EPU e ataque de sulfatos (**Causas ambientais**), figurando como patologias “material x meio”. Desde substituição, reforço, cristalização direta, impermeabilização, proporcionamento de ductilidade à edificação via uso de cantoneiras intertravadas, etc., torna-se possível dar à estrutura, às famílias envolvidas e sociedade em geral, solução de engenharia para o quesito; não prescindindo da conscientização social a respeito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, T. **Durabilidade do Concreto**. In: ISAIA, G. C. **CONCRETO. Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, 2005. V 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, ABNT, 1994. 6 p.

_____. **NBR 7170**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, ABNT, 1983. 4 p.

_____. **NBR 7171**: Bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, ABNT, 1992. 8 p.

_____. **NBR 7173**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural. Rio de Janeiro, ABNT, 1982. 3 p.

_____. **NBR 8789**: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, ABNT, 1985. 15 p.

_____. **NBR 10837**: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, ABNT, 1989. 21p.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 2005. 15 p.

_____. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, ABNT, 2005. 15 p.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução**. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. - 5ª ed. Rio de Janeiro, 2002.

COÊLHO, R. S. A. **Alvenaria estrutural**. São Luís: UEMA, 1998.

FALCÃO BAUER, L. A., **Materiais de Construção, Vol. 2.** LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. – 5ª ed. Rio de Janeiro, 1995.

GONÇALVES, D. **Recuperação estrutural de prédios na RMR: alguns ativos técnicos** In: **Engenharia para Prédios-Caixaão na Região Metropolitana do Recife.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012.

GONÇALVES, D.; SOUZA, J. I. **Pesquisas e padronização de blocos cerâmicos para produção de edificações na RMR** In: **Engenharia para Prédios-Caixaão na Região Metropolitana do Recife.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012.

GONÇALVES, D., *et al.* **Histórico, experiências e características das construções em alvenaria resistente na RMR** In: **Engenharia para Prédios-Caixaão na Região Metropolitana do Recife.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012.

MARTINS, L. E. M. A. **Aspectos mais relevantes e desfavoráveis à estabilidade de edificações, com a utilização de alvenaria resistente** In: **Engenharia para Prédios-Caixaão na Região Metropolitana do Recife.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012

MARTINS, L. E. M. A., *et al.* **Projeto estrutural, memorial descritivo e especificação técnica dos procedimentos de reforço de alvenarias** In: **Engenharia para Prédios-Caixaão na Região Metropolitana do Recife.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012

MELO, MAURO JOSÉ DE ARAÚJO CAMPELO. **Análise de laudos emitidos sobre “prédios tipo caixaão” da região metropolitana do recife: causas apontadas para os desabamentos e interdições.** Dissertação (Mestrado), Universidade Católica de Pernambuco (2007).

PIRES SOBRINHO, C. W. A. ; MELO, L.V. **The Importance of the Analysis of Aggressiveness of Groundwater in the Structures of Concrete Foundation in the Metropolitan Area of Recife.** Pernambuco, Brazil. In: Aci Sp-207 - High-Performance Concrete, 2002, Recife. Third International Conference, 2002.

PIRES SOBRINHO, C. W. A. ; MELO, L. V. **Sistema construtivo em alvenaria utilizado na Região Metropolitana do Recife, nordeste do Brasil: razões**

técnicas de sua inviabilidade. Belo Horizonte, Brazil. In: VII International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, 2002.

PIRES SOBRINHO, C. W. A. ; OLIVEIRA, R. A. ; SILVA, F. A. N. **Análise de modelos para reforços de embasamentos em alvenaria para edifícios construídos em alvenaria resistente.** In: VI Congreso internacional sobre patologia y recuperación de estructuras, Córdoba-Argentina, 2010.

PIRES SOBRINHO, C. W. A. *et al.* **Comportamento compressivo de reforço para paredes de edifícios construídos em alvenaria resistente empregando cantoneiras de aço.** In: VI Congreso internacional sobre patologia y recuperación de estructuras, Córdoba-Argentina, 2010.

SILVA, F. J. H. **Segurança estrutural de prédios em alvenaria resistente na RMR** In: **Engenharia para Prédios-Caixaõ na Região Metropolitana do Recife.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012.

SILVA, F. J. H.; FURTADO, M. L. S. **Levantamentos e estudos do ITEP e da CAIXA** In: **Engenharia para Prédios-Caixaõ na Região Metropolitana do Recife.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012.

TAUIL, C. A.; NESSE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural.** São Paulo: PINI, 2010.

THOMAZ, E. C. S. **Ataque de sulfatos ao concreto de cimento Portland.** Disponível em: <
http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/ataque_por_sulfatos.pdf> Acesso em 25 nov. 2015.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifício: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Pini, 2007.

YAZIGI, W. **A Técnica de edificar.** 11^a ed. rev. e atual. São Paulo: Pini. SindusCon, 2011.

ZARZAR JÚNIOR, F. C. *et al.* **Patologias de fundações de edifícios causadas por ações ambientais.** In: VI Congreso internacional sobre patologia y recuperación de estructuras, Córdoba-Argentina, 2010.