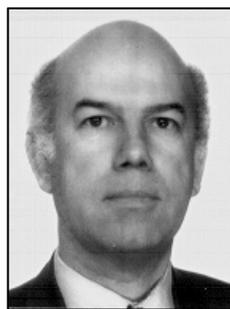


PATOLOGIA EM PAREDES DE ALVENARIA: CAUSAS E SOLUÇÕES



J. MENDES DA SILVA
Professor Auxiliar
Dep. Eng.^a Civil - FCT
Universidade de Coimbra



Vitor ABRANTES
Professor Catedrático
Faculdade de Engenharia
Universidade do Porto

SUMÁRIO

As paredes de alvenaria mantêm em Portugal uma grande implantação no domínio da construção de fachadas e divisórias de edifícios correntes. O seu contributo para o desempenho geral das fachadas é relevante mas não deve ser encarado de modo autónomo. Só uma visão integrada (contemplando uma abordagem técnica detalhada de cada factor) pode conduzir a uma progressiva melhoria da qualidade das paredes de alvenaria. Há cerca de cinco, em evento congénere e sobre o mesmo tema, enfatizaram-se os problemas e soluções ligados à fissuração das paredes de alvenaria. Retoma-se, primeiro, essa abordagem para depois, com recurso a exemplos de erros frequentes, se partir para uma visão mais abrangente.

1. INTRODUÇÃO

As paredes de alvenaria têm merecido, nos últimos anos, uma atenção crescente, ainda que insuficiente e com resultados pouco visíveis ao nível do seu desempenho final. São crescentes os esforços ao nível da legislação, da certificação de produtos, da investigação e da criação de ferramentas técnicas, mas os resultados são lentos. No campo dos materiais há sinais evidentes do interesse por novos produtos mas ainda não foram dados passos de escala decisiva na produção. As alvenarias vêem, assim, uma dignidade adiada, com uma evolução lenta pontuada aqui e ali por exemplos positivos de relevo, mas também por recorrentes anomalias que não

permitem esquecer uma tradicional conotação deste sistema construtivo com técnicas ultrapassadas e incapazes de responder às exigências do presente e do futuro.

Qualquer apreciação geral é abusiva e a observação criteriosa desta tecnologia e da sua utilização na construção portuguesa nos últimos anos permite algum optimismo, sem que com isso se desvalorizem os insucessos. É sobre estes que se debruça a presente comunicação.

Em Seminário congénere no Porto em 2002, abordou-se a mesma temática geral em comunicação intitulada “Alvenarias não estruturais - Patologias e estratégias de reabilitação”[1]. Não obstante as evoluções verificadas, mantêm-se actuais as preocupações e estratégias então apresentadas e discutidas. Não faz sentido a sua repetição – uma vez que estão devidamente documentadas e acessíveis – mas também não faz sentido que se ignorem totalmente se, de facto, mantêm actualidade. A reflexão continuada e, por vezes, repetida sobre as matérias da construção contribuem para a sua melhoria e renovação.

Optou-se, assim, numa primeira fase, por recordar a temática geral então abordada e, depois, dar uma contribuição de maior detalhe técnico, escolhendo doze anomalias das paredes de alvenaria (ou das fachadas onde habitualmente se integram) para ilustrar melhorias que devem ser empreendidas.

2. ALVENARIAS NÃO ESTRUTURAIS – PATOLOGIAS E ESTRATÉGIAS DE INTERVENÇÃO – UMA RETROSPECTIVA

2.1. Estrutura e temática geral

No texto anterior já referido [1] aborda-se a influência das alterações das fachadas nas últimas décadas no seu desempenho e identificam-se, como principais, as seguintes:

- Introdução de novos materiais;
- Modificação das características de materiais existentes;
- Aligeiramento global das paredes, acompanhando o aligeiramento da construção;
- Alterações tecnológicas, no que diz respeito à filosofia da concepção;
- Alterações tecnológicas, no que diz respeito às técnicas de execução;
- Introdução de materiais com funções complementares;
- Introdução de acessórios/componentes complementares;
- Introdução de novos tipos de revestimento;
- Evolução/alteração de revestimentos tradicionais (características dos materiais e técnicas de aplicação).

A evolução esteve sempre ligada a objectivos de melhoria do desempenho e maior rentabilidade, mas, de forma quase inevitável, ao resolver alguns dos problemas anteriores foram introduzir novas variáveis não controladas, originando novas anomalias e novos desafios de melhoria. Também a crescente exigência das sociedades e a consciência ambiental constituem novos desafios. Importa, por exemplo, ver como respondem as alvenarias à recente actualização das exigências de comportamento térmico dos edifícios regulamentadas em Abril

de 2006, após o agudo desafio de 1990. Nessa data, surgiu, entre outros, o problema da correcção das pontes térmicas que, apesar de atenuado, não está totalmente solucionado.

A sistematização da abordagem das anomalias não estruturais – em particular no caso das paredes de alvenaria – das suas causas e agentes constituiu a segunda grande preocupação e baseou-se nos documentos introdutórios do 1º ENCORE realizado no LNEC em 1985, que não podem deixar de continuar a considerar-se documentos orientadores [2].

A fissuração (e os fenómenos de humidade e envelhecimento associados) têm constituído, desde há muito, a nossa maior preocupação [3, 4], pelo que no documento então apresentado [1], lhe é dado particular destaque, com a seguinte sequência:

- Fissuração de paredes de alvenaria;
 - Causas da fissuração de paredes e alvenaria;
 - Fissuração dos revestimentos tradicionais;
 - Prevenção da fissuração de origem térmica;
- Estratégias de reabilitação de paredes de alvenaria;
 - Estratégias tradicionais de reabilitação de patologias não estruturais;
 - Estratégias para reabilitação de paredes de alvenaria fissuradas;
 - Precauções na reabilitação de fissuras em "ponte".

Todas estas preocupações merecem ser revisitadas, porque deve ser permanente a procura de novas soluções e porque, nalguns casos, a experiência tem vindo a consolidar-se com a aplicação em obra, nomeadamente no que diz respeito ao grampeamento de paredes pós-construção, à utilização de armaduras de reforço e à reconstrução de cunhais. Seleccionou-se, para reavivar a reflexão, o quadro então apresentado sobre as estratégias básicas de intervenção em situações de anomalia não estrutural (ver Quadro 1), com exemplos de aplicação para o caso da fissuração em paredes de alvenaria. Independentemente da limitada resposta técnica que este pequeno exemplo consegue dar, a metodologia é relevante e merece ser ensaiada.

O Quadro 2 [3], diversas vezes discutido e agora publicado aborda a sempre complexa partilha de responsabilidades entre o projecto e a execução das alvenarias, no que toca às situações de patologia. A sua inclusão neste texto pretende recentrar a discussão no projecto, que deve ter um papel decisivo mas suficientemente discreto para que as alvenarias possam desempenhar, não só o papel principal, quando for caso disso, mas também as funções complementares, como peças de um complexo sistema, onde, porventura possam não ser as mais determinantes.

Antes de abordar, nas secções seguintes, várias anomalias das paredes de alvenaria e das fachadas que exigem a nossa atenção presente, reafirmam-se convicções anteriores sobre os maiores desafios que se colocam ao sector: (i) Integrar a avaliação da qualidade das alvenarias num sistema global de avaliação da qualidade do edifício; (ii) Sensibilizar os projectistas e criar ferramentas de projecto; (iii) Investir na progressiva qualificação da mão-de-obra e na organização da produção; (iv) Promover e apoiar a investigação, tendo em conta a realidade nacional; (v) Melhorar a eficácia dos mecanismos de transferência tecnológica; (vi) Reforçar, de forma integrada, os instrumentos formais de Certificação, Normalização, etc.; (vii) Conhecer e controlar os materiais; (viii) Melhorar a aplicação; (ix) Construir alvenaria armada; (x) Fabricar formatos complementares; (xi) Projectar as alvenarias.

Quadro 1: Exemplos da concretização das estratégias gerais de reabilitação de patologias não estruturais para o caso da fissuração de paredes de alvenaria [1]

ESTRATÉGIA	CONDICIONANTES	Exemplos de intervenção em situações de fissuração
<i>Eliminação das anomalias</i>	<p>Consiste na reparação das fissuras.</p> <p>A eficácia depende do tipo de fissura e da sua estabilização. Nalguns casos pode ser feita por mera pintura decorativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Criação de rebaixos nas alvenarias ou nos revestimentos, sobre a fissura; <input type="checkbox"/> Aplicação de tiras de papel adesivo ao longo da fissura, para criação de uma "ponte"; <input type="checkbox"/> Colocação revestimento armado sobre a fissura, não aderente a esta.
<i>Substituição dos elementos mais afectados</i>	<p>Solução radical e muito onerosa.</p> <p>Frequentemente necessária em cunhais, paredes de tijolo face à vista e fissuras de grande abertura.</p> <p><i>Pode não eliminar a causa.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Demolição total ou parcial das paredes – em situações de esmagamento nos apoios, fissuras graves trespassando tijolo à vista e argamassa. <input type="checkbox"/> Demolição de cunhais não travados ou com travamento sem a adequada resistência à expansão de um dos panos confinantes. <input type="checkbox"/> Demolição ou remoção de peitoris e outros acessórios fissurados. <input type="checkbox"/> Reconstrução das zonas demolidas e substituição dos acessórios removidos com técnicas e materiais mais adequados, incluindo frequentemente armaduras nas juntas, grampeamento, montantes de travamento e armaduras do revestimento.
<i>Ocultação das anomalias</i>	<p>Solução geralmente económica. Pode ser definitiva se garantir o desempenho funcional do elemento construtivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Construção de pano de parede adicional; <input type="checkbox"/> Aplicação de revestimentos complementares desligados ou com significativa flexibilidade. <input type="checkbox"/> Aplicação de cobre juntas, sancas ou rodapés em fissuras estabilizadas de desenvolvimento muito regular (horizontais ou verticais)
<i>Protecção contra os agentes agressivos</i>	<p>Confunde-se frequentemente com a eliminação das causas ou com o reforço das características funcionais. É preferível como medida preventiva.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Protecção contra as diversas formas de acesso da humidade; <input type="checkbox"/> Colocação de isolamento térmico; <input type="checkbox"/> Criação de juntas no contacto com elementos construtivos que transmitam cargas "parasitas", etc.
<i>Eliminação das causas das anomalias</i>	<p>É a acção mais eficaz, mas frequentemente impossível ou economicamente inviável. Obriga também, em geral, à eliminação da anomalia.</p> <p><i>Exemplos idênticos aos indicados para a "protecção contra os agentes agressivos".</i></p>	
<i>Reforço das características funcionais</i>	<p>Não é, em geral, aplicável às alvenarias numa fase correctiva, mas sim numa fase preventiva.</p>	

Quadro 2: Principais aspectos do projecto e da construção responsáveis por anomalias das alvenarias de tijolo [3]

PROJECTO	CONSTRUÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> • Deficiente avaliação do desempenho da parede, quer na globalidade, quer na ligação a outras partes do edifício, no que respeita à penetração da água, durabilidade e comportamento estrutural; • Insuficiente avaliação e determinação das propriedades a exigir ao tijolo e à argamassa; • Especificações de materiais, testes e técnicas de execução omissas ou vagas, remetendo para “procedimentos habituais de qualidade reconhecida” e para a “experiência da mão-de-obra”; • Pormenorização incompleta, com utilização excessiva de desenhos tipo, eventualmente não adaptados à obra em causa, deixando a verdadeira pormenorização para a fase de execução; • Negligência na determinação dos movimentos previsíveis, na definição das exigências do suporte (em particular em paredes de fachada) e imposição das necessárias juntas de expansão-contracção, quer verticais, quer horizontais; • Negligência na determinação das exigências estruturais das paredes exteriores face à acção do vento e na adopção das soluções construtivas delas decorrentes (grampeamento, apoios suplementares, etc.); • Negligência na previsão das deformações estruturais e da sua influência sobre as alvenarias, em particular nos fenómenos de fissuração; • Desconhecimento ou má interpretação e aplicação dos códigos, regulamentos e bibliografia técnica e científica da especialidade. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Deficiente compreensão do projecto, no que respeita aos pormenores construtivos e às características a exigir aos materiais; ◆ Desconhecimento do funcionamento de impermeabilizações, rufos e barreiras pára-vapor e insuficiente compreensão técnica das respectivas exigências em termos de execução; ◆ Instalação incorrecta (ou omissão) de barreiras de impermeabilização e rufos previstos em projecto; ◆ Execução incorrecta (ou omissão) de juntas de expansão-contracção prevista em projecto; ◆ Deficiente preenchimento de juntas verticais e horizontais; ◆ Instalação incorrecta de grampos ou outros elementos de ligação; ◆ Acabamento desapropriado para as juntas de assentamento e criação de juntas de assentamento com espessuras excessivas; ◆ Acumulação de restos de argamassa no fundo da caixa de ar, caídos durante a execução; ◆ Formação de ressaltos de argamassa na caixa de ar, permitindo o contacto entre panos e a transferência de humidade entre eles; ◆ Não instalação de furos de ventilação e drenagem nas paredes; ◆ Negligência na limpeza das saliências das juntas de argamassa, quando a parede se destina a receber isolamento térmico, que ficará, assim, afastado da parede interior; ◆ Utilização de argamassas com composição química inadequada, incluindo, por exemplo, substâncias expansivas; ◆ Negligência na avaliação das condições atmosféricas durante a execução da obra (temperatura e humidade); ◆ Negligência na comunicação ao projectista de pormenores não executáveis ou de alterações adoptadas em obra.

3. ERROS E DEFEITOS EM PARESES DE FACHADA – SITUAÇÕES A PREVENIR

3.1. Descrição geral

A patologia da construção deve ser sempre encarada como um passo – indesejado mas praticamente inevitável – rumo à qualidade. Todas as correntes filosóficas da “certificação da qualidade” – divulgadas e implantadas através das normas ISO nos últimos anos – sublinham a necessidade da melhoria constante e o imperativo de encontrar oportunidades de melhoria em cada experiência de insucesso (ou não-conformidade), mediante acções correctivas formalmente definidas e posteriormente avaliadas.

A abordagem que agora se faz de erros e defeitos em paredes de fachada tem o duplo objectivo de, por um lado, recordar periodicamente o que é conhecimento consolidado sobre estas matérias (uma vez que os actores, as obras e as circunstâncias evoluem e assim o aconselham) e, por outro, contribuir de forma pontual e muito direccionada para a discussão e melhoria das condições de execução de pormenores construtivos que tendem a ser menosprezados e que afectam o desempenho geral das fachadas.

Os casos escolhidos, num total de doze, não resultam, nem de uma análise estatística dos defeitos mais significativos na construção de fachadas, nem da tentativa de estabelecer um catálogo que cubra, de modo uniforme, as diferentes abordagens, materiais ou funções das fachadas.

Esta selecção tem, tão só, a justificação de, ao longo dos últimos anos, nas experiências de inspecção ou reabilitação acompanhadas, se terem apresentado de forma repetida mas, na maior parte dos casos, com níveis de manifestação que indicam que a sua prevenção está ao alcance das soluções gerais de projecto. Para outro tempo fica o retomar da filosofia geral da patologia e reabilitação das alvenarias não estruturais, recordada nas secções anteriores.

Nos doze títulos que se seguem, e que adiante se listam, faz-se uma breve abordagem de erros e defeitos, suas consequências e forma de manifestação, com particular preocupação com as estratégias de prevenção. A reabilitação exige maior detalhe técnico e para ela se reservam outros momentos. Os títulos das secções seguintes são:

- Juntas de dilatação inadequadas;
- Apoio deficiente das paredes para correcção das pontes térmicas;
- Ausência de grampeamento em paredes duplas;
- Deficiente execução da caixa-de-ar de paredes duplas;
- Erro de escolha ou colocação de isolamento térmico nas caixas-de-ar;
- Erros na utilização de barreiras pára-vapor e de pinturas impermeáveis;
- Protecção inadequada contra a humidade ascensional;
- Preparação e aplicação inadequadas de rebocos hidráulicos tradicionais;
- Aplicação inadequada de revestimentos cerâmicos;
- Execução de peitoris com geometria e materiais inadequados;
- Fissuração da alvenaria sobre suportes muito deformáveis;
- Erros frequentes em paredes de tijolo face-à-vista;

3.2. Juntas de dilatação inadequadas

A inexistência de juntas de expansão/contracção (vulgarmente conhecidas como “juntas de dilatação”) nas paredes de alvenaria de extensão considerável conduz, frequentemente, a fenómenos de fissuração, esmagamento localizado e destacamento de revestimentos. Estas anomalias resultam do facto de haver movimentos naturais de expansão ou contracção - resultantes de variações de teor de humidade ou temperatura - que estão total ou parcialmente impedidos, por ausência ou inadequação das referidas juntas. Estes movimentos, uma vez impedidos, vão equivaler, em termos de efeito mecânico, a uma deformação imposta e, consequentemente, a uma significativa tensão interna da alvenaria, com maior expressão, em geral, na direcção horizontal. A situação é agravada se os materiais apresentarem movimentos irreversíveis significativos (expansão nos tijolos e retracção nos blocos de betão) [3].

A tensão média instalada, quando é de compressão, pode não representar o maior perigo para a alvenaria, uma vez que esta tem, em geral, elevada resistência para este tipo de esforço. Todavia, o facto de este ser um fenómeno marcadamente horizontal, vai provocar concentração de tensões em vários pontos e tensões de corte elevadas na interface entre o tijolo e as juntas horizontais de argamassa. As primeiras resultam em esmagamento e destacamento lateral e as segundas em fissuração horizontal, com levantamento das faixas superiores da alvenaria, menos sujeitas a cargas verticais. Quando as tensões são de tracção é praticamente inevitável a fissuração horizontal das juntas de assentamento e a fissuração vertical na ligação a elementos confinantes com maior rigidez. A restrição de movimentos conduz, ainda, à criação de tensões de corte na ligação aos revestimentos rígidos, como se analisa em secção própria.

As juntas de expansão/contracção devem ser dimensionadas para acomodar, pelo menos, o movimento que resulta da multiplicação do comprimento da parede pelo coeficiente de dilatação térmica linear da alvenaria e pela variação máxima previsível da temperatura fictícia “ar-sol”, isto é, tomando em consideração, não só a variação da temperatura do ar, mas também a variação de temperatura da superfície, resultante da radiação solar e da cor do revestimento. As juntas devem ser adequadamente vedadas com produtos elastómeros e eventuais protecções metálicas, para prevenir a entrada de água e a sua degradação.

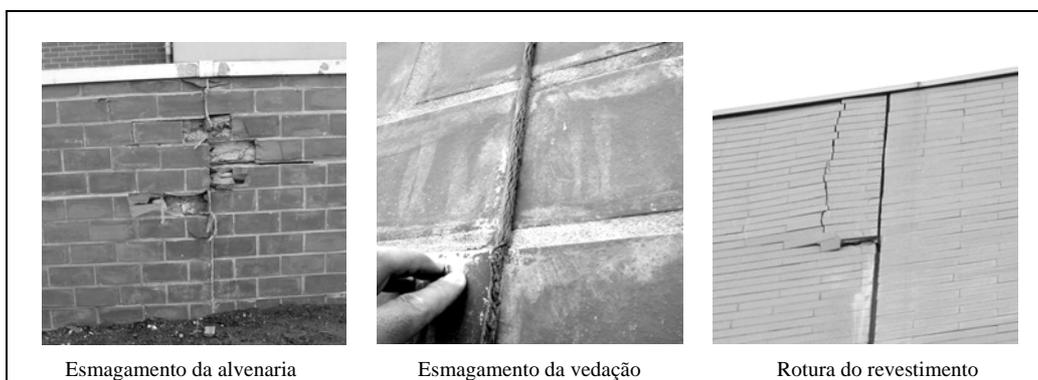


Figura 1: Efeitos do incorrecto dimensionamento ou execução de juntas de expansão

3.3. Apoio deficiente das paredes para correcção das pontes térmicas

As assimetrias de resistência térmica das fachadas conduzem ao fenómeno conhecido por “pontes térmicas” cujo efeito se impõe evitar ou, pelo menos, minimizar, e que se traduz numa perda de energia significativa e na formação de condensações superficiais internas com consequente formação de fungos e bolores. Além das consequências ao nível do conforto estético e visual e da durabilidade dos materiais, o fenómeno afecta, ainda, a salubridade dos locais, sendo frequentemente responsável por alergias e afecções respiratórias. O fenómeno das condensações superficiais interiores, que não é objecto desta abordagem, é um fenómeno complexo cuja solução passa sempre pela conjugação da ventilação (e/ou redução da produção de vapor de água), do aquecimento interior e do reforço de isolamento térmico.

A correcção das pontes térmicas com forras exteriores de tijolo furado envolvendo toda a estrutura é a técnica mais divulgada e uma das mais referidas na regulamentação em vigor desde 1990 (RCCTE), recentemente actualizada em 2006. Esta técnica é, por vezes, concretizada com recurso ao avanço integral do pano exterior da parede dupla, de modo a garantir que fica saliente em relação à estrutura pelo menos 7 cm, conferindo-lhe uma protecção térmica mínima através dos 2 alvéolos de ar (furos) do tijolo cerâmico. Para que tal aconteça, em segurança, devem estar cumpridas 3 condições mínimas [5, 6]: (i) a parede apoia na laje (ou suporte alternativo de resistência e rigidez adequados) em pelo menos 2/3 da sua espessura em toco; (ii) a estabilidade básica de cada pano de piso está verificada, tendo em consideração a dimensão e localização do apoio efectivo, do seu peso próprio e do peso do revestimento exterior; (iii) o pano exterior está devidamente grampeado ao pano interior com 2 a 3 grampos por metro quadrado. Nos casos em que as ligações nos topos horizontais ou verticais são limitadas ou inexistentes, a verificação básica da estabilidade (ii) deve contemplar a acção do vento, bem como outras que atendam à especificidade de cada caso.

Quando não se verificam as condições enunciadas, pode considerar-se que existe um apoio deficiente da parede e é frequente observarem-se fissuras horizontais significativas junto à laje ou a meia altura entre pisos. Nos casos mais graves pode ocorrer o deslocamento da parede e a criação de condições de instabilidade que podem conduzir ao seu colapso total ou parcial.

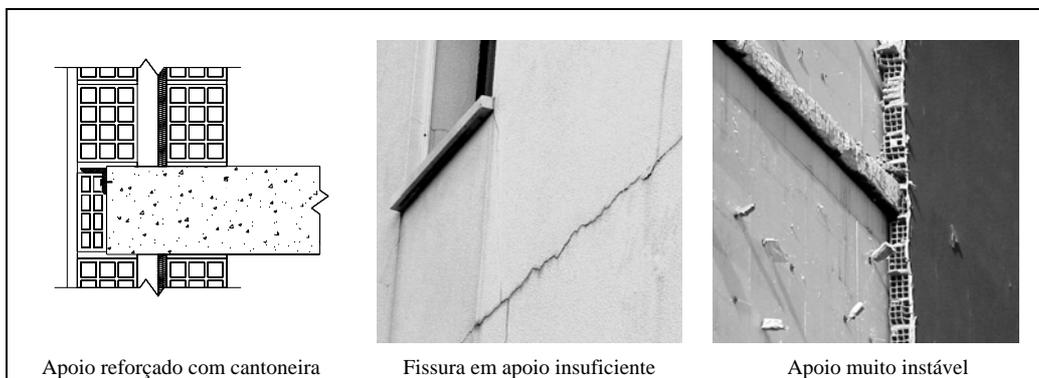


Figura 2: Exemplo de reforço de apoio viável e de situações de fissuração e instabilidade

3.4. Ausência de grampeamento em paredes duplas

As paredes duplas são concebidas, em geral, para funcionar em conjunto, somando e por vezes aumentando os seus desempenhos individuais em aspectos relativos à estabilidade, ao comportamento térmico, à protecção contra a humidade, etc. Para que tal aconteça, em termos mecânicos, exige-se um grampeamento entre os 2 panos, com uma densidade de 2 a 3 grampos/m². Para que o grampeamento seja eficaz e não acarrete anomalias inesperadas, os grampos devem apresentar resistência e mecânica adequada e durabilidade, facilidade de fixação e pingadeira intercalar (prevenido eventuais escorrências para o pano interior) [7].

A ausência de grampeamento é mais grave em paredes exteriores das quais se espera uma particular resistência às acções mecânicas verticais ou horizontais (i) e quando os panos exteriores são esbeltos ou pouco apoiados (ii). No primeiro caso, os dois panos de parede terão tendência a apresentar um comportamento diferencial e, no segundo, os movimentos do pano exterior – que tudo indica poderão ser significativos – não estarão limitados pelo pano interior, em geral mais protegido, mais apoiado e, por isso, mais estável.

A utilização de grampos sem protecção contra a corrosão tem graves implicações na sua durabilidade. Vários países da Europa, com maior tradição nesta técnica, foram obrigados a substituir progressivamente os antigos grampos em ferro galvanizado, nalguns casos perante situações de colapso eminente ou efectivo.

Em casos de manifesta instabilidade dos panos exteriores não grampeados na fase de construção, é possível e justificável o recurso ao grampeamento pós-construção, com um impacto reduzido na fachada. Há várias técnicas e modelos de grampos para este tipo de intervenção, muitas das quais de origem inglesa e devidamente documentadas. Entre nós, as mais testadas são as que recorrem ao grampeamento com varão inox roscado, encamisado em tubo rendilhado, e fixado, em ambos os panos, através de bolbo de resinas de endurecimento rápido. A aplicação é simples, desde que devidamente programada, e implica, apenas, um furo na fachada com cerca de 10 mm com diâmetro por cada grampo a colocar. Os grampos são passivos e não devem ser considerados para tensionamento ou reposicionamento da parede.

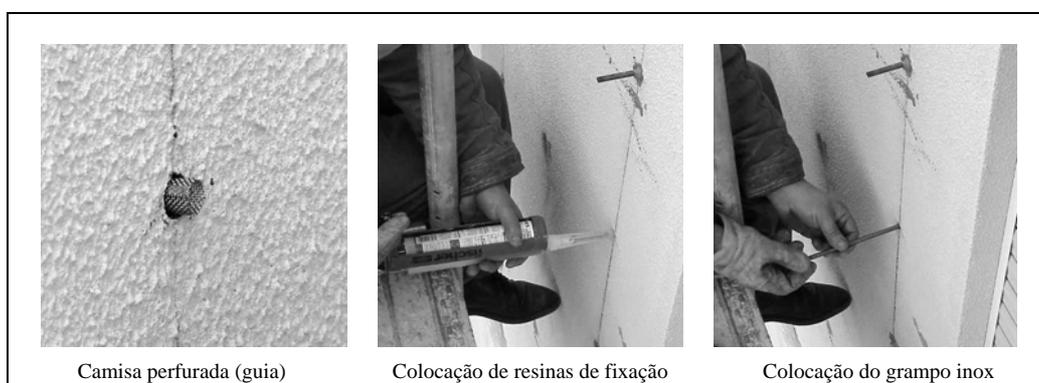


Figura 3: Aspectos da inserção de grampeamento correctivo pós-construção

3.5. Deficiente execução da caixa-de-ar de paredes duplas

Uma das funções principais da caixa-de-ar das paredes duplas é a protecção do interior da habitação contra a acção da água da chuva. Em complemento, contribui para a resistência térmica da parede. Para cumprir a sua acção contra a humidade deve ter capacidade de drenagem das águas infiltradas e da condensação resultante da migração de vapor de água do interior para o exterior, através da parede. Uma fraca ventilação da caixa-de-ar contribui eficazmente para a desejável secagem da parede.

A caixa-de-ar de paredes duplas apresenta frequentemente diversas anomalias que impedem o seu adequado desempenho: (i) irregularidade das superfícies, com eventual contacto entre as “rebarbas” de argamassa das juntas de assentamento dos 2 panos; (ii) inexistência de caleira ou deficiente execução da mesma (superfície não alisada, falta de curvatura e pendente para os tubos de drenagem); (iii) obstrução da caleira resultante da acumulação de detritos durante a construção, sem a posterior limpeza; (iv) largura insuficiente ou excessiva; (v) inexistência de tubos de drenagem, sua inadequação ou colocação deficiente.

A colocação incorrecta dos grampos entre os panos alvenaria e das placas de isolamento térmico são também factores que afectam o desempenho da caixa-de-ar e, conseqüentemente, da parede dupla, e são objecto de comentário em secção própria.

São sobejamente conhecidas as funções da caixa-de-ar de paredes duplas, o modo como deve ser executada e as consequências nefastas que advêm do não cumprimento destes princípios. No entanto, continua a verificar-se a sua deficiente execução, em particular no que diz respeito à drenagem e ventilação. A capacidade de eliminação controlada, por esta via, de pequenas quantidades de água que afluem à caixa de forma permanente, sobretudo no período de Inverno, por infiltração exterior ou migração de vapor de água do interior, não deve ser desprezada. A ventilação da caixa-de-ar, desde que limitada aos tubos de drenagem, não afecta negativamente a sua contribuição para a resistência térmica da fachada. Para que a sua contribuição se situe dentro dos valores correntes, é habitual aceitar-se que a sua largura não deve ser inferior a 20 mm nem superior a 50 mm.

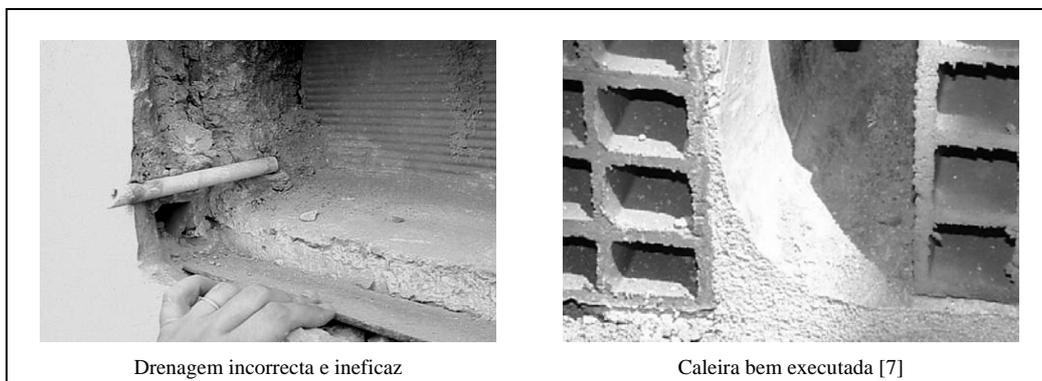


Figura 4: Drenagem de caixa-de-ar de paredes duplas

3.6. Erro de escolha ou colocação de isolamento térmico nas caixas-de-ar

A utilização das paredes duplas de alvenaria de tijolo em fachadas pressupõe, para os tipos de tijolo usados em Portugal, a utilização de isolamento térmico complementar. Desde 1990, com a entrada em vigor da 1ª versão do RCCTE, tal condição passou a ser exigida em zonas de Inverno mais rigoroso, para panos de alvenaria relativamente finos (em geral com 11 ou 15 cm, apesar da sua insuficiente inércia térmica) mas generalizou-se às outras regiões.

A solução mais utilizada em Portugal é a que recorre a placas rígidas de isolamento térmico sintético, em geral polistireno extrudido ou expandido, utilizando-se também aglomerado negro de cortiça, poliuretano e lãs minerais aglomeradas com resinas. Estas placas rígidas, apesar de pequenas diferenças de condutibilidade térmica, de resistência à acção da água, de resistência mecânica e de impacte ambiental, partilham as mesmas técnicas de aplicação e o seu desempenho geral pode ser considerado equivalente. Devem ser aplicadas adossadas à face exterior do pano interior, deixando livre uma caixa-de-ar junto à face interior do pano exterior, com largura não inferior a 20 mm. Esta condição é particularmente relevante para os materiais de isolamento com elevada absorção de água. É da maior importância que não existam folgas entre placas ou entre estas e a parede interior e que a sua verticalidade fique garantida a longo prazo. Além do humedecimento e deterioração dos materiais, o desrespeito pelas regras enunciadas conduz a pontes térmicas localizadas, com a criação de fungos e bolores, frequentemente atribuídos (de forma errónea) a alegadas infiltrações pelo pano exterior. A colocação destas placas rígidas deve ser feita após a construção do pano exterior, utilizando espaçadores para garantir a caixa-de-ar livre. Para esse efeito podem mesmo ser usados os grampos de ligação da parede dupla, furando pontualmente o isolante.

O recurso a isolantes projectados sobre a face exterior do pano interior, com posterior construção do pano exterior, também é adequado desde que seja garantida a uniformidade do sistema (quer nas características do material, quer na sua espessura efectiva). O recurso a isolantes flexíveis (por exemplo mantas de lã mineral) exige a construção posterior do pano exterior e um cuidado redobrado na fixação, para prevenir desalinhamentos, deformação posterior ou perda de verticalidade ou, ainda, contacto com o pano exterior de alvenaria.

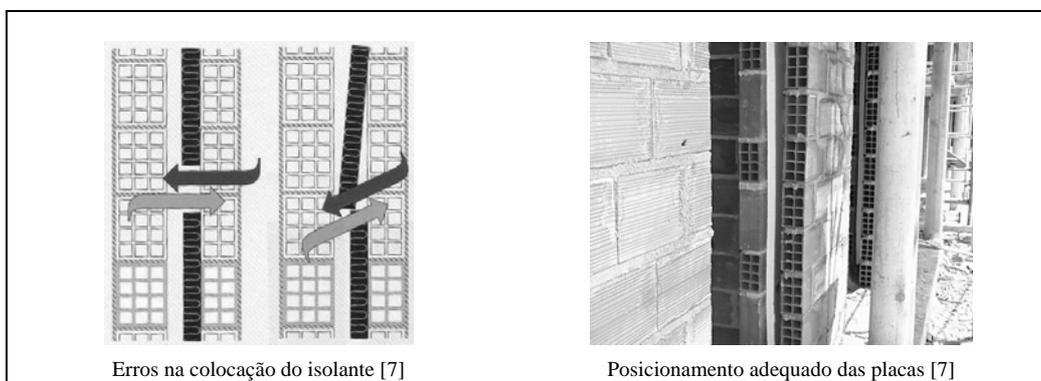


Figura 5: Colocação de placas rígidas de isolamento térmico na caixa-de-ar

3.7. Erros na utilização de barreiras pára-vapor e de pinturas impermeáveis

As fachadas de alvenaria devem responder a diferentes exigências consoante o ambiente exterior e interior que separam. Com ambientes interiores de forte higrometria e/ou para alguns tipos de configuração da parede, no seu conjunto, pode ser recomendável a utilização de barreira pára-vapor que impeça o atravessamento da parede e previna eventuais condensações no seio da parede, em particular na zona de arrefecimento.

Deve recordar-se que, no Inverno, a temperatura tende a ser superior no interior dos edifícios e, com a contribuição da sua ocupação e uso, também é maior a pressão de vapor de água no ar. Uma vez que existe um diferencial de pressão com o exterior, o vapor tem tendência a migrar nesse sentido, mas à medida que a parede vai arrefecendo o valor da pressão de saturação também baixa e, no ponto onde iguala a pressão instalada, ocorrem as condensações.

O princípio de referência para a colocação de barreiras pára-vapor é que elas se devem situar sempre do lado quente do isolante. Deste modo, atendendo ao gradiente de temperatura da parede, é pouco provável que haja condensação sobre a barreira e também não haverá no eventual isolante da caixa-de-ar, uma vez que o vapor não o atingirá. A situação mais favorável à não ocorrência de condensações no seio da parede é a colocação de isolamento térmico pelo exterior da parede (ETICS, revestimento independente, etc.).

Para prevenção de futura fissuração, mero receio do envelhecimento da parede ou correcção de anomalias, recorre-se, por vezes, à aplicação de tintas de elevada elasticidade e estanquidade à água (em geral designadas por “membranas”) mas é imperioso garantir que sejam permeáveis ao vapor-de-água e não tenham o efeito de barreiras pára-vapor. Caso isso não aconteça, é muito grande a probabilidade de condensação na face fria do isolante na caixa-de-ar (com a sua eventual deterioração e redução da resistência térmica) ou na face exterior da parede, sob a tinta, formando bolsas de água de dimensão significativa. O mesmo acontece com a água proveniente de pequenas infiltrações por platibandas, juntas, peitoris e outros pontos singulares não estanques, uma vez que o revestimento não permite a sua drenagem para o exterior. A sua utilização deve motivar um cuidado redobrado na execução desses pontos singulares.



Figura 6: Exemplos de bolsas de água sob tintas impermeáveis

3.8. Protecção inadequada contra a humidade ascensional

Quando as paredes de alvenaria ou betão contactam com solos húmidos, de forma directa ou através de elementos construtivos porosos, ocorre um fenómeno de ascensão capilar da água.

Este fenómeno tem consequências conhecidas e de difícil solução: (i) acumulação de sais visíveis na superfície da parede; (ii) degradação da tinta e dos revestimentos (rebocos ou estuques) numa faixa de altura variável, em geral, junto à base das paredes do piso térreo; (iii) manchas nos revestimentos interiores na faixa referida; (iv) descolamento de revestimentos cerâmicos ou equivalentes.

Para que tal fenómeno ocorra é necessário que se verifiquem, em simultâneo, três condições: a presença da água, a existência de materiais com porosidade “capilar” e a possibilidade de comunicação entre a primeira e os segundos. Deste modo, todas as acções preventivas passam por actuar sobre um ou mais destes factores: (i) afastar a água através da drenagem do terreno; (ii) usar materiais com porosidade de dimensão “não capilar” em contacto com as zonas húmidas (por exemplo, enrocamentos de brita sem “finos”) ou colmatar os poros dos cerâmicos e betões com produtos hidrófugos; (iii) criar barreiras hígricas, por impermeabilização exterior das fundações e outros elementos em contacto com o solo ou com a colocação de faixas horizontais de impermeabilização numa das primeiras fiadas de alvenaria elevada, conhecida na gíria inglesa como DPC (“damp proof course”) [8, 9].

O recurso a revestimentos exteriores de impermeabilização em paredes com humidade ascensional é totalmente desaconselhado e ineficaz. Este procedimento só vem limitar a capacidade de evaporação da água presente na parede, que se vê obrigada a procurar outras zonas para atingir o exterior. No caso de lambrins cerâmicos, o fenómeno ocorre, em geral, acima da cota do lambrim e/ou nas juntas dos ladrilhos, com forte concentração de sais.

Embora de duração limitada, não deve ser desprezada a contribuição positiva das argamassas macro-porosas actualmente existentes no mercado que, nos casos em que foram concebidas para tal, permitem a retenção dos sais no interior da parede durante um período significativo.



Figura 7: Exemplos de deterioração de paredes por humidade ascensional

3.9. Preparação e aplicação inadequadas de rebocos hidráulicos tradicionais

Os rebocos hidráulicos tradicionais para revestimento de fachada estão bem descritos na bibliografia técnica nacional [10] e têm vantagem em ser executados em 2 ou 3 camadas, com teor decrescente de ligante para o exterior, para melhorar a sua resistência e diminuir a fissuração. Devem evitar-se argamassas muito ricas em cimento, quantidade excessiva de água de amassadura e areias com elevados módulos de finura. A protecção contra o calor, o vento e a chuva e a preparação do suporte são condições essenciais para o sucesso do reboco [11].

O parágrafo anterior define as precauções essenciais para melhorar o desempenho e durabilidade dos rebocos exteriores ditos “tradicionais” sobre paredes de alvenaria, em particular no que diz respeito à prevenção da fissuração por retracção hidráulica e à protecção da parede contra a água da chuva. Apesar de constituir matéria suficientemente conhecida, continua a verificar-se um elevado número de anomalias resultantes da sua incorrecta aplicação, e, com frequência, injustamente atribuídas à própria alvenaria.

O reboco hidráulico em fachadas constitui um revestimento de impermeabilização e não de estanquidade. Espera-se, assim, não que impeça totalmente (e por si só) o acesso da água à parede, mas sim que, em conjunto com o suporte (panos da parede e caixa de ar, se existir) e para condições climáticas correntes, impeça infiltrações para o interior do edifício e permita um equilíbrio dinâmico do teor de humidade da parede ao longo do ano, sem deterioração precoce dos materiais, nem redução significativa do seu desempenho. Para que tal aconteça, é fundamental que não exista fissuração superficial, o que é conseguido com uma camada exterior pouco rica em cimento, com alguma porosidade mas significativa elasticidade. As camadas interiores podem e devem ser mais ricas, uma vez que, sendo menos porosas, terão tendência a fazer migrar a humidade para as camadas exteriores.

A cura das argamassas – mediante protecção contra a secagem precoce por acção do vento ou do sol e eventual humedecimento – constitui uma peça chave para a prevenção da fissuração por retracção hidráulica, uma vez que, apesar de não diminuir o valor final da retracção, esta ocorre num período em que as argamassas já têm resistência mecânica suficiente.

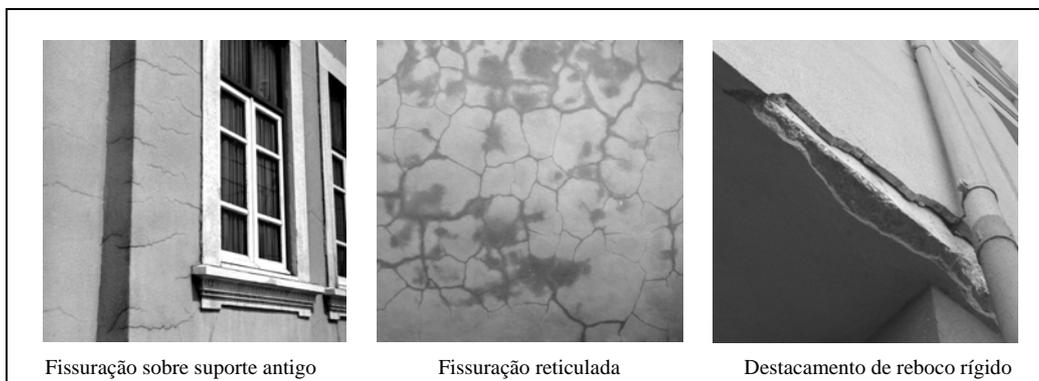


Figura 8: Exemplos de fissuração e destacamento de rebocos hidráulicos

3.10. Aplicação inadequada de revestimentos cerâmicos

A utilização de revestimentos cerâmicos como material de acabamento de paredes de fachada em alvenaria de tijolo está muito vulgarizada em Portugal e vem na linha da nossa tradição construtiva. Contudo, os problemas sucedem-se, tendo particular relevo o descolamento e queda dos ladrilhos, com graves consequências funcionais, estéticas e de segurança. Também se observam queixas frequentes de fissuração, de infiltração e de alteração do aspecto.

É fundamental recordar que os sistemas de revestimento cerâmico de fachadas são muito diversos, quer nas características dos materiais (desde o barro vermelho aos diversos tipos de grés, com dimensões variáveis), quer no modo de aplicação e funcionamento (em escama, com junta aberta, ...). Nesta breve abordagem, apenas se podem referir características comuns [12].

No que diz respeito às infiltrações, elas são devidas frequentemente à deficiente pormenorização e execução de remates e capeamentos, mas também à fissuração das paredes de suporte. Recorde-se que o revestimento cerâmico de fachadas não deve ser considerado um revestimento de estanquidade, pelo que a sua interação com o suporte (incluindo caixa-de-ar, quando existe, e respectiva drenagem) são fundamentais para um equilíbrio dinâmico do teor de humidade da parede ao longo do ano sem redução significativa do seu desempenho.

A prevenção da fissuração está sobretudo ligada à prevenção da fissuração da parede de alvenaria ou dos seus movimentos excessivos. Paredes demasiado esbeltas, sujeitas a variações significativas de temperatura, mal apoiadas na laje e não grampeadas ao pano interior, são as mais propícias para a fissuração dos revestimentos cerâmicos.

Prevenir o descolamento (quando não provocado pela fissuração) exige cuidados especiais na preparação do suporte, na selecção do cimento-cola e no correcto planeamento das juntas de assentamento, esquartelamento e dilatação, em particular em panos extensos e com materiais cerâmicos de elevada porosidade ou expansão irreversível. É fundamental respeitar as condições de amassadura e aplicação dos cimentos-cola, nomeadamente através de um rigoroso controlo do seu tempo de abertura.

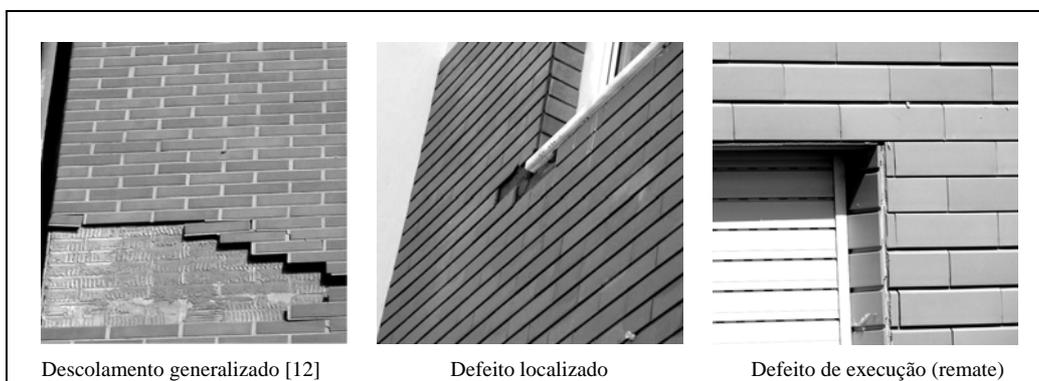


Figura 9: Exemplos de erros e anomalias em revestimentos cerâmicos

3.11. Execução de peitoris com geometria e materiais inadequados

As paredes de alvenaria mais vulgares são pontuadas por vãos, muitos dos quais sob a forma de janelas, mais ou menos tradicionais. Para além das outras especificidades de tais elementos (os vãos e as janelas), as paredes têm que responder a um novo problema: a existência de superfícies horizontais expostas: os peitoris. A situação tem grandes semelhanças com o que acontece nos topos superiores, junto às coberturas (platibandas) e em zonas de alteração do alinhamento vertical da fachada por motivos arquitectónicos. Em todos os casos, a parede apresenta uma superfície horizontal particularmente exposta e vulnerável à acção da água.

No caso específico dos peitoris os elementos complementares a introduzir devem responder a exigências de estanquidade, conforto visual, higiene e durabilidade. Para garantir a estanquidade é preciso quebrar pelo menos um elo da seguinte cadeia: (i) existência de água na superfície, (ii) caminhos de penetração e (iii) forças de encaminhamento. O conforto visual está sobretudo relacionado com a ausência de enodoamento que é provocado pela conjugação de 3 factores: água contaminada, caminhos preferenciais e materiais com absorção elevada.

As soluções mais frequentes são a utilização de pedra de peitoril ou peitoril metálico (embora este último tenha uma aplicação em Portugal mais reduzida do que na Europa do Norte e esteja remetido, sobretudo, para situações de reabilitação). Este elemento tem como função principal evitar a infiltração pelo topo do pano de peito (superfície horizontal junto a uma janela), mas também contribui para afastar a água da interface com o caixilho e da própria fachada. Para que tal aconteça, devem ser constituídos por materiais resistentes à água e pouco porosos. Para um desempenho adequado devem ser inclinados para o exterior e ser projectados em relação ao plano da parede (terminando com pingadeira) para afastarem eficazmente a água da face exterior da parede subjacente [13].

O perfil longitudinal e o remate com as ombreiras também exigem estudo e pormenorização, para evitar as escorrências laterais e as infiltrações pelos cantos das janelas. As normas técnicas francesas exigem que a pedra de peitoril se prolongue, lateralmente (e de preferência com sobre-elevação), sob a parede de alvenaria que constitui a ombreira do vão.

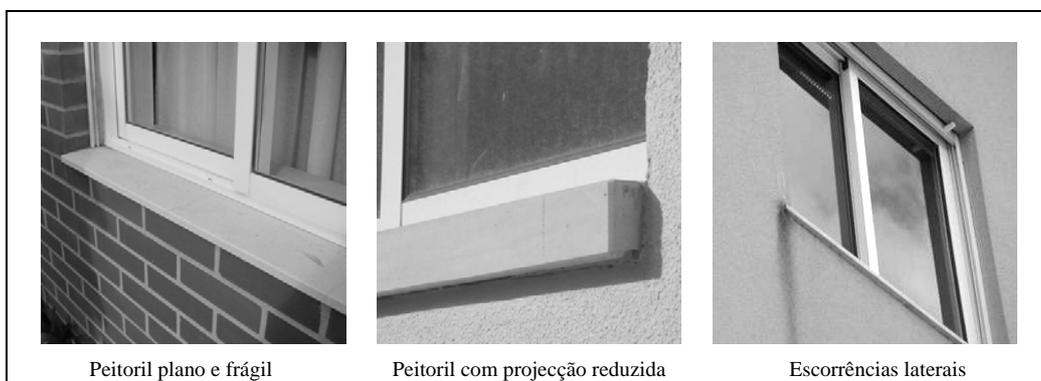


Figura 10: Exemplos de erros e defeitos em peitoris

3.12. Fissuração da alvenaria sobre suportes muito deformáveis

A fissuração horizontal de paredes interiores de alvenaria, em geral de reduzida espessura (7 ou 11 cm no toco) sem qualquer função estrutural continua a ser um fenómeno recorrente, sobretudo em habitação. As fissuras têm um desenvolvimento marcadamente horizontal e desenvolvem-se junto ao pavimento (a cerca de 20 a 30 cm) ou a meia altura da parede, sobretudo quando esta tem vãos ou elementos de maior rigidez, como ângulos, cunhais, etc. Esta fissuração é, em geral, de abertura reduzida mas apresenta actividade continuada e persistente, com frequente reabertura das fissuras após reparação.

As causas deste tipo de fissuração estão identificadas: incompatibilidade entre a deformabilidade da parede e a deformação a longo prazo das lajes de apoio. Este fenómeno (e causa de patologia) é geralmente referido como “deformabilidade excessiva do suporte”, mas, na verdade, o que se passa é uma incompatibilidade da deformação a longo prazo de dois elementos construtivos ligados rigidamente.

As flechas máximas admitidas pelas regulamentações de estruturas de betão são correctas do ponto de vista estrutural, mas demasiado permissivas para prevenir fenómenos de fissuração das divisórias rígidas que suportam, que exigem, por vezes, flechas inferiores a 1/1000. As consolas são um caso particular, mais grave, e que não se inclui neste breve comentário.

A enorme diversidade de configurações geométricas das lajes e dos seus apoios, bem como da disposição das paredes interiores conduz a um tão grande número de combinações de deformação que praticamente impossibilita a previsão do modelo de fissuração para cada caso.

As medidas gerais de prevenção passam pela limitação da flecha das lajes, em particular da componente diferida no tempo, pelo aumento da resistência das paredes (por ex. com a introdução criteriosa de armaduras de junta horizontais) e com a interposição de materiais de apoio com resiliência adequada. Esta última técnica obriga a uma cuidada avaliação do integral cumprimento de outras exigências, nomeadamente acústicas, de protecção contra a humidade e contra a propagação de incêndios.

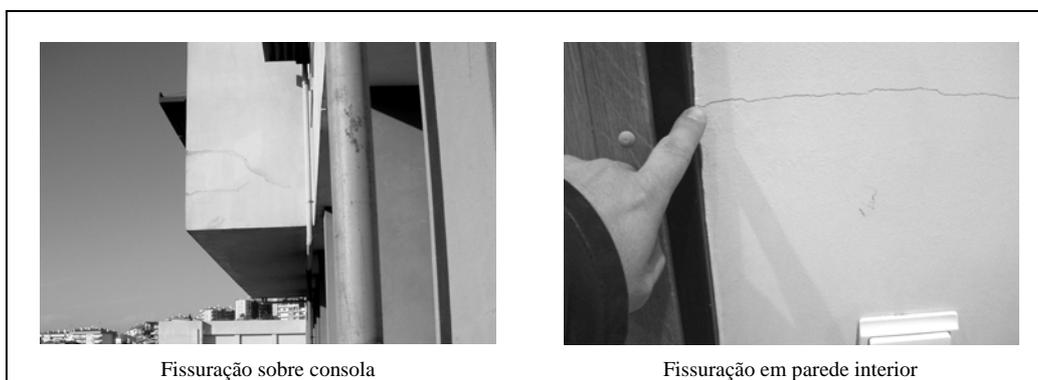


Figura 11: Exemplos de fissuração por deformação excessiva do suporte

3.13. Erros frequentes em paredes de tijolo face-à-vista

As paredes em alvenaria de tijolo face-à-vista estão, em geral, associadas, a construções de qualidade superior em que se pretende uma linguagem estética particular e em que se esperam uma durabilidade elevada e reduzidas exigências de manutenção ao longo da vida do edifício.

Tais objectivos estão ao alcance da alvenaria de tijolo face-à-vista e são conhecidos muitos casos de sucesso. No entanto, em Portugal, é ainda significativo o número de acidentes e anomalias que urge erradicar e que se traduzem em: (i) fissuração (em geral inclinada ou horizontal); (ii) esmagamento das juntas de dilatação; (iii) fissuração vertical de cunhais com deslocamento transversal; (iv) fenómenos de instabilidade (com ruína parcial de panos mal apoiados); (v) infiltrações; (vi) eflorescências; (vii) degradação por acção do gelo.

As causas destes fenómenos estão associadas a erros recorrentes, tais como, entre outros, os seguintes: tijolos com elevada expansão irreversível, panos excessivamente compridos e juntas de dilatação mal dimensionadas, tijolos ou argamassas com elevado teor de sais solúveis, apoio deficiente das paredes (apoio parcial nas lajes ou apoio sobre o terreno com lintel de rigidez insuficiente); paredes muito esbeltas (por exemplo em fachadas cortina sem apoio ao nível cada piso); ausência de armaduras e reforços nos cunhais; tijolo excessivamente poroso; perfil e material inadequado para a face exterior das juntas de assentamento.

O tratamento final das juntas é frequentemente negligenciado, o que afecta o desempenho das paredes. Na fase final, as juntas exteriores devem apresentar um perfil ligeiramente recuado em relação ao plano exterior da parede e uma forma que facilite a projecção da água para o exterior. Entre as várias técnicas conhecidas para o efeito, têm particular destaque as seguintes: (i) a conformação da parte exterior da junta com ferro de formato próprio antes da fase de presa final; (ii) rebaixamento da junta já executada cerca de 1 a 1,5 cm e posterior preenchimento com argamassa mais adequada, utilizando ferro semelhante ao já referido, para criar o perfil geométrico pretendido. A argamassa de fecho pode ser específica para o efeito ou apenas uma argamassa mais rica (e gorda) para garantir boa resistência, impermeabilidade, mas também excelente trabalhabilidade.

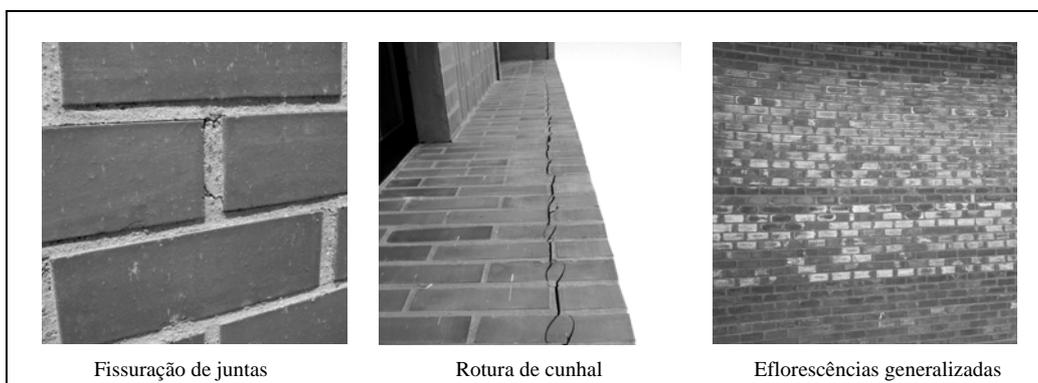


Figura 12: Exemplos de anomalias graves em paredes de tijolo face-à-vista

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Seminário “Paredes de Alvenaria - Situação Actual e Novas Tecnologias” realizado no Porto em 2002, ao abordar a mesma temática geral, terminou-se o texto da comunicação intitulada “Alvenarias não estruturais - Patologias e estratégias de reabilitação” [1] com considerações finais (ou conclusões) sobre as potencialidades e dificuldades das alvenarias não-estruturais que continuam a fazer sentido e, por isso, arriscamos recordar:

“As paredes de alvenaria não estruturais podem desempenhar, cada vez mais, um papel de relevo na construção nacional, acompanhando a evolução tecnológica e arquitectónica. Para que tal possa acontecer com uma aceitável expectativa de sucesso, é fundamental continuar a investir na melhoria dos produtos de construção e seus acessórios, criando sistemas integrados e coerentes.

As patologias que hoje se observam só podem ser ultrapassadas com um significativo investimento na fase de projecto, em particular no esforço de compatibilização de materiais e de sub-sistemas construtivos, com particular atenção aos pontos singulares. A mão de obra, pelo seu lado, tem que acompanhar a evolução do projecto e dos materiais, num permanente esforço de formação e actualização, como já acontece em diversas especialidades do sector da construção.

Rumo à garantia da qualidade das alvenarias, são também importantes o desenvolvimento dos processos de certificação e normalização, bem como o investimento nos mecanismos de transferência tecnológica e na criação de documentos de apoio ao projecto e à obra.

As técnicas de reabilitação de paredes de alvenaria não-estruturais são muito diversas e devem ser seleccionadas e postas em prática devidamente enquadradas por uma estratégia global de reabilitação, adequada aos objectivos e condicionantes de cada caso de patologia. A incorrecta utilização de técnicas de reabilitação conduz, com frequência, ao reaparecimento precoce dos defeitos, ou mesmo ao seu agravamento.”

Nem tudo mudou desde então, mas é inequívoca a maior difusão do conhecimento tecnológico, a dignificação crescente das alvenarias e a maior interacção e comunicação entre a investigação e a produção. A consciência das exigências ambientais e de sustentabilidade é hoje mais partilhada. Este quadro, apesar de optimista, não pode ignorar a necessidade de uma constante atenção ao projecto e do reforço da qualidade de execução técnica, evidenciadas nos casos escolhidos para análise nesta comunicação. Urge, também, reforçar a consciência de que muitas das acções futuras no sector da construção passarão pela actividade de reabilitação, contemplando muitos dos edifícios onde as alvenarias desempenharam a sua função e precisam de ser preparadas para um futuro mais exigente.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Silva, J. Mendes – “Alvenarias não estruturais. Patologias e estratégias de reabilitação”. Actas do Seminário sobre “Paredes de Alvenaria. Situação Actual e Novas Tecnologias”,

- organizado pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho e pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto na Fundação Dr. A. Cupertino de Miranda, pp.187-206, Porto, 24 de Outubro de 2002.
- [2] Paiva, J. V. et al. - "Patologia da Construção". *1º ENCORE " Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação"*, Documentos Introdutórios. Lisboa, LNEC, Junho 1985.
 - [3] Silva, J. Mendes - *Fissuração das alvenarias. Estudo do comportamento das alvenarias sob acções térmicas*. Tese de Doutoramento - Universidade de Coimbra, Coimbra, 1998.
 - [4] Vicente, R.; Silva, J. Mendes; Varum, H. - "Observação, registo e diagnóstico de anomalias em edifícios no âmbito da reabilitação urbana". Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção (QIC2006), LNEC, Lisboa, 21-24 de Novembro, 2006.
 - [5] Silva, J. Mendes *et al.* - "Degradação precoce de paredes de fachada com correcção exterior das pontes térmicas. Casos de estudo". *Actas do Congresso Nacional da Construção*, IST, Lisboa, Dezembro 2001.
 - [6] Vicente, Romeu S.; Silva, J. Mendes - "Comportamento mecânico das paredes de fachada com correcção exterior das pontes térmicas.". 3º Encontro de Conservação e Reabilitação de Edifícios (3º ENCORE), LNEC; Lisboa, Maio 2003.
 - [7] APICER, CTCV e DEC-FCTUC - *Manual de Alvenaria de Tijolo*. Associação Portuguesa de Industriais de Cerâmica de Construção, Coimbra, 2000.
 - [8] Torres, M. Isabel - *Humidades ascensionais*. Tese de Doutoramento - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2004.
 - [9] Henriques, Fernando M.A. - "Humidade em paredes" - Edifícios - Série Conservação e Reabilitação, nº1, LNEC, Lisboa, 1994.
 - [10] Lucas, J. A Carvalho - *Classificação e descrição geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou betão*. ITE 24, LNEC, Lisboa, 1990.
 - [11] Veiga, Maria do Rosário - *Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Contribuição para o estudo da sua fendilhação*. Tese de Doutoramento - FEUP, Porto, Maio 1997.
 - [12] APICER, CTCV, IC-FEUP e DEC-FCTUC - *Manual de Aplicação de Revestimentos Cerâmicos*", Coimbra, 2003.
 - [13] Silva, J. Mendes; Torres, M. Isabel - "Deficiências do desempenho dos peitoris na protecção das fachadas contra a acção da água". 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios (PATORREB-2003), FEUP, Porto, 18-19 Março 2003.