

# PATOLOGIA DAS ARGAMASSAS DE ALVENARIA

Maria do Rosário Veiga\*  
rveiga@lnec.pt

## Resumo

A argamassa é um dos materiais mais usados na construção Europeia, com diversas funções, sejam elas estruturais – nas alvenarias resistentes – de revestimento – nos rebocos, assentamento de azulejos, sistemas compósitos – ou decorativas – em camadas de acabamento e estuques decorativos. Têm provado grande durabilidade ao longo dos tempos, encontrando-se exemplos com milhares de anos em Portugal; no entanto, paradoxalmente, são as argamassas mais recentes, recorrendo a tecnologia mais elaborada, as que demonstram menores tempos de vida útil. São inúmeras as anomalias que afectam as argamassas, com diferentes impactos na funcionalidade dos elementos em que se integram e diferentes graus de reparabilidade. A fissuração, o destacamento e a perda de coesão podem talvez considerar-se as anomalias mais gravosas, traduzindo-se em significativas perdas de capacidade funcional e em custos elevados, ou mesmo impossibilidade, de reparação. O conhecimento das causas destas anomalias e o estudo dos mecanismos de degradação inerentes permitem em grande parte evitar a sua ocorrência nas novas argamassas e fornecem dados imprescindíveis para a reparação e conservação das argamassas antigas. Numa época em que a sustentabilidade da construção é uma exigência social e económica, e em que se reconhece a importância cultural da conservação dos edifícios históricos, é evidente a necessidade de aumentar a durabilidade de um componente tão frequente na construção como a argamassa, reduzindo a patologia e promovendo técnicas de reparação eficientes.

(máx. 1500 caracteres).

*Palavras-chave:* Argamassa, Patologia, Anomalia, Durabilidade.

---

\* Eng<sup>a</sup> Civil, Investigadora Principal Habilitada, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

# 1 Características e funções das argamassas

As argamassas são dos materiais de construção mais antigos e mais universalmente usados, assumindo grande diversidade de funções.

Na construção antiga, anterior ao advento do betão armado, as argamassas são um dos constituintes das alvenarias estruturais, tendo por isso funções de natureza estrutural, com as consequentes exigências de resistência mecânica. Actualmente continuam a ser usadas na execução de paredes de alvenaria, para ligação de tijolos ou blocos, mas agora com funções de protecção à água e ao ar, logo com outro tipo de exigências. As argamassas sempre foram e ainda continuam a ser usadas em revestimentos de paredes: rebocos exteriores ou interiores, estuques, sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS), assentamento de azulejos (figs. 1 a 6)

As argamassas de revestimento, pela natureza das suas funções, devem ter bom comportamento à fendilhação, boa aderência ao suporte e alguma resistência à penetração da água. A resistência mecânica não é, em geral, uma característica condicionante, embora seja importante assegurar resistência suficiente para fazer face às acções de choque, atrito e outras solicitações a que os revestimentos estão sujeitos. Apesar dos aspectos comuns, para as diversas aplicações referidas são diferentes as características exigidas e portanto também as composições usadas.

Assim, as argamassas de reboco exterior devem ter capacidade para acomodar, sem fendilhar, as deformações devidas à retracção, às variações diferenciais térmicas e higrométricas e aos deslocamentos da alvenaria e da estrutura; devem, por outro lado, ter alguma resistência à penetração da água, ou seja capilaridade e permeabilidade à água relativamente baixas; finalmente, devem ter a capacidade de permitir a expulsão, por secagem, da água que acaba por penetrar, o que implica elevada permeabilidade ao vapor de água [1]. As composições usadas com melhores relações preço-qualidade baseiam-se em cimento, areia e adições capazes de melhorar o módulo de elasticidade e reduzir a permeabilidade à água, como os introdutores de ar, os plastificantes e os hidrófugos, ou então em cimento, cal aérea e areia. O primeiro tipo de composições é normalmente usado nos rebocos pré-doseados, sejam eles monocamada ou outros, a executar em mais que uma camada. As composições do segundo tipo são soluções fáceis de realizar em obra.

Às argamassas de reboco interior são exigidos requisitos semelhantes, mas com maior destaque dado à susceptibilidade à fendilhação e à finura e regularidade do acabamento e menor importância da resistência à penetração da água, excepto em zonas húmidas ou sujeitas a lavagens frequentes. Assim, composições semelhantes às usadas para rebocos exteriores mas de granulome-

tria mais fina e regular, sem as adições destinadas a reduzir a permeabilidade à água (hidrófugos), podem ser as mais adequadas. Em zonas secas, as argamassas com base em gesso (gesso e cal), principalmente na camada de acabamento (estruques), são boas soluções, porque garantem um acabamento de boa qualidade estética e têm outras características favoráveis ao conforto dos espaços interiores, como alguma capacidade de regulação da humidade interior (higroscopicidade) e um comportamento térmico e acústico favorável.

As argamassas usadas no revestimento de ETICS têm que ser capazes de suportar choques térmicos e variações dimensionais elevadas sem fendilhar, o que implica uma especial flexibilidade, devem ter uma resistência aos choques elevada, precisando de dureza superficial mas também, de novo, de flexibilidade e ainda uma capilaridade reduzida e baixa permeabilidade à água (embora sem reduzir excessivamente a permeabilidade ao vapor). Geralmente, as soluções que cumprem estes requisitos são formulações de elevado desempenho, com base em cimento e resina, ainda assim reforçadas com redes de fibra de vidro (Fig. 7) [2].

As argamassas de colagem de azulejos e ladrilhos têm como principal exigência uma aderência elevada ao suporte e ao elemento cerâmico e uma resistência mecânica suficiente para suportar o peso próprio dos elementos a colar. Por outro lado, a susceptibilidade à fendilhação é menos condicionante, desde que não reduza a resistência mecânica, já que a argamassa não fica à vista. Outro aspecto que adquire uma importância especial é a compatibilidade, química, mecânica e física, com os elementos em contacto, já que essa compatibilidade tem que ser verificada em relação ao suporte e em relação ao azulejo ou ao ladrilho, que são elementos mais fracos [3].

No caso das argamassas a aplicar em edifícios antigos, para substituição ou para reparação dos materiais pré-existentes, as características referidas mantêm-se válidas, mas as exigências de compatibilidade com o suporte e os restantes elementos antigos, dos pontos de vista químico, físico e mecânico, adquirem uma importância fundamental, tornando-se aquelas que devem ser cumpridas em primeiro lugar. A reversibilidade é mais um requisito para argamassas a usar em edifícios históricos. Nestes casos, é preciso ter em conta que a durabilidade do conjunto e, em particular, dos elementos com significado histórico, é predominante em relação à durabilidade da argamassa de reparação ou renovação [4].

A patologia de argamassas deve ser colocada no contexto descrito: as argamassas destinam-se a cumprir determinadas funções, variáveis conforme os casos, tornam-se disfuncionais quando deixam de ser capazes de as cumprir, podendo a patologia ser encarada como o conjunto de sintomas e efeitos dessa disfuncionalidade. É habitual dizer-se que a reparação das anomalias deve sempre ser precedida de um diagnóstico correcto das causas e da eliminação ou minimização destas. Deve também dizer-se que a análise da patologia deve

ter por base a análise das funções requeridas, das exigências a estabelecer para o seu cumprimento e das características necessárias à verificação dessas exigências.

## **2 Causas da patologia de argamassas de alvenaria**

As principais causas da patologia de argamassas encontram-se aos seguintes níveis:

- A. Formulações ou disposições construtivas inadequadas ao papel a desempenhar pelas argamassas, quer devido a especificações insuficientes ou incorrectas, quer devido ao não cumprimento das especificações eventualmente existentes.
- B. Deficiente aplicação em obra: quantidade de água excessiva, aplicação em condições climáticas muito desfavoráveis, inexistência ou insuficiência de cura, etc.
- C. Anomalias do suporte ou de outros elementos em contacto: fissuração do suporte, deformações excessivas deste, principalmente no caso de deformações diferenciais entre zonas do mesmo suporte, água proveniente de capilaridade ascendente através do suporte, oxidação de elementos metálicos em contacto, etc.
- D. Causas excepcionais (acidentais ou de vandalismo): roturas de canalizações, choques de automóveis, quedas de elementos diversos, acções de vandalismo, etc.
- E. Envelhecimento natural, devido à idade ou à exposição a condições particularmente agressivas: por exemplo ambiente salino, elevada poluição, clima agressivo, com condições de formação de gelo, ou com grandes amplitudes térmicas e vento forte.

Nas argamassas recentes, os níveis A e B são os de maior incidência. Com efeito, a omissão em projecto de especificações relativas aos revestimentos ou a adopção de especificações generalistas apresentadas como válidas para todos os casos, são deficiências muito generalizadas na construção actual. A pormenorização das zonas especiais é ainda mais rara. Esta situação faz com que as subempreitadas destes trabalhos sejam ganhas pelos preços mais baixos, com sacrifício das regras da boa arte e da correcta selecção de materiais. Por exemplo a execução em várias camadas de rebocos preparados em obra, com aplicação cuidada e tempos de cura apropriados, não é concorrencial se não for estabelecida em projecto e como tal tornada obrigatória. Areias calibradas ou produtos pré-doseados com garantia de qualidade dificilmente são adoptados, excepto se o caderno de encargos o exigir. Por outro lado, quando as especifi-

cações existem, frequentemente são adoptadas variantes, com critérios mal fundamentados e não documentados. No que se refere à aplicação em obra, já não é novo dizer-se que a mão-de-obra é pouco qualificada, muitas vezes não domina sequer a tradição de construção em Portugal e que a fiscalização é por vezes pouco actuante quando se trata de elementos sem funções estruturais e que muitas vezes não ficam à vista.

No que se refere às argamassas antigas do Património histórico, são as causas dos níveis D e E as de maior peso. Com efeito, quando se trata de argamassas com séculos, ou mesmo, por vezes, com milhares de anos, que responderam de forma adequada durante todo esse tempo, ou o envelhecimento natural começa a exercer o seu peso, ou causas externas acidentais provocam um despoletar ou uma aceleração de mecanismos patológicos. Muitas vezes são os dois tipos de fenómenos que, associados, conduzem à degradação do revestimento ou das juntas de argamassa. Assim, é frequente que a falta de manutenção dos edifícios históricos leve à existência de infiltrações de água pela cobertura ou pelos vãos, muitas vezes deixados sem protecção por longos períodos. A acumulação de água junto ao solo, por entupimento ou degradação dos dispositivos de escoamento, ou o surgimento no subsolo de bolsas de água provenientes de sistemas disfuncionais (cisternas ou depósitos desactivados, por exemplo), podem dar origem a água de capilaridade ascendente, que vai subindo por capilaridade através da parede, dissolvendo e transportando consigo sais solúveis dos materiais antigos ou de outras proveniências, ao mesmo tempo que evapora para o exterior através do revestimento, com cristalização de sais na frente de secagem. Trata-se de uma situação dinâmica, cujo equilíbrio pode ser facilmente rompido, principalmente por desconhecimento das suas regras ou por negligência, e que gera mecanismos de degradação muito severos. Água, sais, perda de coesão, retenção de água pelos sais higroscópicos, manchas de humidade persistentes, são alguns dos fenómenos associados a este mecanismo, com consequências demasiado conhecidas (fig. 8).

O problema das infiltrações de água, com as várias origens referidas, é muitas vezes agravado por intervenções incorrectas, que consistem na aplicação de revestimentos de reduzida permeabilidade, que, como a água penetra pelo interior da parede ou lá ficou após infiltrações localizadas durante um certo período, acabam por actuar dificultando a sua saída e portanto favorecendo a sua permanência no interior da parede (fig. 9). Assim, a realização de intervenções incorrectas, usando argamassas incompatíveis com a estrutura pré-existente, surge como uma importante causa de patologia em paredes antigas [5]. A água é a maior causa, directa e indirecta, de patologia das argamassas e, como tal, são incalculáveis os estragos resultantes desta situação, originada, afinal, por falta de manutenção, falta de conhecimento e falta de estratégia.

O aumento dos níveis de poluição e as vibrações devidas a tráfego aéreo, rodoviário ou ferroviário, são outras causas que podem iniciar ou acelerar um processo de degradação.

## **3 Principais anomalias das argamassas de alvenaria**

### **3.1 – Edifícios recentes**

#### **3.1.1 – Anomalias**

As principais anomalias observáveis em argamassas recentes, com base em cimento, em cimento e cal ou em cimento e resina, são as seguintes: fendilhação, destacamento, manchas de humidade e de sujidade, perda de coesão, eflorescências, colonização biológica e erosão (figs. 10 a 21) [6, 7]. Descrevem-se brevemente a seguir os dois mecanismos mais frequentes e gravosos em argamassas de alvenaria com as várias aplicações referidas (rebocos, ETICS, juntas e assentamento de azulejos).

#### **3.1.2 – Fendilhação**

A fendilhação é uma das anomalias mais graves em rebocos recentes. Tem elevado impacto no seu desempenho, pondo em causa o cumprimento das principais funções: afecta a capacidade de impermeabilização, prejudica gravemente a aparência e, ao permitir infiltrações de água e de outros agentes e a fixações de microorganismos, reduz a durabilidade do revestimento e da própria parede.

Pode ter diversas causas, externas ou intrínsecas ao funcionamento do próprio reboco, geralmente reconhecíveis a partir do padrão e da localização das fendas (figs. 10 a 15).

A fendilhação depende de vários factores e envolve fenómenos complexos, ao nível da microestrutura da argamassa, tornando-se difícil de controlar completamente. De um modo geral, deve-se à ocorrência de tensões de tracção na argamassa, frequentemente originadas por deformações impostas. As argamassas, que resistem bem a tensões de compressão, têm um comportamento frágil à tracção, com a conseqüente tendência para fendilhar [8].

A retracção restringida é uma causa frequente, originando tensões de tracção, às quais se adicionam as tensões devidas a variações dimensionais de origem térmica e higrométrica, que acabam por ultrapassar a resistência à tracção

[9 a 11]. É facilmente identificável pelo aspecto de rede ou mapa de fendas (figs. 10 a 12), sem direcção definida, que vão abrindo à medida que se atingem tensões idênticas à resistência do material, formando um padrão poligonal de malha mais ou menos larga. A malha é tanto mais larga e as fendas são tanto mais abertas e profundas quanto mais rígido for o revestimento e mais espessa a camada (figs. 10 e 11). Por vezes surgem malhas secundárias no interior da malha mais marcada. Nalguns casos este tipo de fendilhação toma outras formas: pode ser constituída por fendas isoladas, finas, de direcção aleatória, quando o reboco é relativamente dúctil e, embora as tensões geradas sejam suficientes para produzir a abertura de fendas, estas não têm tendência a propagar-se, por dissiparem muita energia. Pode também surgir sob a forma de poucas fendas largas e profundas, geralmente com direcção vertical ou horizontal, quando o reboco é bastante rígido e tem resistência à tracção elevada, caso em que tende a formar-se uma malha tão larga que as fendas parecem isoladas. Por vezes, ainda, as fendas acompanham o contorno das juntas entre blocos da alvenaria do suporte, podendo surgir fendilhação mais fina no interior da malha definida por essas fendas (fig. 13). Estes são os casos em que existem outras fontes de tensões, associadas às juntas – por exemplo retracção das juntas, ou dilatação dos blocos, juntas reentrantes originando um aumento localizado de espessura do reboco, ou ainda má aderência nas juntas – que se adicionam às tensões de retracção, tornando essas faixas mais fracas.

Na verdade a fendilhação ocorre, não simplesmente por retracção, mas por retracção restringida, já que não é a deformação que provoca a rotura mas sim as tensões geradas pela restrição, total ou parcial, da deformação [8, 9, 12]. A restrição da retracção do reboco pelo suporte, geralmente mais rígido, dá origem a tensões, em parte de tracção e em parte de corte, no plano de aderência. As tensões de tracção tendem a causar fendilhação, enquanto as de corte dão origem a perdas de aderência entre o reboco e o suporte. As duas anomalias podem ocorrer em simultâneo. Uma aderência forte e uniforme favorece a distribuição das tensões de corte e pode absorver a totalidade das tensões geradas pela retracção [12].

A susceptibilidade dos rebocos à fendilhação por retracção depende, portanto, da evolução da retracção no tempo, mas também, em grande parte, da evolução no tempo da sua deformabilidade – caracterizada, em primeira análise, pelo módulo de elasticidade – e da sua resistência à tracção. No entanto, a relação entre a retracção e as tensões resultantes não depende apenas da lei que rege a evolução do módulo de elasticidade, mas também de parâmetros relacionados com a capacidade de relaxação da argamassa. As condições atmosféricas, que condicionam a evaporação, e a absorção do suporte com o qual está em contacto, influenciam, naturalmente, a retracção, mas também a cinética de hidratação da argamassa de reboco, e, conseqüentemente, a evolução das suas

características mecânicas, nomeadamente a resistência à tracção e o módulo de elasticidade.

A fendilhação por retracção restringida depende, assim, do equilíbrio da relação entre as tensões geradas e a resistência mobilizada, em cada instante.

### **3.1.3 – Destacamento (ou perda de aderência)**

O destacamento surge como uma sequência de anomalias de gravidade crescente: descolamento, abaulamento e desprendimento (figs. 16 e 17). É uma anomalia muito grave, já que o revestimento perde toda a capacidade funcional e ainda põe em causa a segurança física de pessoas, devido à possibilidade de queda de fragmentos. No caso de argamassas de assentamento de azulejos e ladrilhos esta anomalia é de longe a mais grave das que podem surgir nestas argamassas (fig. 25).

A aderência de argamassas pode ocorrer segundo dois mecanismos [13 a 16]: i) Penetração dos elementos finos da argamassa, uma calda fluida e rica em ligante, nos poros do suporte, onde se dá a formação dos cristais de compostos hidráulicos ou a, criando uma ligação mecânica. Este mecanismo físico é típico dos ligantes minerais, hidráulicos e aéreos e portanto das argamassas com base em cimento ou em cal. ii) Efeito de colagem, devido à presença de resinas. Este mecanismo é próprio dos ligantes orgânicos e, no caso de argamassas, só é significativo nas argamassas de ligante misto (cimento e resina), como as usadas nos ETICS ou nos cimentos-cola.

Assim, no caso das argamassas de ligante mineral, nomeadamente nos rebocos e estuques, a aderência ao suporte implica os seguintes requisitos:

- Proporção de finos e dosagem em ligante suficientes.
- Características reológicas adequadas da argamassa em pasta (plasticidade, coesão, trabalhabilidade).
- Porosidade aberta do suporte suficiente, mas não excessiva; ou seja, o suporte tem que ter poros em quantidade e dimensão suficientes para haver sucção da calda de cimento, capaz de criar ligação mecânica; mas essa porosidade não pode ser tal que retire por sucção muita água da argamassa, impedindo a hidratação do ligante. Alguma rugosidade do suporte, além de aumentar a superfície específica, aumentando a capacidade de sucção e a extensão da ligação, aumenta também a possibilidade de ligação mecânica.
- Boa aplicação, apertando contra o suporte e cura inicial.

As boas condições do suporte são um factor essencial, que muitas vezes falha. O betão moldado, por exemplo, tem em geral baixa porosidade e é demasiado liso, dois factores que reduzem a aderência (figs. 16 e 17). Outro problema do suporte que pode impedir a aderência é a saturação, já que os poros cheios de água não podem absorver a suspensão de ligante que deveria

criar a ligação mecânica. Por exemplo uma laje de betão saturada de água devido a infiltrações ou a insuficiente secagem do próprio material, não oferece condições mínimas de aderência (fig. 17). Outros suportes, como os isolantes (no caso dos revestimentos de isolamento térmico), a madeira ou algumas alvenarias podem ter más condições de aderência. Por outro lado, suportes demasiado absorventes, com grandes poros, podem provocar a dessecação da argamassa na interface, prejudicando também a aderência.

## **3.2 – Edifícios históricos**

### **3.2.1 – Anomalias**

Nas argamassas antigas dos edifícios históricos, as anomalias com maior expressão não coincidem totalmente com as observáveis nos edifícios recentes. Tal deve-se, por um lado, às diferentes naturezas dos materiais, por outro às idades diversas. Com efeito, as argamassas com base em cal, desde que bem aplicadas, são menos susceptíveis à fendilhação, não por terem menor retracção, mas por terem menor módulo de elasticidade. Por outro lado, sendo a fendilhação uma anomalia precoce, principalmente quando está relacionada com a retracção, e que conduz a uma rápida degradação, as argamassas originais que a tiveram já desapareceram.

Assim, as anomalias mais graves das argamassas dos edifícios antigos relacionam-se com a presença excessiva da água [17 a 20] e são: a perda de coesão, a perda de aderência e as eflorescências e criptoflorescências salinas (figs. 8 e 22 a 27). Surgem no entanto outras anomalias, umas ainda com origem na água, como a colonização biológica [21] (fig. 28) e as manchas de humidade (fig. 9), e outras menos relacionadas com a água, como a erosão (fig. 29) e a fissuração [22, 23].

### **3.2.2 – Perda de coesão**

A perda de coesão pode ser devida à perda de ligante por arrastamento e dissolução pela água ao longo dos anos, ou devida à cristalização de sais no interior da camada de argamassa, provocando tensões nas paredes dos poros e destruindo assim a sua estrutura porosa (figs. 22 a 25) [24, 25].

### **3.2.3 – Destacamento (ou perda de aderência)**

Também a perda de aderência pode ter origem na acumulação de humidade na interface entre o tosco da parede e a argamassa, dissolvendo o ligante e provocando pressões que conduzem ao destacamento; ou pode ser causada pela cristalização de sais nessa mesma interface (criptoflorescências), criando tensões e destruindo ligações (figs. 16, 17 e 20) [25, 26].

### **3.2.4 – Eflorescências e criptoflorescências**

O problema da cristalização dos sais é uma anomalia em si (fig. 8) e é também, como se referiu, a causa de outras anomalias (figs. 9, 23, 26 e 27), com um elevado potencial de degradação – acrescido no caso das criptoflorescências – e difícil reparação [28 a 30].

Os sais solúveis presentes nos materiais antigos, no solo ou na atmosfera são dissolvidos pela água que penetra nas paredes e que os transporta através da estrutura porosa dos constituintes das paredes, nomeadamente argamassas, pedras e tijolos. A circulação dos sais dissolvidos na alvenaria rege-se pelas leis que regulam o transporte de líquidos em meios porosos, distribuindo-se pelos constituintes da parede conforme a dimensão dos poros e as diferenças de pressão geradas. À medida que a água passa ao estado de vapor, os sais vão cristalizando, concentrando-se na frente de secagem, seja esta na superfície exterior ou no interior da camada de argamassa, ou mesmo no interior da alvenaria.

As zonas de cristalização de sais vão sendo destruídas devido a causas físicas, ou seja às pressões geradas pelo aumento de volume dos cristais, e também, em alguns casos, devido a fenómenos químicos. A perda de coesão e consequente pulverização é uma das consequências da cristalização no interior da camada de argamassa, enquanto o destacamento surge quando a cristalização se dá na interface entre camadas ou com o suporte. No entanto, o efeito mais nocivo deve considerar-se a cristalização no interior do suporte, embora só mais tarde se torne visível, porque destrói a estrutura mais antiga e mais difícil de reparar. O tipo de sais identificados denunciam a respectiva origem: os sulfatos provêm geralmente dos materiais antigos, ou do cimento usado em intervenções recentes, ou ainda resultam da poluição, através das chuvas ácidas; os cloretos têm frequentemente origem em materiais vindos de zonas marítimas, como areias do mar, conchas, etc., ou então resultam directamente da proximidade do mar, em nevoeiro salino, salpicos das ondas ou solos contaminados, ou ainda de produtos armazenados nesses locais; finalmente, os nitratos e nitritos resultam de matéria orgânica, por exemplo dejectos de animais ou esgotos, e estão normalmente relacionados com abandono ou com antigos usos do edifício. Em todos os casos, a presença de iões alcalinos, necessários à formação dos sais, concorre para o incremento deste fenómeno.

## **4 Prevenção das anomalias – medidas preventivas**

A prevenção das anomalias exige actuação nos níveis A, B e C referidos em 2: formulações adequadas ao uso previsto, disposições construtivas que minimizem os problemas, boa preparação do suporte e aplicação cuidada,

segundo as regras da boa arte. É também essencial a implementação de Planos de Manutenção, com inspecções periódicas e correcção dos aspectos que possam vir a causar degradação: zonas de infiltração de água, caminhos preferenciais de escoamento de água, contacto com água do solo, degradação pontual da camada de acabamento, formação de depósitos de sujidade, abertura de pequenas fissuras, etc.

Em particular, em relação aos mecanismos de degradação desenvolvidos em 3, recomendam-se alguns cuidados específicos:

Para reduzir os riscos de fendilhação de rebocos é necessário, por um lado, minimizar as solicitações que provocam as tensões, através da selecção de materiais compatíveis e de uma aplicação correcta, seguindo as regras da boa arte; por outro lado, é importante usar argamassas pouco susceptíveis à fendilhação, actuando sobre a sua composição de forma a procurar obter materiais menos rígidos, menos geradores de tensões e mais capazes de absorver as que se produzem. O tratamento dos suportes fissurados e a adopção de disposições construtivas adequadas, por exemplo o recurso a armaduras de rede de fibra de vidro nas zonas de ligação entre suportes diferentes e nas zonas de concentração de tensões, como os ângulos dos vãos, são também medidas a tomar (figs. 30 e 31) [31, 32].

Para diminuir os problemas com destacamentos, é essencial actuar ao nível das argamassas e dos suportes [33]. Em relação às primeiras, usar argamassas bem ligadas, com dosagem suficiente de ligante. No caso de rebocos de edifícios recentes, o recurso a um salpico constituído por uma argamassa mais rica em ligante que as camadas seguintes, e também mais fluida e rugosa, atirada com energia contra o suporte, é uma solução simples e eficaz. No caso dos suportes, é necessário assegurar que tenham uma absorção média, com alguns poros de diâmetro superior e alguma rugosidade. Caso estas condições não sejam cumpridas, deve-se recorrer a tratamentos adequados, por exemplo, no caso do betão, provocar rugosidade por meios mecânicos, aumentando ao mesmo tempo a absorção por eliminação da película com maior concentração de cimento; usar primários de aderência com base em resinas; criar ligações através de redes metálicas; ou ainda, no caso dos suportes demasiado absorventes, usar primários reguladores de absorção. Também o teor de água do suporte é, como se referiu, importante: ligeiramente húmido, para não produzir dessecação, mas nunca saturado.

A patologia associada aos sais solúveis implica a existência simultânea de dois factores: a circulação de água e a presença de iões salinos nas argamassas. Para evitar danos com sais, o método mais seguro consiste em controlar a circulação da água, tomando as várias medidas já referidas a propósito dos Planos de Manutenção. Quando não é possível controlar todas as entradas de água, o que muitas vezes acontece nos casos de água de capilaridade ascendente proveniente do subsolo, em geral deve optar-se por facilitar a evaporação da água

para o exterior, ainda que com essa estratégia se sacrifique a camada externa do reboco exterior, usando um sistema de revestimento de transporte (fig. 32). Naturalmente, nos casos em que essa argamassa é particularmente valiosa, por exemplo sempre que existam pinturas murais ou revestimentos decorativos com valor histórico, é necessário procurar outra estratégia, que salvaguarde esses elementos, como por exemplo um sistema de revestimento de acumulação (fig. 33).

## **5 Reparação das anomalias – medidas correctivas**

Quando as medidas preventivas não foram tomadas, ou se revelaram insuficientes, é necessário reparar as anomalias surgidas.

A sequência de acções a realizar é a seguinte: i) Mapeamento das anomalias; ii) Identificação do mecanismo de degradação. Para este efeito pode ser necessária a realização de alguns testes, como medições de humidade, identificação de sais, medição de variações de abertura em fissuras, etc. iii) Eliminação ou minimização das causas que deram origem às anomalias. iv) Reparação da anomalia, usando técnicas adequadas para cada caso, descritas em bibliografia da especialidade [34 a 37].

## **6 Conclusões**

As argamassas são constituintes fundamentais da construção, desde a Antiguidade até aos nossos dias, desempenhando diversas funções. A patologia das argamassas está relacionada com a perda de funcionalidade, portanto é definida para cada tipo de utilização.

As principais causas da patologia de argamassas encontram-se em todas as fases da construção: Concepção e projecto: omissões e deficiências de projecto, formulações e materiais inadequados; construção: deficiente aplicação das argamassas em obra e anomalias ou más condições do suporte; utilização: causas excepcionais e envelhecimento natural, agravados pela falta de manutenção.

O quadro patológico é distinto para as argamassas de edifícios recentes – argamassas em geral com base em cimento, preparadas e aplicadas com prazos curtos – e para argamassas antigas, de históricos – argamassas com base em cal, sujeitas à presença de água e sais durante longos períodos, preparadas e aplicadas com cuidado e tempo. Também os métodos de reparação são diferentes e devem ter em conta o funcionamento da parede.

Identificam-se os seguintes tipos de anomalias em argamassas: fendilhação, destacamento, perda de coesão, eflorescências e criptoflorescências, manchas de humidade, colonização biológico, manchas de sujidade e fantasmas e erosão. Destas, destacam-se como conduzindo a maior degradação, a fendilha-

ção e o destacamento para as argamassas de edifícios recentes e a perda de coesão, perda de aderência (destacamento) e eflorescências para as argamassas de edifícios históricos.

A prevenção das anomalias exige a tomada de medidas em todas as fases da obra: pormenorização e especificação em projecto, cuidada aplicação em obra e implementação de Planos de Manutenção. A correcção de anomalias já instaladas implica o mapeamento das anomalias, a identificação dos mecanismos de degradação e das suas causas, a correcção destas (na medida do possível) e, finalmente, a reparação dos sintomas, recorrendo a técnicas apropriadas para cada caso.

A manutenção periódica atempada permite um prolongamento significativo da vida útil das argamassas, que facilmente pode atingir os 50 a 100 anos. Os testemunhos de que dispomos, em Portugal e em toda a Europa e Ásia, de argamassas com milhares de anos em bom estado de conservação, não nos deixam dúvidas sobre a possibilidade de melhorar a durabilidade destes elementos da construção, mesmo sem recurso à alta tecnologia.

## Referências

- [1] VEIGA, M. Rosário – Comportamento de revestimentos de fachadas com base em ligante mineral. In 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa: 24 e 25 de Novembro de 2005.
- [2] VEIGA, M. Rosário; PINA DOS SANTOS, C. – Avaliação da aptidão ao uso de sistemas de isolamento térmico para paredes do tipo ETICS. In Encontro sobre Qualidade e Inovação na Construção, QIC 2006. Lisboa: LNEC, 21 a 24 de Novembro 2006.
- [3] Teixeira B.; Valente C.S.; Velosa A.L.; Veiga M.R.; Ferreira I.M. – Development of lime based mortars for repairing glazed tiles coatings of historic buildings in the city of Ovar, Portugal. In HMC08 – 1st Historical Mortars Conference 2008: Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility, Lisboa, LNEC, 24-26 de Setembro de 2008.
- [4] VEIGA, M. Rosário - Comportamento de rebocos para edifícios antigos: exigências gerais e requisitos específicos para edifícios antigos. Actas do Seminário Sais solúveis em paredes antigas. Lisboa, 14-15 de Fevereiro de 2005.
- [5] VEIGA, M. Rosário – Intervenções em revestimentos antigos: conservar, substituir ou... destruir. Revista Materiais de Construção. Ano XXIII, nº 126, Julho/Agosto de 2006, pp. 45 a 50.
- [6] VILLANUEVA, L. – Patología de guarnecidos y revocos, in: Patología y técnicas de intervención. Fachadas y cobiertas. Tomo 4. Madrid: Edi-

- torial Munilla (Lería) – Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica – UPM, 1998.
- [7] CARRIO, J. – Patología de cerramientos e acabados arquitectónicos. Madrid: Editorial Munilla (Lería) – Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónica – UPM, 2000.
- [8] VEIGA, M. Rosário – Comportamento à fendilhação de rebocos: avaliação e melhoria. Lisboa, LNEC, Setembro de 2004. Cadernos Edifícios n.º 3, p. 7-27; NRI, (21 pág., 7 fig.; 4 quad.).
- [9] VEIGA, M. Rosário; ABRANTES, Vítor - Improving the cracking resistance of rendering mortars. Influence of composition factors. Lisboa: LNEC, 1998. Comunicação COM 14 (XXV Congresso Mundial de Habitação da IAHS – International Association for Housing Science).
- [10] VEIGA, M. Rosário - Influence of Application Conditions on the Cracking Susceptibility of Renderings. RILEM Publications S.A:R.L., Concrete Science and Engineering, vol 2, September 2000, pp.134-140.
- [11] VEIGA, M. Rosário – Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Susceptibilidade à fendilhação, capacidade de impermeabilização e aderência ao suporte. Influência de parâmetros de constituição e de aplicação e avaliação do desempenho – In V Seminário Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (V SBTA), S. Paulo (Brasil), 11-13 de Junho de 2003. Conferência convidada.
- [12] OUZIT, M. - Contribution à l'étude du comportement mécanique des enduits de façade à base de liants hydrauliques. Paris: Thèse de doctorat. 1990.
- [13] MIRANDA, Vidália; VEIGA, M. Rosário – Influência de alguns parâmetros sobre a aderência de rebocos tradicionais. Comunicação apresentada ao 2º Congresso Nacional da Construção (Construção 2004), Porto, FEUP, Dezembro de 2004; NRI, (6 pág., 2 fig., 1 quad.).
- [14] Carasek, H. Aderência de Argamassas à base de Cimento Portland a Substratos Porosos. Avaliação dos Factores Intervenientes e Contribuição ao Estudo do Mecanismo de Ligação. Tese de Doutoramento, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.
- [15] Borchelt, J.; E., P.; Tann, J. Bond Strength and Water Penetration of Low IRA Brick and Mortar. Proceedings of the 7th North American Masonry Conference, 1996.
- [16] Boynton, R.; Gutschick, K. Bond of Mortar to Masonry Units. Factors Influencing Strength, Extent and Durability of Bond. Washington Masonry Mortar Technical Notes # 3 - National Lime Association, 1964.

- [17] MAGALHÃES, Ana C. – Patologia de rebocos antigos. Lisboa: LNEC, Outubro de 2002. Cadernos de Edifícios, nº 2.
- [18] HENRIQUES, Fernando M. A.- Humidade em paredes. Lisboa: LNEC, 2001. Coleção Edifícios, CED 1 (3ªed.).
- [19] PALOMO, A.; BLANCO-VARELA, M.T.; MARTINEZ-RAMIREZ, S.; PUERTAS, F.; FORTES, C. – Historic mortars: Characterization and durability. New tendencies for research. In Proceedings of the ARCCHIP Workshops supported from the EC 5th FP Project nº ICA1-CT-2000-70013, pp. 167-183, Prague, 2004.
- [20] FREITAS, Vasco P.; TORRES, M. Isabel; ASCENSÃO, Alfredo; GONÇALVES, Pedro F. – Tratamento da humidade ascensional na Igreja de Vilar de Frades. Património Estudos, nº 3, 2002, pp. 54-62.
- [21] CANEVA, G.; NUGARI, M. P.; SALVADORI, O. – Biology in the conservation of Works of art. Rome: ICCROM, 1991.
- [22] VEIGA, M. Rosário; VELOSA, Ana; MAGALHÃES, Ana - Evaluation of mechanical compatibility of renders to apply on old walls based on a restrained shrinkage test. Materials and Structures, Vol. 40, nº10, December 2006 (available online).
- [23] VEIGA, M. Rosário - Methodology to evaluate the cracking susceptibility of mortars. Selection criteria of rendering and repointing mortars for ancient buildings. Palestra convidada ao Seminário “Malte a vista com sabie locali nella conservazione degli edifici storici”, Turim, Politecnico di Torino, Julho de 2000.
- [24] TAVARES, M. T.; VEIGA, M. R. – A conservação de rebocos antigos – Restituir a coesão perdida através da consolidação com materiais tradicionais e sustentáveis. In VII SBTA – VII Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, no Recife, Brasil, em Maio de 2007.
- [25] TAVARES, M.; VEIGA, M. R.; FRAGATA, A.; AGUIAR, J. – Consolidation of renderings simulating stone in the façade of LNEC’s building. In Stone Consolidation in Cultural Heritage. Lisboa, LNEC, 6-7 Maio de 2008.
- [26] TAVARES, M.; FRAGATA, A.; VEIGA, M. R. – A consolidação da falta de aderência de rebocos antigos – um estudo com diferentes argamassas para grouting. In 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa, Novembro de 2007.
- [27] VAN HEES, R. P. J.; WIJFFELS, T. J.; VAN DER KLUGT, L. J. – Thaumate swelling in historic mortars: field observations and laboratory research. Cement and Concrete Composites, 25, 2003, pp. 1165-1171.
- [28] LUBELLI, B.; VAN HEES, R.; HUININK, H.; GROOT, C. – Irreversible dilation of NaCl contaminated lime-cement mortars due to crys-

- tallization cycles. *Cement and Concrete Research*, 36, 2006, pp. 678-687.
- [29] GONÇALVES, Teresa – Salt crystallization in plastered or rendered walls. Thesis carried out at the Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) for the purpose of obtaining a PhD degree in Civil Engineering at the Universidade Técnica de Lisboa, within the scope of a partnership contract between Instituto Superior Técnico and LNEC. Lisboa: IST, February 2007. Provisional Document.
- [30] GONÇALVES, T.; DELGADO RODRIGUES, J. D.; SANDERS, M.; VANHEES, R.; LUXÁN, M. P. – Rebocos para edifícios históricos sujeitos à acção de sais solúveis. Apresentação do Projecto COMPASS e principais conclusões das entrevistas. Actas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: LNEC, Maio de 2003.
- [31] SWAMY, R., N.; STAVRIDES, H.; - Influence of fiber reinforcement on restrained shrinkage and cracking. *American Concrete Institute, ACI journal*, March 1979, págs. 443-460.
- [32] BENTUR, A.; MINDESS, S. - Fibre reinforced cementitious composites. London and New York: Elsevier Applied Science, 1990.
- [33] MIRANDA, Vidália; VEIGA, M. Rosário; GASPAR, Nero – Analysis of solutions aiming adhesion improvement of traditional renders on concrete backgrounds. Proceedings do XXX IAHS World Congress on Housing Coimbra, Setembro de 2002.
- [34] ESTRELA, Susana; HENRIQUES, G. Pedro; VEIGA, M. Rosário – Reparação de fissuras em rebocos. In 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de edifícios – Patorreb 2009. Porto, 18 a 20 de Março de 2009.
- [35] FLORES-COLEN, J.; BRITO, J.; FREITAS, V. – Stains in façades' rendering. *Construction and Building Materials*, Vol 22 (2008), pp. 211-221.
- [36] DINIS SILVESTRE, J.; BRITO, J. – ceramic tiling inspection system. *Construction and Building Materials*, Vol 23, Issue 2, February 2009, pp. 653-668.
- [37] FERREIRA, I.; VEIGA, R. - Glazed tile façades of Ovar: protective measures developed by the “Atelier of conservation and restoration of glazed tiles” of Ovar City Hall. In International Seminar “Conservation of glazed ceramic tiles, Lisbon, LNEC, April 2009.



Fig. 1 – Castelo de Amieira do Tejo, em alvenaria de pedra com argamassa de cal



Fig. 2 – Revestimento exterior com reboco pré-doseado do tipo monocamada



Fig. 3 – Revestimento exterior com reboco de cal executado com a técnica marmorite



Fig. 4 – Estuque interior do Palácio de Estói



Fig. 5 – Revestimento exterior do tipo ETICS



Fig. 6 – Revestimento azulejado de uma fachada em Ovar



Fig. 7 – Aplicação de rede de fibra de vidro entre camadas de argamassa em ETICS



Fig. 8 – Argamassa antiga com fissuração e sais



Fig. 9 – Parede antiga com capilaridade ascendente após intervenção com argamassas de cimento



Fig. 10 – Fissuração mapeada por retracção restringida de um reboco com base em cimento



Fig. 12 – Fissuração mapeada por retracção restringida



Fig. 11 – Fissuração mapeada por retracção restringida de um reboco de cimento (mais rígido)

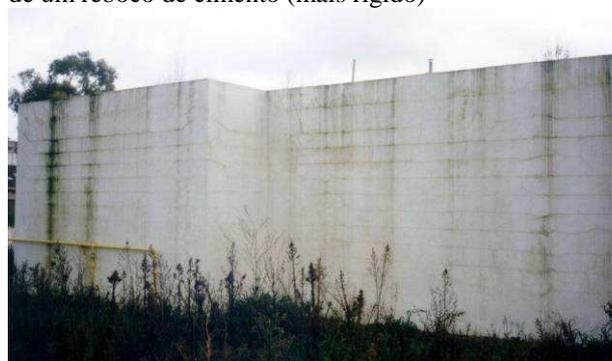


Fig. 13 – Fissuração em correspondência com as juntas de uma alvenaria de blocos de um reboco com base em cimento

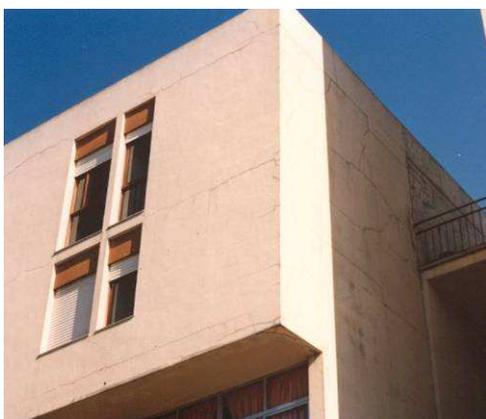


Fig. 14 – Fissuração do reboco devida à fissuração do suporte



Fig. 15 – Fissuração de reboco na ligação entre a parede de alvenaria, a viga de betão e a platibanda.



Fig. 16 – Destacamento de porção de reboco de suporte de betão em andar elevado



Fig. 17 – Destacamento de estuque de tecto de laje de betão



Fig. 18 – Manchas de fungos e de sujidade em reboco exterior

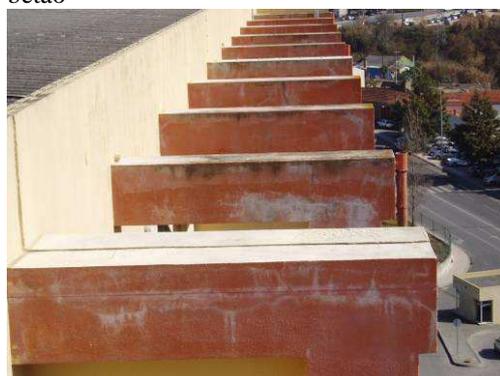


Fig. 19 – Fissuras e eflorescências em reboco exterior



Fig. 20 – Erosão em reboco exterior



Fig. 21 – Manchas de carbonatação e de sujidade em reboco monocamada



Fig. 22 – Empolamento de reboco de substituição em parede antiga (incompatível?)



Fig. 23 – Destacamento de reboco de substituição incompatível em parede antiga



Fig. 24 – Destacamento de reboco antigo



Fig. 25 – Destacamento de azulejos antigos



Fig. 26 – Perda de coesão de reboco de substituição devido a sais



Fig. 27 – Perda de coesão de revestimento antigo de marmorite



Fig. 28 – Fungos em reboco antigo



Fig. 29 – Erosão de reboco antigo

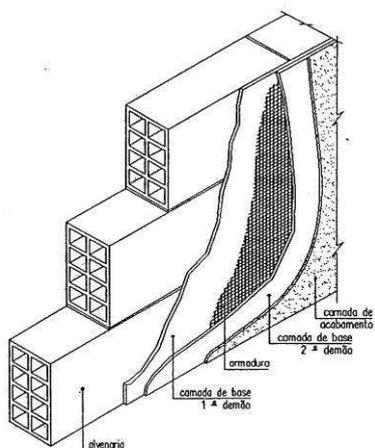


Fig. 30 – Armadura de rede de fibra de vidro em reboco exterior

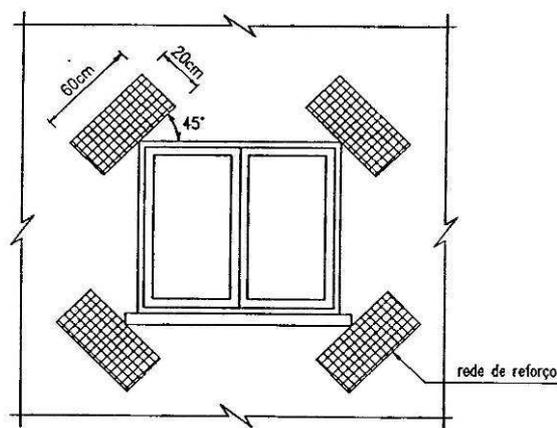


Fig. 31 – Armadura de rede de fibra de vidro em zonas vulneráveis à fissuração de um reboco exterior

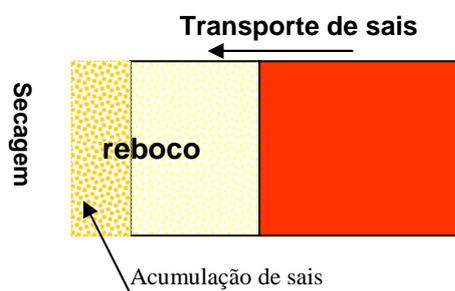


Fig. 32 – Revestimento de transporte de sais

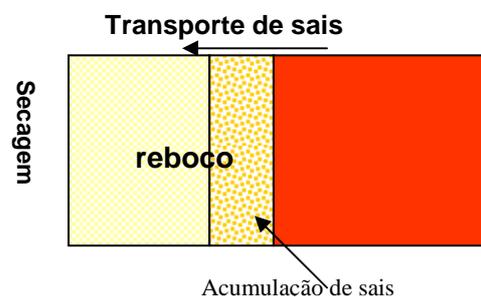


Fig. 33 – Revestimento de acumulação de sais