

# INSPECÇÃO E AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS PÉTREOS EM FACHADAS

## *Caso de Estudo*

F. Rodrigues\*      R. Vicente†      H. Varum‡      A. Velosa§  
frodrigues@civil.ua.pt      romvic@civil.ua.pt      hvarum@civil.ua.pt      avelosa@civil.ua.pt

### Resumo

A avaliação da durabilidade é essencialmente uma verificação de que uma determinada edificação cumpre o uso para que foi projectada durante o seu ciclo de vida. Assim as especificações de durabilidade devem ser estabelecidas e consideradas em todas as fases do processo de construção, por todos os intervenientes: dono da obra, projectista, entidade executante e utilizador.

Presentemente manifesta-se em muitos casos de forma precoce, a falta de durabilidade dos sistemas construtivos empregues no revestimento exterior de fachadas de edifícios, através de anomalias que se reflectem na envolvente externa e em superfícies interiores.

Este artigo apresenta uma investigação sobre o estado de degradação do revestimento de fachada de um empreendimento recente, constituído por seis edifícios em banda, dispostos em U, para cujo revestimento de fachada foi preconizada uma solução de colagem de pedra natural com dimensões de 690mm x 450mm, aplicada directamente sobre o paramento da parede.

Efectuou-se uma inspecção detalhada às fachadas tendo-se procedido a ensaios de diagnóstico das condições de aderência (Pull-Off), para se verificarem quer as tensões de rotura à tracção do sistema de revestimento e identificar as suas interfaces de rotura, analisadas à luz das regras e exigências para este tipo de revestimento.

Neste trabalho a observação visual complementada com sondagens e ensaios em várias zonas das fachadas permitiram a recolha de dados que serviram de base para a identificação das causas das anomalias e consequente indicação de possíveis medidas correctivas.

*Palavras-chave:* revestimento pétreo, fachada, aderência, diagnóstico, anomalias.

---

\* Assistente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

† Assistente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

‡ Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

§ Assistente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro.

## **1 Introdução**

O aparecimento de anomalias visíveis nos revestimentos de fachada dos edifícios, são o principal motivo que leva a estudos de avaliação do respectivo estado de degradação e de identificação das respectivas causas, para se proceder à tomada de medidas de reparação e/ou substituição.

O caso de estudo apresentado refere-se à avaliação e inspecção do estado de degradação do revestimento em placas de pedra natural, de um empreendimento de habitação multifamiliar, situado em Aveiro.

O aparecimento de destacamentos e desprendimentos das referidas placas, representando um elevado risco para terceiros, levou a que fosse efectuado pelo Departamento de Engenharia Civil-Universidade de Aveiro o estudo [1]. Nesse sentido procedeu-se à recolha e análise de elementos relativos ao projecto dos edifícios, com o objectivo de se analisarem as especificações técnicas e os pormenores de execução relativos ao revestimento dos paramentos exteriores das fachadas, bem como à recolha de dados técnicos sobre os materiais e a técnica de fixação empregue. Seguiu-se um conjunto de inspecções e ensaios de diagnóstico das condições de aderência do revestimento através de ensaios Pull-Off que demonstraram valores baixos da tensão de aderência deste revestimento relativamente ao seu suporte. A falta de pormenorização e de especificação das soluções de fixação das placas de revestimento, bem como dos materiais, produtos e técnicas a aplicar, levou a que se optasse na construção, por uma solução de fixação inadequada sob os pontos de vista da durabilidade e da segurança na fase de utilização do edifício. Perante as anomalias detectadas, quer pela sua extensão quer pela sua gravidade, recomendou-se a reabilitação geral do revestimento das fachadas dos edifícios estudados.

## **2 Revestimentos de pedra em paramentos de edifícios**

### **2.1 Caracterização geral**

Utilizadas como revestimento de parede, as placas de pedra cumprem um papel simultaneamente estético e de protecção. Caracterizam-se geralmente por painéis rectangulares, com dimensões variáveis e com uma espessura que se encontra condicionada pelo material em si e pelas condições de aplicação. Devido à grande variedade de pedras utilizadas (em Portugal, fundamentalmente calcários e granitos de proveniências variadas), existe uma grande inconstância ao nível de características fundamentais, como a absorção de água, a resistência mecânica, a resistência aos sais e à acção gelo/degelo.

### **2.2 Patologias associadas**

Os casos de patologia associada a este tipo de revestimentos prendem-se fundamentalmente com variações dimensionais diferenciadas de elementos de pedra e argamassas associadas, destruição de ancoragens, movimentos do suporte e rotura

das peças de pedra por problemas intrínsecos (falta de homogeneidade, dimensionamento inadequado, própria degradação).

### **2.3 Sistemas de colocação e regulamentação aplicável**

Em Portugal, os principais sistemas de aplicação de revestimentos de pedra em edifícios são o grampeamento, ou seja, a utilização de estruturas de fixação directa entre a pedra e o suporte, pressupondo a existência de uma caixa-de-ar, e a colocação sobre camada de argamassa e cimento cola. Na inexistência de normalização europeia de regulamentação destas soluções, salientam-se as publicações do CSTB, na forma do Cahier 3264 [2], “Classification des colles à carrelage” e do Cahier 3266 [3] “Revêtements de murs extérieurs en carreaux ceramiques ou analogues collés au moyen de mortiers-colle” e a norma francesa NF P 65-202-1 [4], “Travaux de bâtiment-Revêtements muraux attachés en pierre mince – Partie 1 – Cahier des clauses techniques.”

Estes documentos determinam exigências ao nível das argamassas de suporte de pedras, das características das pedras a aplicar e dos sistemas de aplicação e fixação. Consideram como sistemas de aplicação de placas de pedra em edifícios, a utilização de grampos e agrafos, definindo a sua forma de utilização, as características base a que devem obedecer e regras para a sua utilização em paramentos de paredes.

Os cimentos cola são classificados segundo classes de desempenho, sendo a aderência (inicial, após imersão em água, após acção do calor, após acção gelo/degelo) a característica principal de classificação.

Aos elementos pétreos são impostos limites de massa e de relação altura/largura. Adicionalmente, são classificados segundo a sua porosidade e dimensão. Para alturas de colocação superiores a 6m as exigências a este nível aumentam assim como as exigências relativas aos cimentos-cola.

## **3 Caso de estudo**

### **3.1 Caracterização geral**

O empreendimento estudado é constituído por seis edifícios em banda, de habitação multifamiliar, dispostos em U (ver figura 1), para cujo revestimento de fachada foi preconizada uma solução de colagem de pedra natural com dimensões de 690mm x 450mm, aplicada directamente sobre o paramento da parede, com excepção das pedras assentes sobre os vãos envidraçados que se encontram grampeadas. Efectuou-se uma inspecção detalhada às fachadas tendo-se procedido a ensaios de tracção Pull-Off, para verificação quer das tensões de rotura à tracção do sistema de revestimento, quer das superfícies de rotura.



Figura 1: Empreendimento estudado

## 3.2 Características do sistema de revestimento

A recolha de dados sobre o sistema de revestimento é essencial para se obter um conhecimento profundo sobre as características dos materiais, produtos e técnicas aplicadas. Com este objectivo procedeu-se à recolha de dados sobre as placas de pedra aplicadas, as colas e argamassas utilizadas, através de fichas de dados de segurança, estudos elaborados anteriormente, entrevistas às pessoas envolvidas na aplicação do revestimento, bem como através da análise dos projectos dos edifícios.

### 3.2.1 Pedra

Placas de pedra natural, de granito amarelo, de 690 mm x 450 mm, com espessura de 15 mm, e com as características constantes da respectiva de acordo com os dados da respectiva ficha técnica.

### 3.2.2 Processo de fixação

Da consulta efectuada ao projecto dos edifícios verificou-se a inexistência de caderno de encargos ou especificação técnica da solução de fixação, nem pormenores referentes à sua execução. Existe apenas uma breve referência que aqui se transcreve: “as paredes exteriores serão revestidas com peças de pedra de acordo com a estereotomia apresentada em alçado”.

Na primeira fase da construção foi aplicada uma argamassa de cimento e areia, aditivada com látex, em três fiadas da fachada principal.

Numa segunda fase da construção a restante área revestida com pedra foi fixada por colagem directa sobre o paramento exterior da parede com uma cola comercial corrente. A fiada de pedra sobre os vãos envidraçados é fixada com cola e grampeada a meio num único ponto.

### 3.2.3 Reboco

Relativamente aos rebocos aplicados verificou-se a aplicação de dois tipos distintos de reboco, em duas fases distintas da obra.

Numa primeira fase, na fachada principal de um dos blocos, aplicou-se uma argamassa de cimento Portland e areia, com traço 1:3 e com incorporação de látex numa percentagem de 12% sobre o peso em cimento (dados recolhidos durante a elaboração de um relatório anterior solicitado ao DECUA).

Numa segunda fase da construção que envolveu os restantes edifícios, foi aplicada uma outra argamassa, cujas características não foram facultadas. No entanto, a memória descritiva do projecto de arquitectura especifica que o traço volumétrico desta argamassa deverá ser 1:4.

### 3.2.4 Juntas

A pedra foi aplicada com junta fechada com uma argamassa de base cimentícia.

## 3.3 Anomalias observadas no revestimento exterior

As principais anomalias verificadas, através da observação visual, foram (ver figura 2):

- Destacamento e desprendimento;
- Manchas de humidade;
- Fissuração.

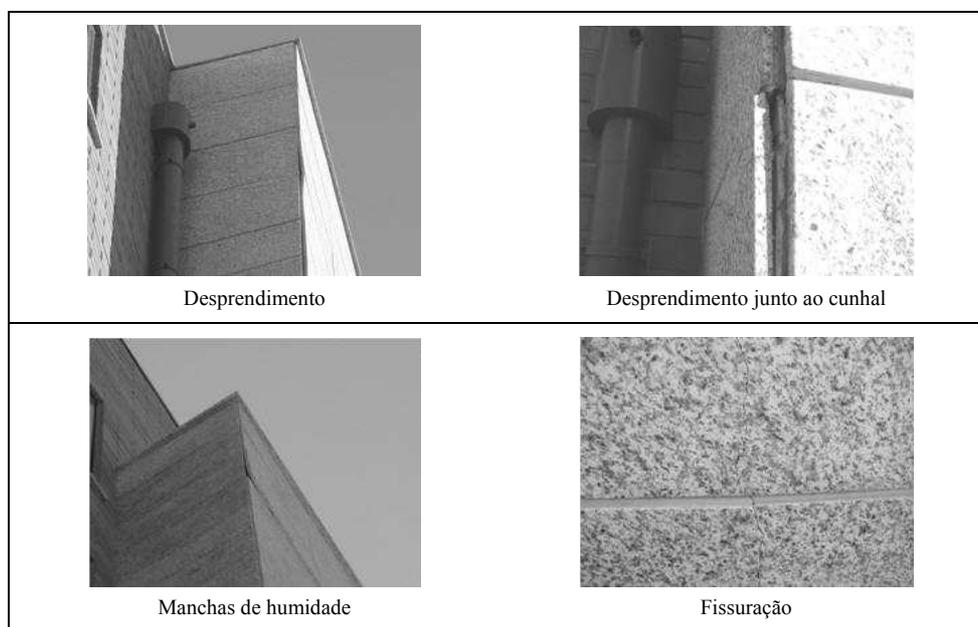


Figura 2: Anomalias observadas no revestimento exterior

O destacamento é o defeito mais gravoso encontrado, que se manifesta de forma mais evidente junto aos cunhais, aparecendo pontualmente noutras zonas das fachadas. A probabilidade de desprendimento aumenta com o peso das placas de pedra e com a acção do vento.

Observou-se a existência de humidade quer na pedra quer no suporte (tijolo e argamassa), especialmente nas zonas dos cunhais.

Verificou-se a existência de fissuras verticais, localizadas, englobando o revestimento de pedra e as juntas.

### 3.4 Acções de diagnóstico e ensaios

O processo de avaliação e determinação das causas a partir das manifestações e consequências é uma tarefa complexa, pela dificuldade de estabelecer relações causa-efeito devido à diversidade de problemas observados pontualmente. Os ensaios de arranque executados apesar de destrutivos, auxiliaram no processo de diagnóstico e introduziram uma maior eficiência no processo de decisão.

### 3.5 Resultados, avaliação e causas

Para a avaliação das condições de aderência efectuaram-se ensaios de arranque Pull-Off (ver figura 3 e 4), segundo a normativa Fe Pa 36 [5] - Revestimentos de paredes, ensaio de arrancamento por tracção, cujos resultados se apresentam na tabela 1:

Tabela 1: Resultados dos ensaios de aderência

PULL-OFF TEST					
Provete nº	Localização	Valor da força de rotura (KN)	Profundidade (mm)	Tensão de rotura (MPa)	Modo de rotura
PR1	Fachada Nascente - D5	1,37	23	0,70	Rotura pelo suporte
PR2	Fachada Nascente - D5	0,60	15	0,31	Rotura pela cola
PR3	Fachada Nascente - D5	0,45	18	0,23	Rotura pela cola
PR4	Fachada Sul Interior - D6	1,30	23	0,66	Rotura pelo suporte
PR5	Fachada Sul - D6	0,45	38	0,23	Rotura pelo suporte
PR6	Fachada Poente Interior - D5	0,75	36	0,38	Rotura pelo suporte
PR7	Fachada Poente Interior - D4	1,10	10 e 15	0,56	Rotura pela pedra
PR8	Fachada Norte Interior - D3	0,50	19	0,25	Rotura pela cola
PR9	Fachada Norte Interior - D1	0,20	29	0,10	Rotura pelo suporte
PR10	Fachada Sul Exterior - D1	2,50	46	1,27	Rotura pelo suporte

Rotura pela cola	$\sigma_{\text{média}} = 0.26 \text{ MPa}$
Rotura pelo suporte (2ª fase)	$\sigma_{\text{média}} = 0.41 \text{ MPa}$
Rotura pelo suporte (1ª fase)	$\sigma = 1.27 \text{ MPa}$

O último ensaio PR10 onde se registou um valor significativamente superior de resistência à tracção, corresponde à primeira fase de construção e às fiadas de assentamento onde se utilizou argamassa aditivada com látex conforme referido no ponto 3.2.2. Os restantes valores obtidos correspondem ao sistema de fixação utilizado na 2ª fase de construção.



Figura 3: Ensaio Pull-Off

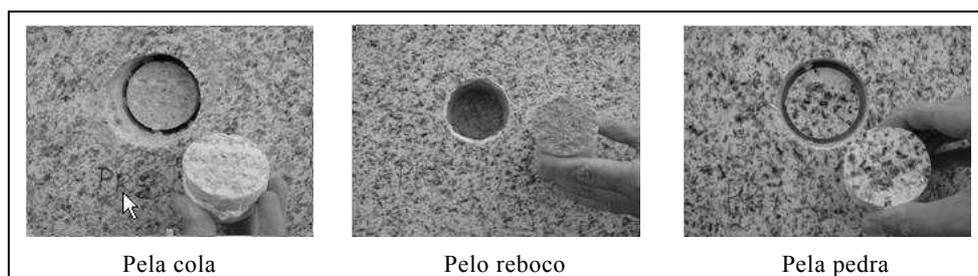


Figura 4: Modos de rotura

A especificação de projecto que indica o sistema de fixação do revestimento de pedra nas fachadas, por colagem, é incorrecto dado que para as placas de pedra com estas dimensões, as especificações técnicas do projecto deveriam ter indicado um sistema de fixação mecânica. A fixação por colagem utilizada é inadequada para este tipo de revestimento de acordo com o especificado nos documentos normativos Document Technique Unifié 55.2 [6] e BS 8298 de 1989 (British Standard Code of Practice for Design and Installation of Natural Stone Cladding and Lining) [7], seguidos por inexistência de normas portuguesas em vigor. Segundo estes documentos, a colagem só será tolerável para pedras com dimensões inferiores a 300mm x 300mm e cuja massa não exceda os 40 kg/m<sup>2</sup>. O relatório do DEC-UA relativo a esta situação, efectuado em 2003, recomenda a utilização de uma solução de grampeamento.

Os problemas dos destacamentos verificados quando a pedra é colada devem-se devidos a vários factores mecânicos e físicos, tais como às tensões de origem termo-higrométrica instaladas nas interfaces pedra-cola-suporte devido

à restrição de movimentos introduzidos pela rigidez da cola e do material de preenchimento das juntas entre placas de pedra. Estas tensões são devidas quer às elevadas variações de temperatura que se verificam no revestimento quer a elevadas tensões de vapor que se originam pela presença de humidade e repelem o material de revestimento. Por outro lado, este vapor de água que se forma entre o material de revestimento e a argamassa degrada a capacidade de aderência da cola.

Apesar da grande variedade de sistemas de colagem existentes no mercado existe ainda grande desconhecimento quanto ao seu comportamento ao envelhecimento e mais propriamente às solicitações climáticas, que podem diminuir a durabilidade destes produtos. Por outro lado, as condições de aplicação poderão também estar na origem de alguns destes problemas, como as condições de limpeza quer do suporte quer da pedra, a planura da placa de pedra, a área de colocação de cola e se terá sido efectuada a dupla colagem, bem como a suficiente ou demasiada hidratação da pedra e do suporte [8, 9].

Quanto às manchas de humidade observadas, afigura-se que serão devidas à entrada de água através de juntas fendilhadas e das zonas de cunhal que sofreram desprendimentos e descolamentos importantes.

## **4 Acções de reabilitação e propostas de intervenção**

### **4.1 Grau de deterioração**

Da análise efectuada verificou-se uma elevada degradação do revestimento das fachadas dos edifícios, especialmente em pontos singulares, o que configura uma situação de elevado risco para terceiros.

### **4.2 Evolução do processo de deterioração, capacidade resistente e segurança**

Segundo o especificado pela Directiva dos Produtos da Construção, um revestimento de parede deve respeitar especialmente, entre outras, as seguintes exigências de desempenho: estabilidade e segurança no uso, que pelas características do sistema de aplicação não se encontram verificadas.

Verifica-se uma degradação precoce do sistema de revestimento exterior aplicado no edifício. Com uma intervenção rigorosa e profunda sobre o revestimento das fachadas, conseguir-se-á aumentar a sua qualidade e durabilidade, eliminando-se o risco para os utilizadores e terceiros.

### 4.3 Propostas de intervenção

Da análise efectuada considerou-se premente e viável a reabilitação geral do revestimento de fachada dos edifícios, pelo que de acordo com as especificações técnicas internacionais já referidas, foram indicadas as seguintes acções e recomendações:

i) Ao nível do projecto proceder-se a uma concepção pormenorizada das soluções de fixação do revestimento, materiais e produtos a aplicar e técnicas de aplicação. Justifica-se esta acção pela grande área de revestimento e pela sua representatividade económica no valor global dos edifícios.

ii) As fixações devem ser mecânicas com definição de uma lâmina de ar ventilada de forma a minimizar as infiltrações de água. Este problema pode também ser acautelado através do tratamento correcto (impermeabilização) do suporte. A selecção e escolha das fixações devem ter em conta o tipo e dimensão da pedra mas também as características resistentes do suporte.

iii) No caso de se optar por um sistema de fixação com junta fechada, as juntas, cuja largura deve ser de pelo menos 5mm, devem ter capacidade de deformação pelo que se deve utilizar uma argamassa cujos componentes garantam baixo módulo de elasticidade e rigidez para que a fendilhação seja minimizada. Deve-se ainda garantir a criação de juntas elásticas, quer verticais quer horizontais, preenchidas com material resiliente, nomeadamente em pontos singulares que garantam a absorção dos movimentos de origem mecânica e física.

iv) A mão-de-obra de aplicação deve estar capacitada quanto às exigências de manuseamento e execução de todos os elementos do sistema para que se garanta a sua qualidade e bom funcionamento e sem introduzir fragilidades noutros pontos.

v) Para se garantir a durabilidade e eficácia do sistema de revestimento tem que existir o planeamento de intervenções de inspecção e manutenção preventiva das fachadas.

## 5 Conclusões

A representatividade económica e os riscos inerentes à falta de segurança de revestimentos pétreos em fachadas justificam que as equipas de projecto procedam a uma concepção exigencial e pormenorizada do tipo de sistemas preconizados. A não especificação dos sistemas correctos de fixação de placas de pedra em revestimentos de fachada poderá levar ao aparecimento de patologias graves que se traduzem em perdas de qualidade e consequentemente de durabilidade dos edifícios e em situações de elevado risco para terceiros conjuntamente com avultadas perdas económicas.

O caso de estudo apresentado oferece uma valiosa informação a partir do qual se poderá orientar um processo de avaliação e diagnóstico em revestimentos de pedra, discutindo algumas causas e indicando algumas acções de intervenção que mais não são do que premissas de uma boa concepção destas soluções.

## 6 Bibliografia

- [1] Análise da adesão de rebocos com látex sobre paredes de Alvenaria. DEC-UA, 2003, Aveiro.
- [2] Cahier du CSTB 3264. Classification des colles à carrelage, définitions et specifications. Octobre 2000.
- [3] Cahier 3266 Revêtements de murs extérieurs en carreaux ceramiques ou analogues collés au moyen de mortiers-colle, Octobre 2000.
- [4] NF P 65-202-1 Travaux de bâtiment-Revêtements muraux attachés en pierre mince – Partie 1 – Cahier des clauses techniques.
- [5] Fe Pa 36 - Revestimentos de paredes, ensaio de arrancamento por tracção, Lisboa, LNEC, Abril 1986.
- [6] Groupe de Coordination des textes techniques – Travaux de revêtements muraux attachés en pierre mince. Cahier des charges. Paris. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Décembre, 1979. Document Technique Unifié (DTU) n.º 55.2.
- [7] British Standard Institution (BSI) – British Standard Code of practice for design and installation of natural stone cladding and lining. London, BSI, BS 8298: 1989.
- [8] Lucas, J. Carvalho. Classificação geral de revestimentos para paredes de alvenaria ou de betão. LNEC, Lisboa, 1990. ITE 24.
- [9] Veiga, M. Rosário – Revestimentos exteriores de placas de pedra. Aspectos técnicos. Construção Magazine, n.º 4, Ano 1, 4º trimestre de 2002, p. 11-14.