



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
Núcleo de Materiais Pétreos e Cerâmicos

Proc. 0205/11/17684

SOBRE A DEGRADAÇÃO FÍSICA DOS AZULEJOS DE FACHADA EM LISBOA

Plano de Investigação Programada do LNEC

Lisboa • Setembro de 2011

I&D MATERIAIS

RELATÓRIO 303/2011 – NPC

**SOBRE A DEGRADAÇÃO FÍSICA
DOS AZULEJOS DE FACHADA EM LISBOA**

RESUMO

Este Relatório contém os resultados de um estudo levado a cabo pelo LNEC sobre a degradação do património azulejar urbano da Cidade de Lisboa. Inclui uma sistematização das formas de degradação dos azulejos de fachada e notas sobre as suas causas.

ON THE DECAY OF FAÇADE GLAZED TILES IN LISBON

SYNOPSIS

This Report contains the results of a technical study on the degradation of early industrial façade tiles used in Lisbon. It includes a systematization of the forms of degradation and a discussion of the main reasons for decay.

SOBRE A DEGRADAÇÃO FÍSICA DOS AZULEJOS DE FACHADA EM LISBOA

ÍNDICE DO TEXTO

1-	INTRODUÇÃO.....	Pág 1
2-	INTRODUÇÃO À DEGRADAÇÃO FÍSICA DOS AZULEJOS.....	9
	2.1- Generalidades.....	9
	2.2- Consequências da humedificação dos suportes na adesão.....	12
	2.3- Apreciação geral do comportamento dos azulejos em fachadas	15
3-	TIPOS DE DEGRADAÇÃO.....	17
	3.1- A fissuração do vidrado.....	17
	3.2- A queda do vidrado.....	22
	3.2.1 A queda em mosaico.....	23
	3.2.2 A queda a partir das arestas.....	25
	3.2.3 A queda por descasque.....	28
	3.2.4 A queda do vidrado nas convexidades.....	30
	3.2.5 A queda do vidrado segundo a cor.....	32
	3.3- A desagregação da chacota.....	35
4-	CONCLUSÕES.....	37
	4.1- Durabilidade.....	37
	4.2- Acção da água.....	37
	4.3- Constância das formas de degradação.....	37
	4.4- Princípio geral da degradação dos azulejos.....	38
	4.5- Conservação e restauro.....	39
	Bibliografia citada	41

SOBRE A DEGRADAÇÃO FÍSICA DOS AZULEJOS DE FACHADA EM LISBOA

ÍNDICE DE FIGURAS

fig.		pág.
1-	Registo de São Marçal e Santo António e Alminhas (séc. XVIII).....	1
2-	Fachada na Rua do Diário de Notícias com azulejos D. Maria (finais do séc. XVIII).....	2
3-	Pisos superiores de uma fachada na Rua Nova da Trindade (a cartela tem a data "1838").....	3
4-	Fachada na Rua das Portas de Santo Antão com azulejamento arcaico.....	4
5-	Azulejo estampilhado evidenciando as pinceladas de cor.....	5
6-	Azulejos de fachada montados em padrão 2x2 obtido a partir de azulejos individualmente idênticos....	6
7-	Pormenor de um tardez típico de um azulejo em pó de pedra marcado "SACAVÉM".....	7
8-	Pormenor estético de uma fachada na Calçada do Cardeal com azulejos da Fábrica Roseira.....	8
9-	Degradação por queda de vidro cujas morfologias indicam diferentes defeitos de aderência.....	11
10-	Colonização biológica sob o vidro em azulejos de pó de pedra.....	12
11-	Conforme o acabamento as infiltrações evidenciam-se por perdas de reboco ou de azulejos.....	13
12-	Fachada na Rua da Alegria com muitas áreas em perda.....	14
13-	Instabilização de azulejos com formação de "barrigas".....	14
14-	Edifício na Rua da Atalaia com fachada húmida e abundante crescimento vegetal	16
15-	Padrão de <i>craquelé</i> em azulejos de fachada.....	17
16-	Edifício na Rua do Teixeira ao Bairro Alto com humidade ascendente.....	19
17-	Diminuição da severidade da degradação com a cota no edifício da figura 16.....	20
18-	<i>Craquelé</i> em azulejos relevados em pó de pedra, atribuíveis à Fábrica de Sacavém.....	21
19-	Secções de azulejos mostrando fissuras de <i>craquelé</i> do Tipo I e do Tipo II.....	21
20-	Falhas no vidro provocadas por queda de pequenas fracções em azulejos com <i>craquelé</i> do Tipo II	23
21-	Perda quase total do vidro num azulejo com <i>craquelé</i> de tipo II.....	24
22-	Queda em mosaico em que o vidro está completamente separado da chacota.....	24
23-	Queda em mosaico em azulejo de pó de pedra de fábrica desconhecida.....	25
24-	Queda generalizado do vidro a partir das arestas num edifício do Bairro Alto.....	26
25-	Estádio avançado do destacamento a partir das arestas numa fachada revestida a azulejo.....	27
26-	Estádio terminal da degradação com sinais de cristalizações salinas na mesma fachada.....	27
27-	Secção num azulejo descascado, mostrando a separação local entre o vidro (branco) e a chacota..	29
28-	Queda por descasque na zona húmida de uma fachada ao Bairro Alto.....	29
29-	Queda por descasque na parte inferior da decoração da antiga Fábrica de Balanças às Cruzes da Sé	30
30-	Exemplos de queda do vidro em partes salientes de azulejos cerâmicos do Palácio da Pena.....	31
31-	Queda do vidro nas partes mais salientes de azulejos de pó de pedra (Rua do Poço da Cidade).....	31
32-	Típica queda do vidro nas partes convexas de azulejos de fabricação provavelmente nortenha	32
33-	Queda do vidro afectando principalmente as áreas azuis.....	33
34-	Queda do vidro afectando as áreas de cor castanha que aqui se apresentam cinzentas.....	33
35-	Queda do vidro afectando principalmente as áreas castanho-escuro (Fábrica das Devesas).....	34
36-	Secção da área azul em perda num azulejo com padrão idêntico aos da figura 33.....	34
37-	Chacotas expostas em desagregação em lâminas e por arenização.....	36
38-	Desagregação lameliforme talvez provocada por cristalização de sais solúveis em zona ribeirinha	36
39-	Fragmentação espontânea de azulejos oitocentistas por acção da humidade.....	38
40-	O fim inexorável se não forem atempadamente tomadas medidas de conservação.....	40

SOBRE A DEGRADAÇÃO FÍSICA DOS AZULEJOS DE FACHADA EM LISBOA

1- INTRODUÇÃO

Lisboa possui um importante património cultural constituído pelas numerosas fachadas de edifícios urbanos revestidas a azulejos.

No período pré-industrial, a utilização exterior era limitada a coruchéus, jardins, fontanários e pequenos painéis geralmente com representações religiosas, algumas das quais ostentam datas anteriores ao terramoto de 1755 e se encontram num estado de conservação admirável (figura 1) que, se como tudo indica corresponderem à época de montagem em fachada, só por si atestam a durabilidade potencial do azulejo português.



Figura 1- Registo de São Marçal e Santo António na Rua dos Remédios em Alfama (datado “1749”) e “Alminhas” do século XVIII na Rua do Diário de Notícias ao Bairro Alto

Numa data desconhecida mas seguramente anterior a 1845, data em que o Conde Atanazy Raczyński já refere a existência de fachadas totalmente azulejadas [1], as fachadas de alguns edifícios, particularmente prédios de rendimento, começaram a ser paramentadas com azulejos, provavelmente não

apenas por razões estéticas mas também para evitar os custos das limpezas e pinturas que periodicamente eram exigidas às fachadas rebocadas.

As figuras 2, 3, 4 ilustram edifícios com revestimentos arcaicos, representando soluções que, pelo menos nos dois últimos casos, serão anteriores a 1850.



Figura 2a- Fachada na Rua do Diário de Notícias ao Bairro Alto com azulejos D. Maria (finais do séc.XVIII) aplicados em data desconhecida



Figura 2b- Padrão de azulejo D. Maria na fachada da Rua do Diário de Notícias



Figura 3a- Pisos superiores de uma fachada na Rua Nova da Trindade. A cartela na varanda tem a data “1838” que se presume ser a data do azulejamento

Figura 3b- Detalhe do último piso com imagem do que pode ser um reaproveitamento de azulejos do demolido Convento da Trindade [2]

A partir de cerca de 1850 difundem-se os revestimentos com azulejo cerâmico semi-industrial caracterizado por fabricação moldada com pastas finas e pintura manual aplicada com o auxílio de estampilhas. As estampilhas eram constituídas por máscaras em papel que cobriam a face da chacota já com a frita do vidrado aplicada e permitiam uma pintura rápida à trincha, ficando o pigmento depositado apenas nas áreas que constituíam aberturas da estampilha (figura 5).



Figura 4- Fachada na Rua das Portas de Santo Antão com azulejamento arcaico¹

¹ Os casos ilustrados nas figuras 3 e 4 foram referidos pela Dr^a Ana Margarida Portela Domingues [2]



Figura 5- Azulejo da Fábrica Roseira (tardo marcado “R.”) datável de finais do séc. XIX, evidenciando as pinceladas de cor aplicadas através das aberturas da estampilha

O azulejo de Lisboa tinha tipicamente o tardo liso, espessuras médias entre 7 e 10mm e as faces laterais inclinadas a um ângulo entre 5 e 30°. A decoração era quase sempre idêntica em todos os azulejos utilizados na mesma fachada e os padrões do azulejamento eram obtidos pela montagem dos azulejos individuais na mesma posição, ou então com rotações de 90, 180 ou 270° permitindo obter padrões modulares diferentes a partir de azulejos idênticos. Frequentemente era utilizado um segundo padrão, por vezes muito simples, constituindo remate das áreas azulejadas (figuras 6, 8).

Os azulejos de fachada eram também utilizados nos interiores dos edifícios, particularmente no revestimento das paredes das escadas e das cozinhas.

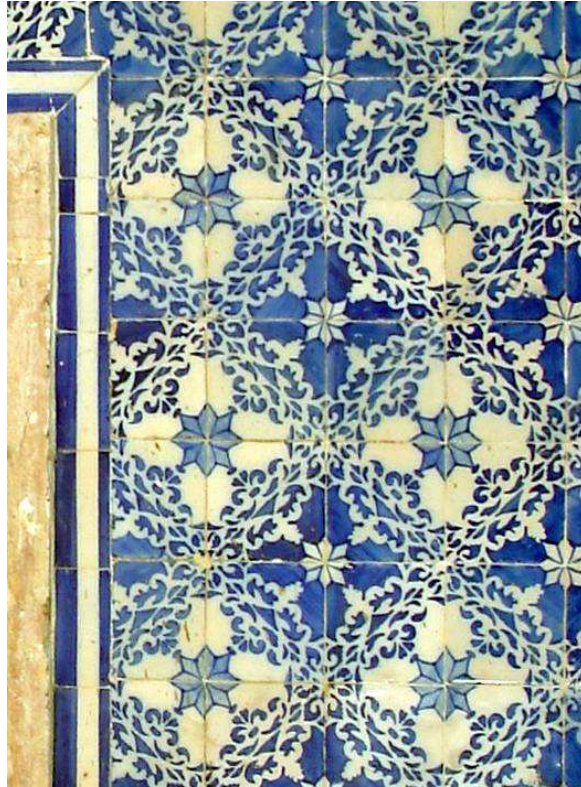


Figura 6- Azulejos de fachada montados em padrão 2x2 obtido a partir de azulejos individualmente idênticos

Existiam numerosas olarias em Lisboa algumas das quais foram referidas no trabalho de Charles Lepierre de 1899 [3] sabendo-se serem particularmente orientadas para a produção de azulejos de fachada: a Fábrica Roseira da Calçada dos Cesteiros a Santa Apolónia; a Fábrica Viúva Lamego ao Intendente; a Fábrica Constância (ou “da Rua das Janelas Verdes”); a Fábrica de M. Gomes Correia Sucessores (ou “da Rua da Imprensa Nacional”); e a Fábrica da Calçada do Monte [2].

Em finais do século XIX a Fábrica de Sacavém iniciou a produção de azulejos em pó de pedra [4] cujas chacotas eram moldadas numa pasta obtida por uma mistura de argila branca (sem ferro) e sílica pulverizada. A decoração era geralmente aplicada sobre a superfície por estampilhagem, estampagem ou pintura à pistola e sobre esta uma camada de vidro transparente, sendo depois cozidos. A Fábrica do Desterro usou a mesma técnica. Ambas utilizavam moldes com o fundo estriado, alguns dos quais marcados com o nome da fábrica (figura

7). Alguns modelos de azulejo em pó de pedra tinham a face relevada, obtida por prensagem em molde, sobre a qual era aplicado vidrado transparente colorido (ver, por exemplo, os azulejos da figura 18).



Figura 7- Pormenor de um tardoiz típico de um azulejo em pó de pedra marcado “SACAVÉM” e com a coroa indicativa da “Real Fábrica” (primeira década do século XX).

O azulejamento integral dos paramentos de fachada terminou em Lisboa por volta de 1930 mas o século que então se completou legou à cidade um património diverso e surpreendente, particularmente notável pela utilização de frisos complementares que orlavam os vãos e dão hoje testemunho do talento decorativo dos azulejadores que os aplicaram com um admirável sentido estético (figura 8).

Neste trabalho resumiram-se os conhecimentos e as hipóteses resultantes do projecto de investigação do LNEC no campo do azulejo português, que se consideraram ser aplicáveis à azulejaria de fachada utilizada em Lisboa. Esse projecto tem vindo a ser desenvolvido com base em inspecções *in situ* (que incidiram, tanto em azulejamentos dos séculos XVII e XVIII [5], como nas aplicações em fachadas dos séculos XIX e XX) e em actividades laboratoriais (tais como observações microscópicas, simulações de envelhecimento acelerado,

caracterizações experimentais, análise instrumental e reproduções com vista a estudar a influência dos parâmetros de fabricação no produto final) que incidiram particularmente sobre a azulejaria pré-industrial e de que alguns resultados foram já publicados [6, 8, 11]. As inspecções realizadas conduziram-nos à conclusão de que a generalidade dos resultados obtidos em relação à degradação dos azulejos pré-industriais é também aplicável, por vezes com adaptações, ao caso dos azulejos semi-industriais. Inversamente, a deterioração acelerada sofrida pelos azulejos de fachada em condições adversas propicia valiosos ensinamentos para o entendimento da degradação dos azulejos mais antigos. O presente trabalho constitui, assim, um contributo para a conservação do património azulejar – não só do urbano da Cidade de Lisboa sobre o qual incide directamente, mas de um inestimável património nacional na sua globalidade.



Figura 8- Pormenor de uma fachada na Calçada do Cardeal com azulejos da Fábrica Roseira, provavelmente anterior a 1870 (uma cartela na alvenaria indica “1842”), notando-se a contribuição estética dos frisos que orlam as áreas azulejadas

2- INTRODUÇÃO À DEGRADAÇÃO FÍSICA DOS AZULEJOS

2.1- Generalidades

No estudo da degradação física dos azulejos num horizonte temporal secular, verifica-se o seguinte princípio enunciado com base na observação visual de numerosos casos, tanto em azulejo pré-industrial [5, 6] como em azulejo de fachada (cerca de 150 exemplos deste último tipo considerados) nas condições climáticas correspondentes à cidade de Lisboa:

A degradação física dos azulejos resulta da concorrência simultânea de uma agressão externa e de uma fragilidade do azulejo decorrente da sua fabricação.

O termo “agressão” deve ser entendido como referindo uma ou mais acções físicas, tais como a humedificação ou o aquecimento, que em geral são inconsequentes e só são daninhas quando os azulejos têm determinadas características que propiciam a degradação em consequência dessas acções. O termo “fragilidade” deve ser entendido como um ou mais defeitos de fabrico (ou afastamentos das características físicas desejáveis) que poderiam não existir e que passam despercebidos enquanto o azulejo não for solicitado por acções que os evidenciem através do dano provocado.

O termo “secular” deve ser entendido como referindo o horizonte temporal em que foi possível analisar a degradação, isto é aplicações de azulejos como paramentos de fachadas cuja idade deve variar predominantemente entre os 90 e os 150 anos. A restrição às condições climáticas de Lisboa é necessária face à pouca importância local dos fenómenos de gelo/degelo em fachadas verticais, agressão que pode ter uma relevância determinante noutros locais do País ou no Estrangeiro.

A *agressão* pode envolver aspectos múltiplos que, em geral, incluem a presença de água e a humedificação dos azulejos a partir dos suportes. Por isso, não é possível um estudo da degradação e das suas causas sem considerar a obra onde o revestimento azulejar está aplicado, para permitir, em particular, definir as

áreas húmidas e as consequências no revestimento de condições diferentes que ocorram em áreas diversas da mesma fachada.

A *fragilidade* traduz-se quase sempre numa aderência insuficiente do vidrado à chacota. Os defeitos de aderência que podem, ou não, conduzir à degradação num prazo mais ou menos longo são regulados por muitos factores da fabricação, incluindo as composições químicas e mineralógicas das matérias-primas e as respectivas técnicas de preparação e incorporação, a tecnologia da cozedura (incluindo factores aleatórios que individualizam cada azulejo, tais como a heterogeneidade da temperatura dentro do forno) e até o processo de arrefecimento. Assim, a fragilidade que se identifica como “insuficiente aderência do vidrado” corresponde, na verdade, a um conjunto de situações de origem e natureza diversas e que por isso podem ser activadas por diferentes intensidades de um mesmo factor agressivo ou por factores agressivos diversos, resultando em todos os casos uma degradação que se materializa macroscopicamente pela queda do vidrado (figuras 9a, b, c).

Como corolário do princípio enunciado, e na mesma base temporal, conclui-se que:

Na ausência de agressões e, em particular, se a chacota se mantiver seca, ou na ausência de defeitos de fabrico relevantes face ao tipo de agressão, o azulejo não sofre degradação física.

Estes fundamentos essenciais para o entendimento dos processos de degradação são de difícil comprovação laboratorial devido, por um lado, aos obstáculos que se colocam à simulação em condições controladas de alguns defeitos de fabrico particularmente relevantes e, por outro, à longa duração dos ensaios que seriam necessários para replicar os fenómenos degradativos de uma maneira realista. A comprovação mais viável no curto prazo consiste, por isso, na interpretação de exemplos observados em obra. Mesmo assim o LNEC realizou uma campanha experimental que permitiu reproduzir nos azulejos do século XVIII as degradações que se manifestam mais rapidamente - ver relato parcial em [6].

As degradações de natureza química, decorrentes por exemplo da dissolução, transporte e recombinação de iões presentes no vidrado, ou de ataques ácidos

em atmosferas agressivas, estão fora do âmbito deste trabalho. As degradações de natureza biológica devidas a colonizações em ambientes húmidos estão também para além do presente objectivo embora seja de referir, dada a sua relativa frequência, que os azulejos de pó de pedra com vidrado transparente podem sofrer de uma patologia que consiste na ocorrência de manchas negras os castanhas sob o vidrado, por vezes com desenvolvimento dendrítico, que obscurecem ou obliteram a decoração e são provavelmente devidas a uma colonização biológica (figura 10).



Figura 9a, b, c- Quedas de vidrado cujas morfologias características indiciam possíveis origens em diferentes níveis de agressão e defeitos de aderência

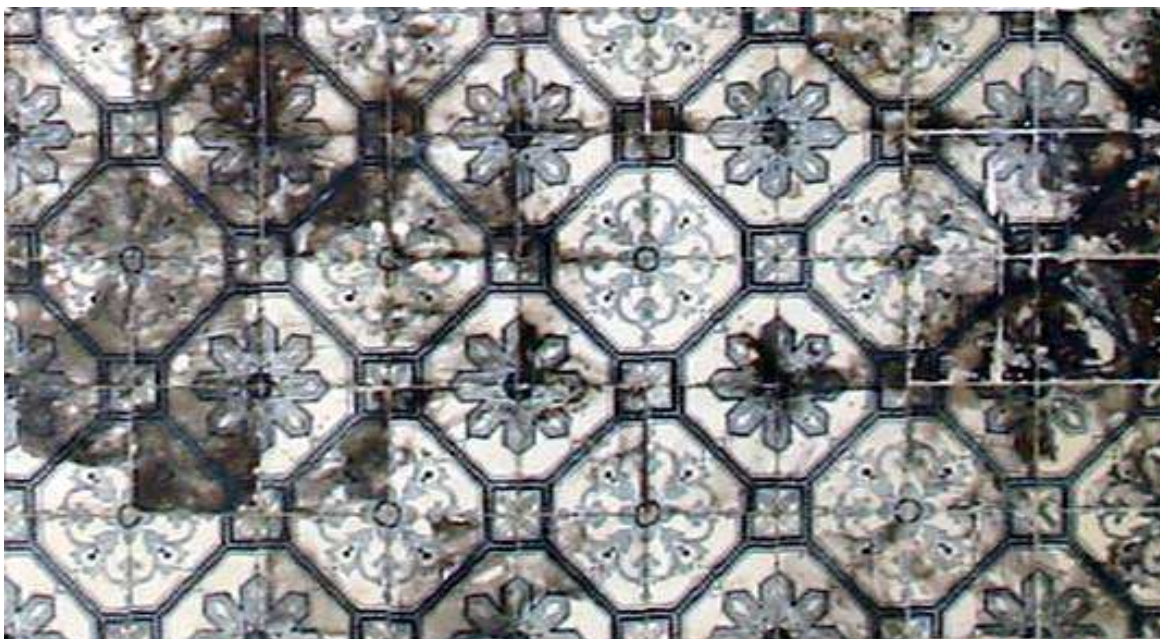


Figura 10- Provável colonização biológica sob o vidro em azulejos de pó de pedra (Rua dos Douradores)

2.2- Consequências da humidificação dos suportes na adesão dos azulejos

Os paramentos azulejares protegem e mantêm secas as fachadas que revestem. No entanto os azulejos, cujas faces vidradas impermeabilizam em larga medida as paredes, não se destinam a utilização sobre suportes húmidos precisamente porque impedem a secagem das paredes sobre as quais estão colados. A água que se apresenta pelo lado do tardoiz passa das paredes às chacotas dos azulejos que podem depois manter-se húmidas durante longos períodos ou sofrer ciclos consecutivos de molhagem (em alguns casos até à saturação) seguida de secagem. Além da degradação potencial das argamassas de colagem, as molhagens provocam sempre a expansão dos corpos cerâmicos dos azulejos, conduzindo frequentemente ao seu destacamento (figuras 11, 12) em particular quando a deformação é limitada pelo contacto com os azulejos adjacentes.

A expansão máxima adquirida em cada ciclo de molhagem não é totalmente revertida na secagem e, assim, com o decorrer do tempo os azulejos vão sofrendo expansões sucessivamente maiores [7]. Os azulejos já destacados do

suporte exercem compressões sobre os azulejos adjacentes, até que estes também se destacam. Formam-se, assim, conjuntos em compressão que acabam por instabilizar formando por vezes “barrigas” de dois ou mais azulejos (figura 13) que antecedem a queda.

O destacamento dos azulejos inteiros não representa uma degradação física dos próprios azulejos, mas antes uma patologia dos revestimentos, no entanto a sua importância como forma primordial de degradação dos paramentos azulejados impõe que seja referida. Além disso, o entendimento da molhagem dos suportes com particular incidência em determinadas zonas da fachada é também essencial para o estudo da degradação dos próprios azulejos, como se verá no próximo capítulo.



Figura 11a- Num prédio mal mantido as infiltrações pelos enquadramentos dos vãos, roturas de canalizações (incluindo tubos de queda oclusos na fachada ou sobrepostos), etc, evidenciam-se por manchas e perdas de reboco. Da mesma maneira, nas fachadas azulejadas as mesmas infiltrações evidenciam-se frequentemente através do destacamento dos azulejos (Figura 11b) – ambas as imagens foram tomadas no Bairro Alto



Figura 12- Fachada na Rua da Alegria com muitas áreas em perda - através das lacunas azulejares é possível traçar um mapa das zonas mais húmidas, relacionando-as com infiltrações por exemplo pelos enquadramentos dos vãos de janelas e portas.



Figura 13- Instabilização de azulejos com formação de “barrigas” (13a- azulejos cerâmicos na Rua das Salgadeiras ao Bairro Alto; 13b- azulejos de pó de pedra na Rua da Alegria)

2.3- Apreciação geral do comportamento dos azulejos em fachadas

Nos pontos anteriores referimo-nos à degradação dos azulejos e dos revestimentos azulejares, e relacionámo-la com a humidificação dos suportes. Vamos agora mostrar que a humidificação dos suportes não implica necessariamente uma degradação severa.

A figura 14 ilustra um edifício erguido no Bairro Alto e revestido de azulejos há provavelmente cerca de 100 anos. O edifício encontra-se num estado de geral abandono e o abundante crescimento vegetal na fachada é particularmente revelador das condições de humidade prevalecentes. No entanto o revestimento azulejar encontra-se quase completo, sem perdas notáveis, e uma observação próxima mostra também que os azulejos que não sofreram danos por impacto se encontram em bom estado, com poucos casos de uma limitada queda do vidrado, apesar da sua pintura evidenciar uma fabricação barata.

No caso em apreço, apesar da humidificação da fachada os azulejos não se destacaram. Outros exemplos poderiam ser dados da durabilidade demonstrada pelos revestimentos azulejares apesar da humidificação das fachadas. Esses casos não foram estudados individualmente mas a durabilidade é provavelmente atribuível à qualidade das argamassas de colagem na presença da água, à limitada expansibilidade de algumas chacotas e à técnica de assentamento. Tradicionalmente esta incluía a saturação preliminar dos azulejos por imersão durante pelo menos 24 horas que assegurava, além de uma boa adesão, a colagem do azulejo já num estado de expansão, permitindo dilatações posteriores sem a geração de tensões perigosas para a integridade do revestimento. Neste enquadramento, a previsão adicional de juntas entre os azulejos e a correcta escolha das massas de refechamento podem também ser factores decisivos no comportamento dos paramentos de azulejos.

Mais importante para os fins deste trabalho é a nota de que mesmo quando os azulejos, frequentemente centenários, se destacam das fachadas húmidas o seu exame geralmente revela-os íntegros e sem dano físico aparente do próprio corpo cerâmico ou do vidrado para além de um eventual craquelé. Isto é, apesar dos revestimentos poderem falhar, os azulejos propriamente ditos que se destacam, raramente evidenciam uma degradação física notável.



Figura 14a /14b- Edifício na Rua da Atalaia ao Bairro Alto revestido a azulejo cerâmico e pormenor mostrando o abundante crescimento vegetal no mesmo edifício. Examinando o revestimento à cota do piso térreo nota-se a existência de juntas abertas entre os azulejos. Se o mesmo ocorrer em toda a fachada, este facto pode explicar a humedificação e, ironicamente, pode ter contribuído para a preservação do revestimento

Das fachadas observadas, cerca de 10% eram revestidas a azulejos de pó de pedra, cuja idade média é inferior à dos cerâmicos já que foram introduzidos posteriormente. Destes, é relevante referir que só foi encontrado um caso de queda do vidro em azulejos planos.

A apreciação geral que pode ser feita aos revestimentos azulejares das fachadas de Lisboa, é de que se trata de uma solução durável cuja degradação física decorre sobretudo da humedificação dos suportes e não da exposição dos próprios azulejos aos agentes atmosféricos.

3- TIPOS DE DEGRADAÇÃO

3.1- A fissuração do vidrado

A fissuração do vidrado dos azulejos segundo um padrão poliédrico regular (em geral chamado *craquelé*) costuma ser associada a uma incompatibilidade das expansibilidades térmicas da chacota e do vidrado que se manifesta durante o arrefecimento após a cozedura. Quando o vidrado contrai mais rapidamente do que a chacota, é colocado num estado que se aproxima da tracção plana homogénea a que, dada a sua pouca ductilidade, não pode resistir, fissurando então com uma geometria característica (figura 15). O mesmo fenómeno ocorre em qualquer circunstância se, após a segunda cozedura, o azulejo for arrefecido com demasiada rapidez. O vidrado, fino, retrai rapidamente enquanto que a chacota, com uma inércia térmica muito maior, tem uma retracção retardada, originando o *craquelé*.



Figura 15- Padrão de *craquelé* em azulejos de fachada

No caso do azulejo industrial e semi-industrial, como o utilizado na generalidade das fachadas de Lisboa, é de admitir que o vidro estaria originalmente com um aspecto são, ou seja sem elevado grau de craquelé, já que se fosse evidente uma fissuração generalizada teria presumivelmente sido devolvido. No entanto é hoje evidente o craquelé de uma parte ou até da totalidade dos revestimentos de algumas fachadas, tornado mais notório pela aglomeração de sujidade nas fissuras o que comprova que a sua largura é considerável e que por isso o seu interior se tornou acessível. Grande parte desta fissuração do vidro foi adquirida após a montagem, como comprovam casos como o da figura 17 ou, pelo menos, resulta da propagação e aprofundamento de um craquelé que já existia mas não era inicialmente visível. A causa deste fenómeno reside na absorção diferenciada de água pela chacota e pelo vidro. Quando os azulejos são humedecidos pelo tardo devido à molhagem das paredes onde estão colados (quer se trate de humidade ascensional, de penetrações pelas coberturas ou tubos de queda, de infiltrações a partir das redes de água ou esgotos, ou de defeitos de estanquidade das juntas) os corpos cerâmicos sofrem uma expansão considerável, que pode ultrapassar os 0,3mm por metro linear [8] e que devido a histerese dos ciclos de molhagem / secagem se torna cumulativa originando um alargamento crescente e irreversível do corpo cerâmico [7]. Esta expansão não é acompanhada pelo vidro que é, assim, sujeito a um estado de tensão semelhante ao que ocorre num arrefecimento rápido e pode conduzir à sua fissuração já em obra, segundo um padrão de craquelé.

A ocorrência de craquelé em azulejos sujeitos a humedecimentos é a degradação mais comum nas fachadas de Lisboa. A sua natureza é exemplificada pelo caso de um edifício na Rua do Teixeira ao Bairro Alto ilustrado na Figura 16 que não revela os sinais mais evidentes de degradação resultante de infiltrações. Mas a humidade ascendente, exteriormente invisível, é evidenciada pelas suas consequências sobre os azulejos que revestem a fachada e se encontram com o vidro visivelmente fissurado até uma cota próxima dos lintéis das portas e janelas do piso térreo. A cotas superiores, não ocorre fissuração notável. Às cotas mais baixas a fissuração já progrediu para a queda do vidro (figura 17) com perda da decoração.



Figura 16- Edifício na Rua do Teixeira ao Bairro Alto, sem problemas de infiltrações pela fachada mas com humidade ascendente

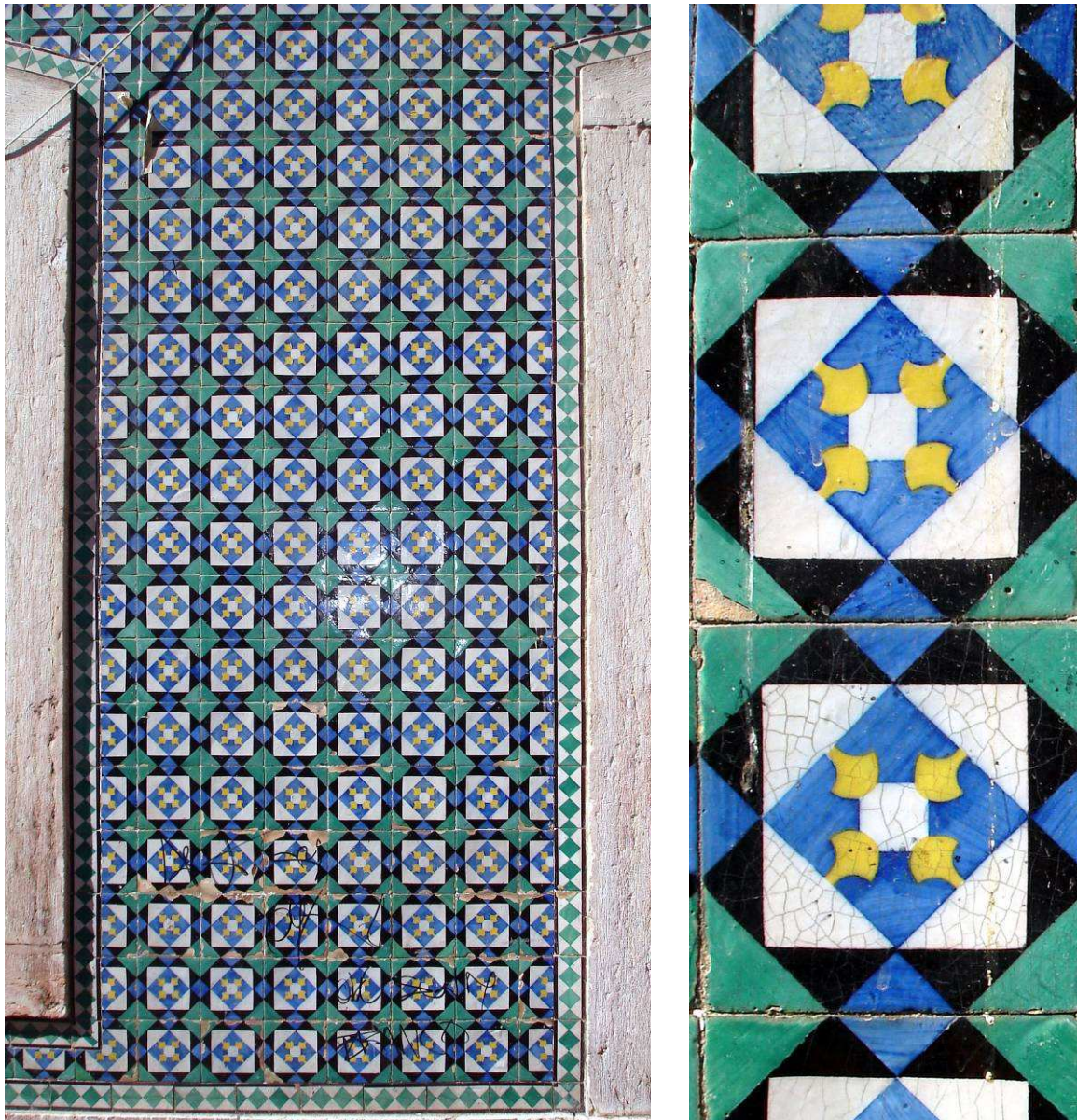


Figura 17- Vista do revestimento azulejar do edifício da figura 16, desde a cota mais baixa, onde a degradação já atingiu a fase de queda localizada do vidrado, até à cota onde o revestimento já se encontra são. Entre as duas ocorre uma faixa de azulejos em que o craquelé (figura 17b) marca a zona húmida. A frequência dos azulejos com craquelé e a severidade da sua fissuração vão diminuindo com a altura

Os azulejos em pó de pedra também são afectados por craquelé, embora a sua ocorrência seja mais rara, correlacionando-se muitas vezes com situações extremas de humedificação dos suportes, por exemplo em prédios devolutos (figura 18).



Figura 18- Craquelé em azulejos relevados em pó de pedra, atribuíveis à Fábrica de Sacavém (Rua do Poço da Cidade ao Bairro Alto)

A observação microscópica de secções de azulejos com craquelé permitiu reconhecer dois tipos essencialmente diferentes de propagação das fissuras:

- no Tipo I as fissuras do vidro propagam-se directamente e apenas para o interior da chacota (figura 19a);
- no Tipo II as fissuras do vidro propagam-se na interface entre o vidro e a chacota (figura 19b).

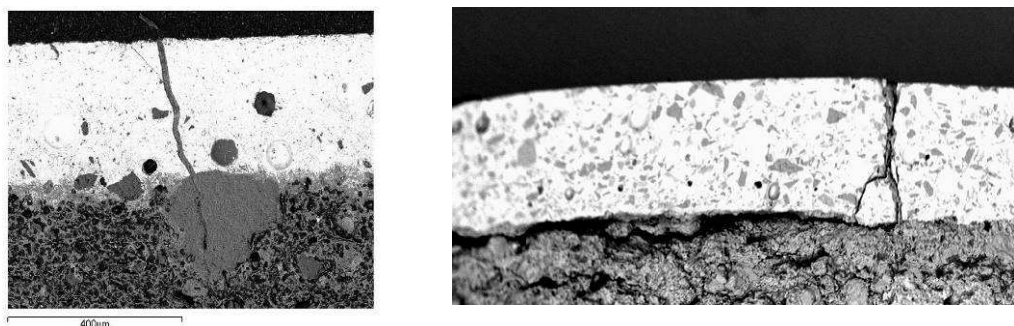


Figura 19- Secções de azulejos mostrando fissuras de craquelé Tipo I (19a) e Tipo II (19b). O vidro corresponde à camada de cor mais clara

A característica que rege o tipo de propagação das fissuras de craquelé é a aderência entre o vidro e a chacota [9]. Quando o vidro está firmemente aderente à chacota, a propagação para o interior representa um caminho de menor energia e ocorrem fissuras do Tipo I. Quando, no entanto, a aderência é relativamente baixa ou deficiente, as fissuras encontram um caminho de menor energia na separação da ligação entre o vidro e a chacota, propagando-se para a interface e conduzindo a um desligamento parcial do vidro. Existem casos intermédios, em que ocorrem simultaneamente os dois tipos de propagação (o exemplo ilustrado na figura 20 é provavelmente deste tipo). Estes casos devem também ser classificados como de tipo II, dado que a queda do vidro constitui uma degradação irreversível e portanto é a rotura da aderência com a chacota que determina a perigosidade do craquelé.

3.2- A queda do vidro

A queda do vidro nos azulejos provoca a criação de falhas e a perda irreversível da decoração. Nas intervenções de restauro estes azulejos são quase sempre retirados e substituídos por réplicas.

As quedas de vidro decorrem geralmente de uma aderência entre o vidro e a chacota que é insuficiente para resistir a determinada agressão, simples ou composta por diversas ações individualizáveis, uma das quais é a molhagem dos suportes. As causas da aderência insuficiente do vidro e a maneira como essa aderência se pode degradar no tempo são insuficientemente conhecidas mas as quedas que dela resultam caracterizam-se pela superfície inicialmente lisa da chacota que remanesce e que pode posteriormente desagregar-se.

Neste ponto faremos uma sistematização dos tipos de queda encontrados, com a nota de que será provavelmente incompleta. Por outro lado, observam-se algumas vezes faltas de vidro num mesmo azulejo que parecem derivar da simultaneidade de dois dos tipos que a seguir enumeraremos.

3.2.1- A queda em mosaico

Em alguns exemplos como o da figura 17, quando a aderência entre o vidro e a chacota é relativamente fraca, ocorre uma fissuração de tipo II sob o efeito da humedificação. Este facto é evidente no estágio seguinte porque o vidro, já parcialmente separado pelo craquelé, vai cair em pequenos fragmentos, resultando falhas com margens irregulares (figura 20).

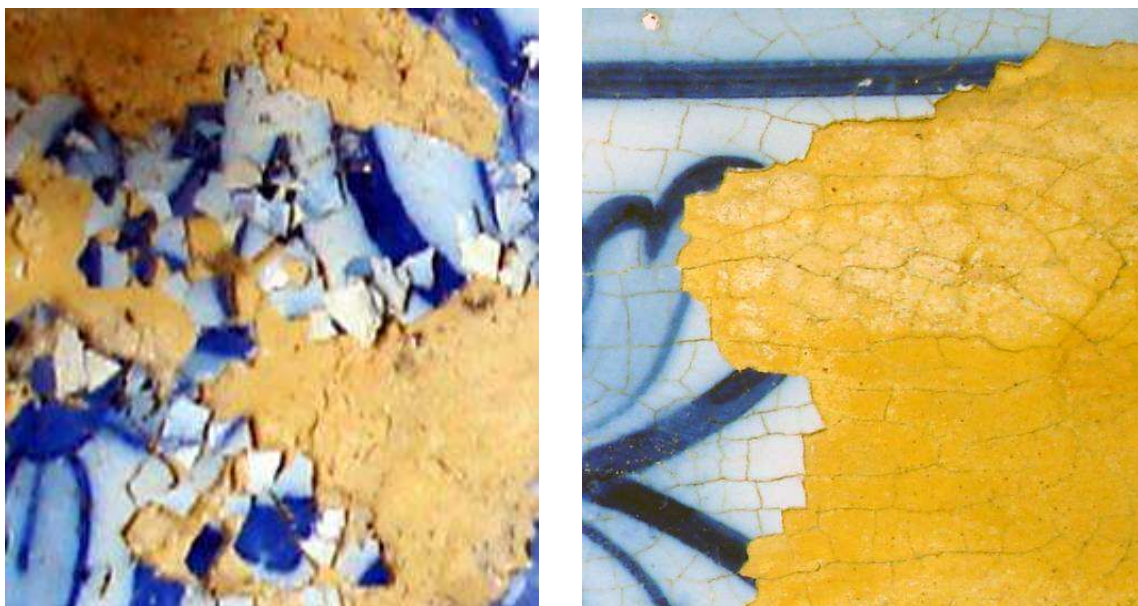


Figura 20a- Destacamento de “mosaicos” de vidro com craquelé do Tipo II.

Figura 20b- Azulejo do mesmo painel mostrando uma falha típica deste tipo de degradação após a queda de parte do vidro

A fissuração de tipo II conduz à queda do vidro sempre que ocorra uma agressão sintonizada com esse defeito – humedificação continuada que provoque a propagação das fissuras do vidro até à completa separação dos mosaicos de craquelé, eventualmente acelerada pela cristalização de sais solúveis. As falhas ocorrem tipicamente em qualquer local da face do vidro e os pequenos mosaicos poliédricos formados pela intersecção do craquelé encontram-se parcialmente destacados nas fronteiras das falhas já existentes.

As figuras 21 e 22 ilustram casos de perda do vidro atribuíveis a um craquelé constituído por fissuras de tipo II, reconhecendo-se a superfície lisa da chacota que remanesce após a queda.



Figura 21- Perda quase total do vidrado num azulejo com craquelé de tipo II – edifício da Figura 16 na Rua do Teixeira



Figura 22- Queda em mosaico em que o vidrado está completamente separado da chacota, como a sombra resultante da iluminação vinda da esquerda evidencia – Beco do Belo (azulejo da Fábrica Roseira)

A queda em mosaico raramente afecta azulejos em pó de pedra e os casos em que foi encontrada, como o da figura 23, são insuficientes para comprovar tratar-se de um fenómeno exactamente idêntico ao dos azulejos cerâmicos.

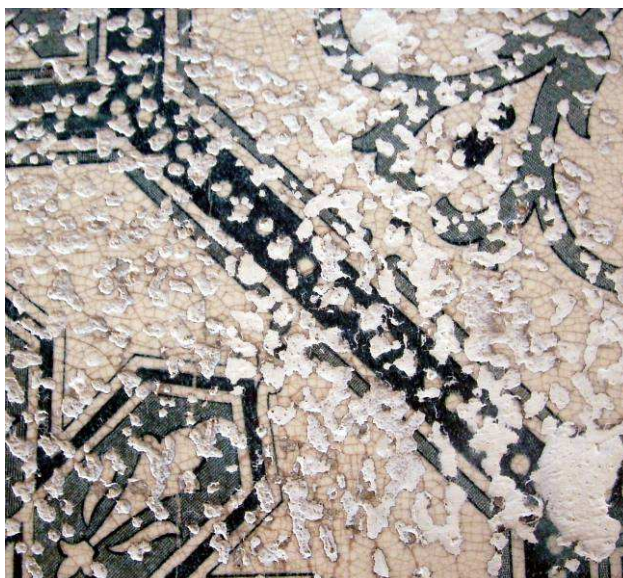


Figura 23- Queda em mosaico em azulejo de pó de pedra de fábrica desconhecida (Rua dos Douradores)

3.2.2- A queda a partir das arestas

Um tipo de queda do vidroado corrente em produções lisboetas caracteriza-se por uma primeira separação entre o vidroado e a chacota que ocorre geralmente numa zona de ligação assimétrica (em geral numa aresta, mas também pode ocorrer junto a um poro, incisão ou fractura do vidroado, como pode ser reconhecido examinando detalhadamente as figuras seguintes) e inicialmente manifesta-se por um destacamento com um aspecto característico de “alargamento das arestas” (figura 24) que progride para o interior acabando por conduzir à perda quase integral do vidroado.

Numa fachada húmida pode afectar todos os azulejos sujeitos à humedificação da chacota, ou apenas alguns, o que demonstra a sua relação com uma característica / fragilidade pré-existente em alguns azulejos. Porém, e apesar de ser uma patologia comum, não identificámos ainda sinais macroscópicos que

possam indiciar a propensão para este tipo de degradação antes dela se iniciar. O facto de ocorrer, algumas vezes, também em azulejos com craquelé não implica uma relação de causa-efeito, já que não foi ainda possível determinar a sequência das duas degradações nem relacioná-las fisicamente.



Figura 24- Queda generalizado do vidro a partir das arestas num edifício da Rua das Salgadeiras ao Bairro Alto. A fachada do edifício tinha zonas húmidas, como demonstra o destacamento de azulejos inteiros ilustrado na figura 13a

Ainda não foram reproduzidos laboratorialmente os estádios iniciais da queda a partir das arestas mas supõe-se que, tal como as suas congéneres, este tipo de degradação decorra de uma aderência insuficiente entre o vidro e a chacota que, quando se dá a expansão hídrica do corpo cerâmico, resulta numa ruptura da interface por tensões de corte antes de poder ocorrer um craquelé por tracção.

As figuras 25 e 26 ilustram um outro caso mais avançado do mesmo tipo de queda do vidroado num edifício na Rua Josefa de Óbidos à Graça.

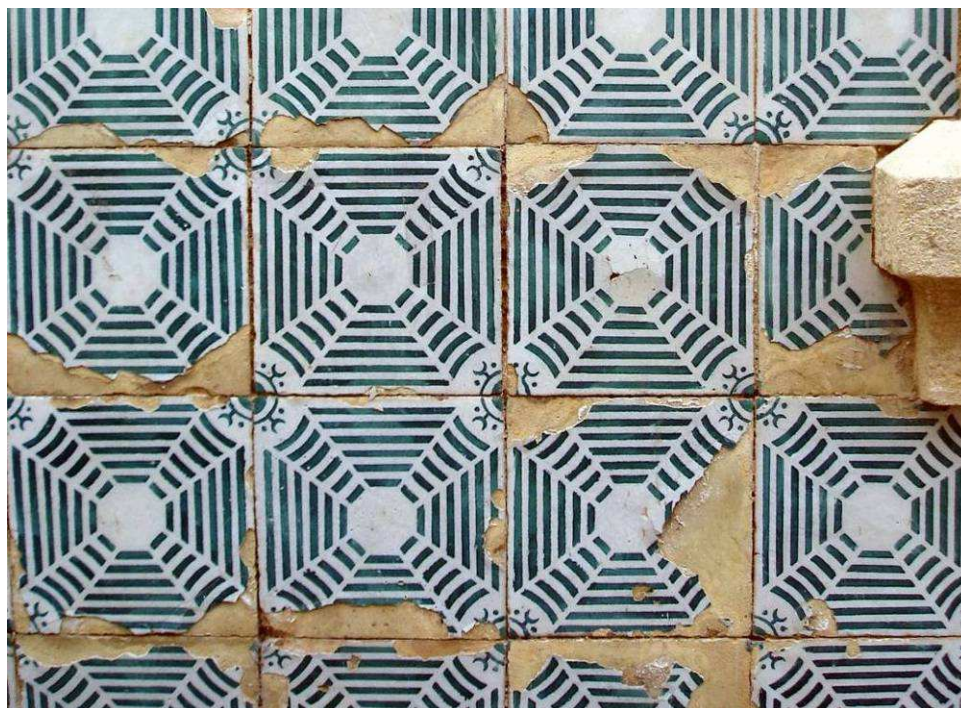


Figura 25 – Estádio avançado do destacamento a partir das arestas numa fachada revestida com um padrão raro de azulejo de exterior



Figura 26- Estádio terminal da degradação com sinais de cristalizações salinas

Na figura 25 reconhece-se a progressão das arestas para o interior e também a ocorrência incipiente junto a alguns poros; a figura 26 ilustra um estágio terminal no mesmo edifício, numa zona presumivelmente mais húmida talvez devido à rotura de uma canalização. A presença de sais solúveis que as auréolas de cristalização indiciam pode ter acelerado a degradação, mas esta ocorreria mesmo na sua ausência em todas as áreas da fachada afectadas pela presença excessiva de água nos suportes.

3.2.3- A queda por descasque

Caracteriza-se pela queda de vidro que está destacado desde a fabricação, afectando caracteristicamente áreas mais ou menos circulares do interior do vidro (figuras 28 e 29), a partir das quais se propaga. A degradação também pode afectar áreas periféricas, mas é a existência de falhas circulares no interior de um azulejo em geral sem craquelé que identifica este tipo de queda do vidro. Uma observação atenta das margens das falhas revela que nalguns locais o vidro não está aderente e, num estágio inicial, encontram-se empoças de vidro que quando quebram se mostram vazias e correspondem a áreas de vidro já delaminadas desde a fabricação que se elevam em consequência dos ciclos de expansão e retracção da chacota provocados pela molhagem e secagem, cujo efeito é acelerado na presença de sais solúveis. Tal como em todos os outros casos, este tipo de queda só ocorre se a chacota for humedecida.

Ao seccionar azulejos com esta degradação reconhece-se que existem zonas aparentemente sãs em que o vidro está já separado da chacota (figura 27) constituindo uma grave fragilidade. Atribui-se este facto a uma incompatibilidade nas expansibilidades térmicas: a chacota retrai mais do que o vidro que é, por isso, posto em compressão, “descascando” localmente (trata-se de um termo fabril que indica a delaminação do vidro causada pela incompatibilidade referida [10]).



Figura 27- Secção num azulejo descascado, mostrando a separação local entre o vidrado (branco) e a chacota

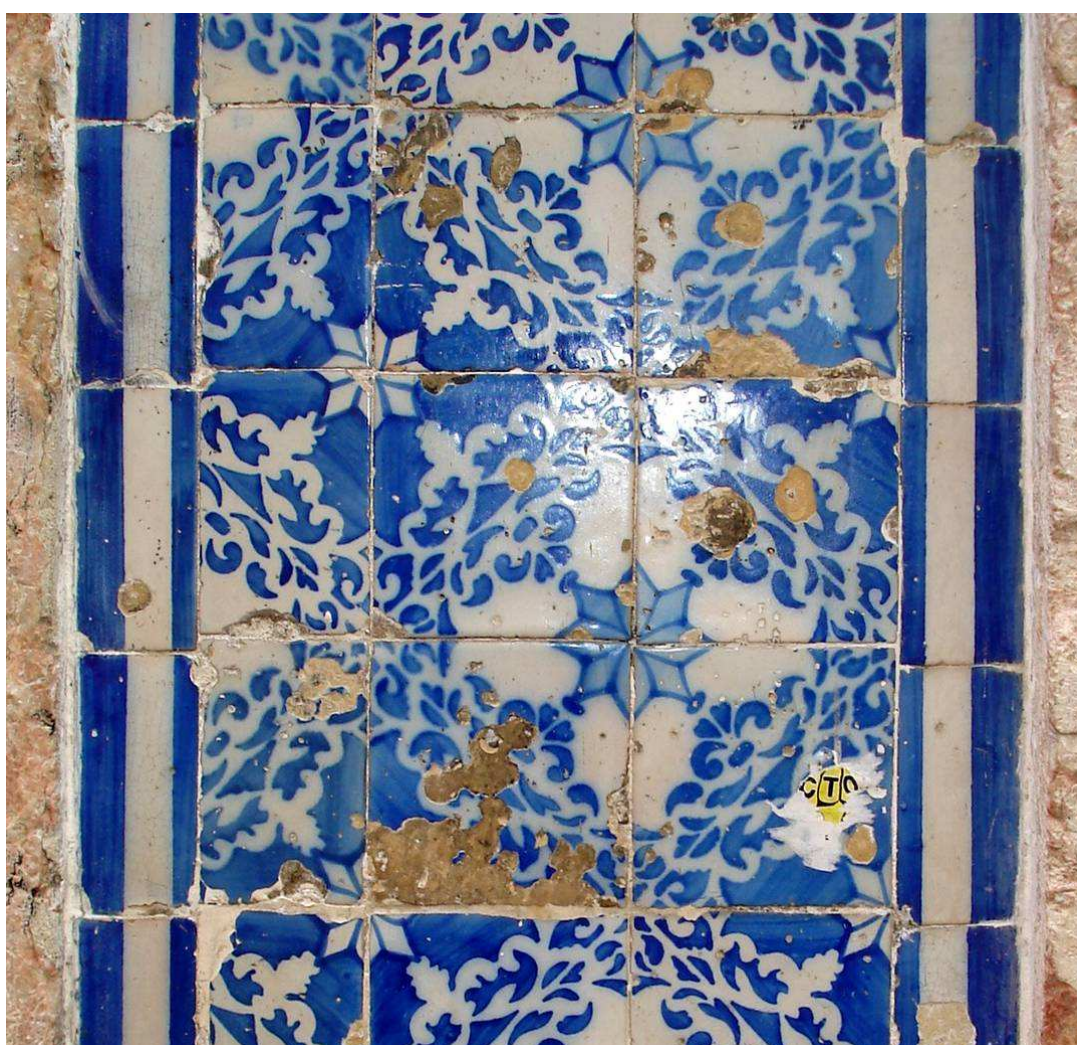


Figura 28- Queda presumivelmente por descasque na zona húmida de uma fachada ao Bairro Alto



Figura 29- Queda presumivelmente por descasque na parte inferior da decoração da antiga fábrica de balanças às Cruzes da Sé (azulejos marcados “Fáb. Roseira, 1918”)

3.2.4- A queda do vidrado nas convexidades

Os azulejos cerâmicos com decoração em relevo são relativamente raros em Lisboa, mas comuns no Norte do País e em particular na cidade do Porto. Nalguns destes azulejos ocorre uma degradação que lhes é específica e se traduz pela queda do vidrado nas partes salientes. Num azulejo plano a expansibilidade da chacota humedecida provoca estados de tensão essencialmente planos. Mas se houver protuberâncias vidradas, as expansões são volumétricas e as tensões que tendem a separar o vidrado da chacota no caso de uma molhagem podem ser localmente mais altas e é provavelmente este facto que provoca o início da separação nestas zonas quando a aderência não é suficientemente elevada.

As figuras 30a e 30b ilustram a patologia em azulejos relevados existentes no Palácio da Pena.



Figura 30- Exemplos de queda do vidro em partes salientes de azulejos cerâmicos do Palácio da Pena em Sintra

Em Lisboa os azulejos relevados mais comuns são os de pó de pedra das fábricas de Sacavém e do Desterro. Estes sofrem de uma patologia afim, mas geralmente apenas em situações extremas de humidificação que caracterizam edifícios devolutos (figura 31).



Figura 31- Queda do vidro nas partes mais salientes de azulejos de pó de pedra (Rua do Poço da Cidade)

Quando os azulejos cerâmicos relevados apresentam esta patologia ela ocorre sempre nas áreas de parede mais húmidas, que correspondem muitas vezes às cotas próximas do pavimento da rua o que dá a falsa ilusão de se tratar de um dano de impacto nas superfícies salientes dos azulejos (figura 32).



Figura 32- Típica queda do vidrado nas partes convexas de azulejos de fabricação provavelmente nortenha aplicados em Lisboa (Rua de São João da Mata à Lapa)

3.2.5- A queda do vidrado segundo a cor

Um tipo de queda do vidrado está correlacionado com a pigmentação, afectando preferencialmente apenas uma determinada cor. As figuras 33, 34 e 35 ilustram exemplos encontrados em Lisboa. Nestes, apenas as áreas húmidas estão degradadas o que sugere que, também nestes casos, a presença de humidade (e não a insolação) é o factor agressivo primordial.

A patologia foi encontrada em azulejos em que a técnica de vidragem era diferente da tradicional. Pudemos examinar um azulejo com o padrão do revestimento da figura 33, evidenciando a mesma patologia. A observação microscópica mostrou que o vidrado era aplicado já pigmentado com a cor

correspondente a cada área, excepto o creme que era obtido através de vidro transparente.



Figura 33- Queda do vidro afectando principalmente as áreas azuis



Figura 34- Queda do vidro afectando as áreas de cor castanha que aqui se apresentam cinzentas



Figura 35- Queda do vidro afectando principalmente as áreas castanho-escuro (azulejos marcados da Fábrica das Devesas)

A observação da secção de uma área azul em perda num azulejo como os da figura 33, mostrou que a separação do vidro ocorre, não na fronteira entre este e a chacota, como seria de esperar, mas no interior da própria chacota, a uma distância da ordem de grandeza da espessura do vidro (figura 36). Esta constatação explica a textura involuntariamente rugosa da superfície da chacota neste caso particular (noutros a chacota está lisa) e sugere que alguns componentes do vidro azul penetraram no corpo cerâmico diminuindo a sua capacidade de absorção de água e de expansão hídrica, estabelecendo uma fronteira abrupta na zona onde se verifica a ruptura. O entendimento cabal deste fenómeno requer a reprodução de azulejos replicando a técnica de fabricação original.

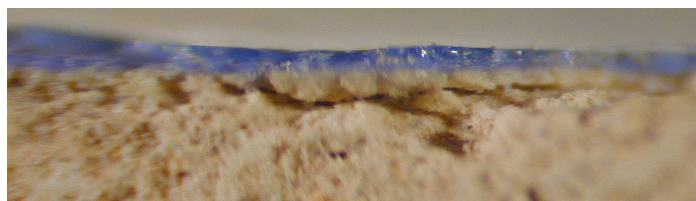


Figura 36- Secção da área azul em perda num azulejo com padrão idêntico aos da figura 33

3.3- A desagregação da chacota

Os processos de queda do vidrado que identificámos ocorrem, sinteticamente, em consequência da activação de uma fragilidade existente no azulejo (a fraca ou nula aderência entre vidrado e chacota) por uma acção agressiva (a humedificação do corpo cerâmico). Nenhum desses processos parece exigir a acção degradativa da cristalização de sais solúveis, embora possam ser acelerados por esta.

Não encontrámos provas, incluindo através de ensaios de envelhecimento em meio salino, de que um azulejo com o vidrado bem aderente seja fisicamente afectado pela presença de sais solúveis. Uma vez que a impermeabilidade do vidrado praticamente nega a possibilidade de evaporação à água existente na chacota, os sais nela dissolvidos acompanharão a frente húmida à medida que recua para o suporte. Não se demonstrou que qualquer pequeno remanescente provoque danos significativos. A ideia de que os sais solúveis são o principal factor da degradação dos azulejos não foi confirmada pelos muitos casos reconhecidos, na generalidade dos quais não se encontraram sinais visíveis de cristalizações correlacionáveis com a totalidade das áreas afectadas e a presença da humidade foi suficiente para explicar a degradação. Foram, por outro lado, encontrados casos em diversos pontos do País em que os sais cristalizavam nos interstícios entre os azulejos e até nas aberturas de fissuras de craquelé de tipo I sem no entanto provocarem quedas do vidrado que lhes fossem directamente atribuíveis. Por outro lado, nalguns destes casos era evidente a degradação dos rebocos e da alvenaria circundantes.

Os edifícios implantados em terrenos contaminados com sais solúveis (por exemplo em zonas da cidade que já constituíram leitos de cheia do Tejo) ou os que pela sua utilização passada ou pelos materiais utilizados se encontrem igualmente contaminados, constituem um meio agressivo para os materiais porosos quando em presença de água, como se reconhece, por exemplo, pela desagregação induzida nos calcários utilizados na construção. Esta acção requer sempre a solubilização e a evaporação. Como esta é, em larga medida, negada por um azulejo são, não é observável uma degradação evidente no horizonte temporal presente. Exceptuam-se os casos em que os azulejos já perderam o

vidrado por uma das razões anteriormente apontadas. Nestes casos a chacota exposta oferece uma área de fácil evaporação e se ocorrerem as condições necessárias à sucessão cíclica da dissolução e recristalização de sais solúveis, a chacota poderá sofrer uma desagregação em profundidade.

A figura 37 compara o aspecto liso duma chacota após a queda do vidrado por um dos processos anteriormente referidos, e o aspecto de chacotas em desagregação provavelmente atribuível à cristalização de sais solúveis. A figura 38 ilustra um caso extremo de desagregação em lâminas em que o sal é visível.



Figura 37a- Chacota lisa após a queda do vidrado comparada com chacotas em processo de desagregação em lâminas (figura 37b) ou por arenização mais ou menos fina (figura 37c) em casos em que pode também estar em curso uma alteração por cristalização de sais solúveis



Figura 38- Desagregação da chacota, possivelmente provocada por cristalização de sais solúveis em zona ribeirinha (L. do Corpo Santo)

4- CONCLUSÕES

4.1- Durabilidade

Os revestimentos azulejares de fachadas utilizados na cidade de Lisboa a partir do segundo quartel do séc. XIX até cerca de 1930 demonstram uma assinalável durabilidade. Nos casos em que as fachadas que revestem se encontram essencialmente secas, a condição dos azulejos não revela degradação física macroscopicamente evidente. Não se encontraram indícios que, nestes casos, obstem a uma durabilidade multissecular.

4.2- Acção da água

As formas de degradação física encontradas decorriam, directa ou indirectamente, de mecanismos desencadeados pela humidificação das chacotas a partir das fachadas. As áreas degradadas correspondem, previsivelmente, às áreas da fachada particularmente húmidas, cujos ciclos anuais de humidificação são suficientes para desencadear a degradação dos azulejos. Existem, no entanto, azulejos que resistem sem degradação notável à aplicação em fachadas húmidas. Nestes casos a humidificação dos suportes é por vezes revelada pelo destacamento de azulejos inteiros das paredes.

4.3- Constância das formas de degradação

Em geral não identificámos nos azulejos de fachada formas de degradação física diferentes das já reconhecidas nos azulejos pré-industriais, à excepção da queda do vidro nas zonas convexas dos azulejos relevados, que não eram fabricados em quantidade significativa antes do século XIX, e da queda associada às cores, que está relacionada com técnicas de fabrico de introdução tardia. Esta constatação é importante porque permite extrapolar algumas conclusões de trabalhos realizados nos azulejos clássicos para os azulejos de fachada (por exemplo [6; 9]).

Por outro lado, a tendência dos azulejos dos séculos XVII e XVIII para a fragmentação espontânea por humedecimento prolongado da chacota (figura 39), presumivelmente provocada pelas tensões resultantes de uma maior

expansibilidade hídrica e pela presença de inclusões e chochos no corpo cerâmico, ainda não foi encontrada de maneira significativa e inquestionável nos azulejos semi-industriais fabricados a partir de cerca de 1850.



Figura 39- Fragmentação espontânea de azulejos oitocentistas por acção da humidade. Esta degradação, comum nos azulejos históricos, não foi reconhecida na azulejaria de fachada

4.4- Princípio geral da degradação dos azulejos

No horizonte temporal que nos é hoje permitido prever com base no comportamento de revestimentos azulejares com cerca de um século de existência não existe qualquer factor agressivo corrente que, por si só, implique inevitavelmente a degradação física dos azulejos de fachada. Essa degradação resulta da concorrência de uma agressão ambiental (isto é, provocada pelo enquadramento físico em que o azulejo está aplicado) com uma fragilidade do

azulejo a essa agressão (isto é, uma predisposição específica para a degradação, de que o azulejo sofre devido ao processo de fabricação ou às matérias primas utilizadas).

Uma vez que não é fácil intervir sobre as fragilidades próprias de determinados azulejos, há que intervir sobre as agressões.

4.5- Conservação e restauro

A partir dos resultados deste estudo pode afirmar-se que *a conservação dos azulejos que paramentam as fachadas de Lisboa requer suportes secos e as intervenções, quer de conservação, quer preventivas, devem ter como primeiro objectivo a determinação das fontes de humedificação, existentes ou potenciais, e a sua eliminação ou controle* antes que a degradação prossiga até ao inevitável desfecho (figura 40).

Em relação ao restauro dos vidrados já parcialmente perdidos, a prática actual consiste na substituição pura e simples dos azulejos degradados. Encontra-se em curso no LNEC um estudo sobre técnicas de restauro utilizando tecnologias inovadoras através do qual se espera, num horizonte de três anos, poder propor métodos viáveis de recuperação e reaproveitamento dos azulejos de fachada parcialmente degradados restituindo-lhes características de durabilidade compatíveis com a utilização e possibilitando intervenções tão minimalistas quanto possível.



Figura 40- Em alguns casos esta é inexoravelmente a situação expectável se não forem atempadamente tomadas medidas de conservação (edifício no Ribatejo)

AGRADECIMENTOS E CRÉDITOS

Os autores agradecem a colaboração do NMM e do Dr. António dos Santos Silva na obtenção de imagens por microscopia electrónica (MEV).

Operador do MEV: Técnica Superior Paula Meneses

Preparação das amostras para observação: Técnico Superior Luis Nunes

BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1- Raczynski, A. "Les Arts en Portugal", página 427, Vingt-Quatrième Lettre (Lisbonne, 18 Janvier 1845) : « Il y a des maisons qui en sont recouvertes exterieurement (de azulejos) depuis leur base jusqu'au toit » ;
- 2- Domingues, Ana Margarida Portela "A ornamentação cerâmica na arquitectura do romantismo em Portugal", Tese de Doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2009;
- 3- Lepierre, C. "Estudo chimico e technologico sobre a Cerâmica Portuguesa", Imprensa Nacional- 1ª edição, 1899;
- 4- Assunção, Ana Paula "Fábrica de Louça de Sacavém- contribuição para o estudo da indústria cerâmica em Portugal 1856-1974", Edições Inapa, 1997;
- 5- Mimoso, J.M. "Levantamento em obra de patologias em azulejos históricos", Relatório 22/2011-NPC, LNEC 2011;
- 6- Mimoso, J.M; Pereira, S; Santos Silva, A. "A research on manufacturing defects and decay by glaze loss in historical Portuguese azulejos", Relatório 24/2011-NPC/NMM, LNEC 2011;
- 7- Bouška, P; Hanykýř, V, Vokáč, M. & Pume, D. "Failures of floor structures made from concrete and fired clay units", Proc. Of the 42nd annual meeting of the Commission CIB-W023-Wall Structures, Prague, Czech Republic, September 26-27, 2005;
- 8- Pereira, S; Mimoso, J.M, Santos Silva, A. "Physical- Chemical characterization of historic Portuguese tiles, Relatório 23/2011-NPC/NMM, LNEC 2011 /2011-NPC/NMM, LNEC 2011;
- 9- Mimoso, J.M; Santos Silva, A; Abreu, M; Costa, D; Diaz Gonçalves, T; Coentro, S.X. "Decay of historic azulejos in Portugal: an assessment of research needs" in Proc. Int. Sem. Conservation of Glazed Tiles, LNEC April 15-16, 2009,
- 10- Mimoso, J.M; Esteves, L. "Vocabulário ilustrado da degradação dos azulejos históricos", Série *Patologia e Reabilitação das Construções* Nº 06, LNEC, 2011;
- 11- Coentro, S.X; Mimoso, J.M; Lima, A.M; Silva, A.S; Pais, A.N; Muralha, V. "Multi-analytical identification of pigments and pigment mixtures used in 17th century Portuguese azulejos" in Journal of the European Ceramic Society, nº32 (2012) pp37-48 (available online August 23, 2011).

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Lisboa, Setembro de 2011

VISTOS

AUTORIA



João Manuel Mimoso

Investigador Coordenador do LNEC

O Director do
Departamento de Materiais



Arlindo Freitas Gonçalves

Investigador Coordenador do LNEC



Sílvia Moraes Pereira

Doutorada em Eng^a Química

