

# Uma sistematização do destacamento do vidrado em azulejos

João Manuel Mimoso<sup>1,\*</sup>

Maria de Lurdes Esteves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC, Avenida do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> Museu Nacional do Azulejo, Rua da Madre de Deus, 4, 1900-312 Lisboa, Portugal

\*jmimoso@lnec.pt

## Resumo

O destacamento do vidrado em azulejos constitui a degradação última, uma vez que conduz à perda da camada vítrea que constitui o suporte do conteúdo pictórico. Esta degradação é geralmente considerada de uma maneira difusa, dizendo-se que o vidrado está em perda ou em destacamento. Essa foi a abordagem seguida ao preparar um vocabulário da degradação dos azulejos, na definição de “vidrado em destacamento”. No entanto mesmo uma observação superficial dos destacamentos do vidrado permite reconhecer tipos diversos, frequentemente relacionados com o craquelé, cujas morfologias mais comuns este artigo propõe sistematizar.

## Palavras-chave

Degradação de azulejos  
Destacamento do vidrado  
Craquelé

## A systematization of glaze spalling in *azulejos*

## Abstract

The detachment of the glaze in *azulejos* is the ultimate form of decay, since it leads to the loss of the pictorial content. The detachment is usually considered in a diffuse way, however a close observation allows recognizing several types, often related to crazing, which this paper proposes to systematize.

## Keywords

Azulejos  
Glazed tiles decay  
Detachment of glazes  
Crazing in glazed tiles

## Introdução

O destacamento do vidrado em azulejos constitui a degradação última, uma vez que conduz à perda da camada vítrea que constitui o suporte do conteúdo pictórico. Esta degradação é geralmente considerada de uma maneira difusa, dizendo-se que o vidrado está em perda ou em destacamento. Essa foi a abordagem seguida ao preparar um vocabulário da degradação dos azulejos, na definição de “vidrado em destacamento” [1]. No entanto mesmo uma observação superficial dos destacamentos do vidrado permite reconhecer tipos diversos, frequentemente relacionados com o craquelé, cujas morfologias mais comuns este artigo propõe sistematizar.

## Sistematização do craquelé

Se um material compósito for constituído por duas lâminas solidamente ligadas, uma das quais impermeável e a outra porosa e sofrendo expansão húmida, uma exposição à água vai causar a dilatação da camada porosa e o empeno do conjunto, já que a camada impermeável não se dilata – este caso é ilustrado na Figura 1a em que a camada superior (azul) é impermeável e a inferior (cinza) expandiu com a absorção de humidade.

Se a camada impermeável não for suficientemente resistente para impor a flexão do conjunto, nem suficientemente elástica para suportar a tracção sem rotura, irá abrir fissuras, dissipando assim a energia acumulada. Este é precisamente o caso dos azulejos: a camada cerâmica é muito porosa, sofrendo uma expansão hídrica da ordem dos 0,03 % quando saturada [2]. Esta expansão causa uma tracção homogénea no vidrado que vai fissurar num padrão poligonal característico a que se chama “craquelé” (Figura 1b).

A contribuição das tensões térmicas não está estabelecida; no entanto, nota-se que tanto o vidrado como a chacota se expandem termicamente de maneira aproximadamente conjugada enquanto na expansão hídrica apenas a chacota se expande resultando tensões de corte na interface com o vidrado.

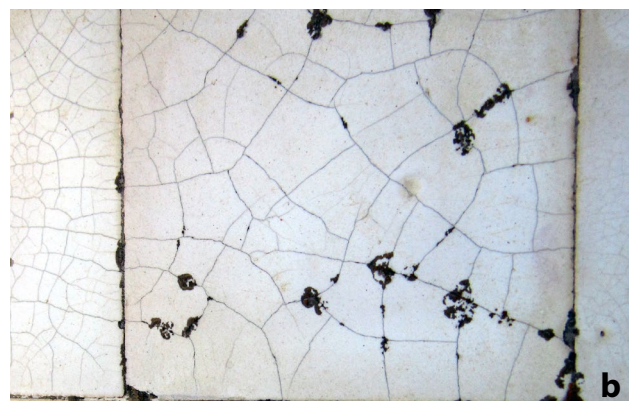
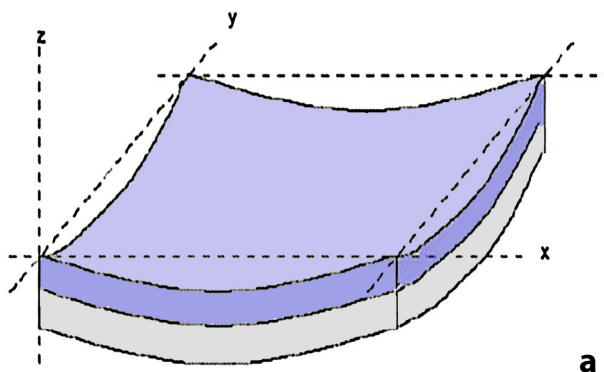
Um craquelé nascente pode ter uma abertura diminuta, sendo praticamente invisível a olho nu em azulejos de faiança. Com a humedificação continuada, no entanto, a deformação dos corpos cerâmicos vai aumentando e o craquelé vai abrindo, provocando a propagação das fissuras [3]. Em meios muito húmidos, a deformação acrescida dos azulejos pode conduzir a que cada polígono do craquelé original (craquelé primário) fissure ele também num novo padrão de craquelé contido nos seus limites (craquelé secundário).

Uma simulação numérica efectuada por Miguel Abreu [4] comprovou o facto, aliás intuitivo, de que as fissuras se propagam na direcção a que corresponde a energia mínima, isto é: seguindo o caminho mais fácil. Os ensaios de arrancamento comprovam a solidez da adesão entre o vidrado e a chacota [5] e por isso o caminho preferencial de propagação das fissuras é atravessar ortogonalmente a interface entre o vidrado e a chacota e dissipar nesta a energia restante. Designamos a estas fissuras de craquelé que se propagam para o interior da chacota (como as ilustradas na Figura 2) por *Tipo 1*.

As fissuras de craquelé de Tipo 1 podem parecer todas semelhantes quando observadas no vidrado. No entanto considere-se as fissuras em secção. Se a sua abertura for diminuta, poderão extinguir-se ainda no vidrado mas à medida que alargam vão-se propagando para o corpo cerâmico, estabelecendo um sistema fissural na chacota que algumas vezes só se dissipa nas faces laterais ou no tardo do azulejo.

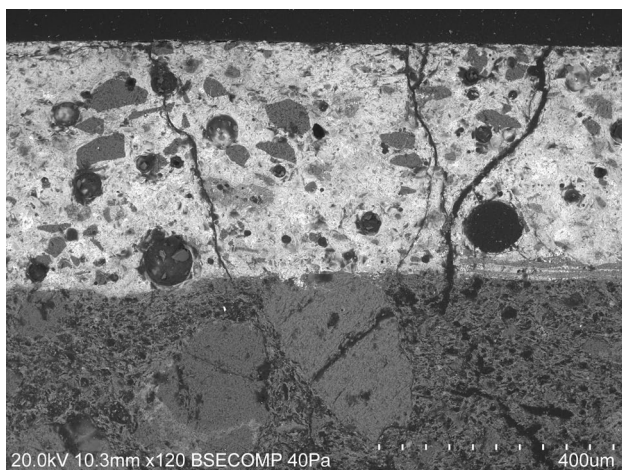
Existem dois casos notáveis que interessam referir. O primeiro caso é quando ocorre uma situação como a ilustrada nas Figuras 3a e 3b, onde o sistema fissural se propaga paralelamente à face, numa zona de menor resistência logo abaixo da interface entre o vidrado e a chacota, causando uma separação nascente entre ambos. O segundo caso é o ilustrado nas Figuras 3c e 3d em que, propagando-se através de materiais pouco elásticos, o sistema fissural vai abrir caminhos por vezes até ao tardo, estabelecendo uma rede conectada que prenuncia fenómenos desagregativos da chacota.

Um caso superficialmente semelhante ao da Figura 3a mas, na verdade, consideravelmente diferente é o ilustrado



**Figura 1.** a) Empeno de um material laminado por expansão apenas da camada inferior. b) Craquelé num azulejo (Vila Isaura, Azenhas do Mar, 2012, J. M. Mimoso).





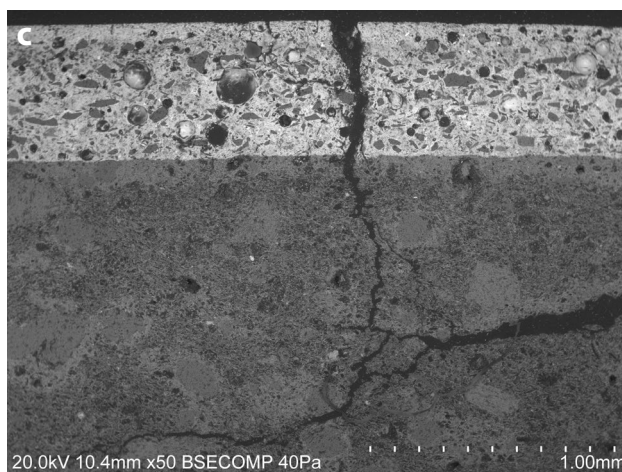
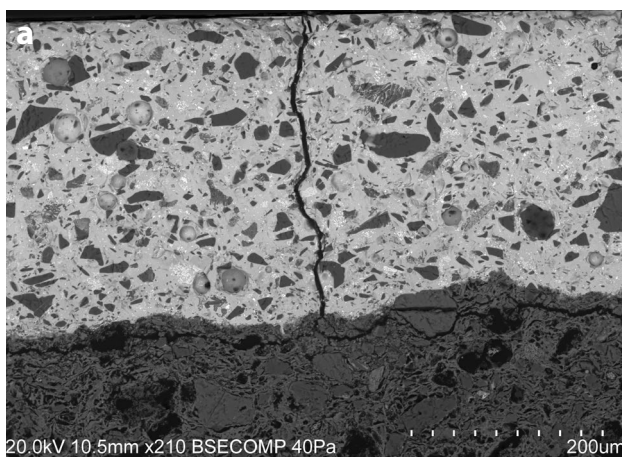
**Figura 2.** Fissuração de craquelé de Tipo 1 em que todas as fissuras se propagam para o interior da chacota. SEM-BSE, Hitachi 3700N, Laboratório HERCULES da Universidade de Évora; M. L. Esteves.

na Figura 4 em que a fissuração decorrente do craquelé se propaga através da fronteira entre o vidrado e a chacota. Chamamos-lhe uma fissuração de *Tipo 2* e quando

associada a um craquelé específico este toma também a mesma designação.

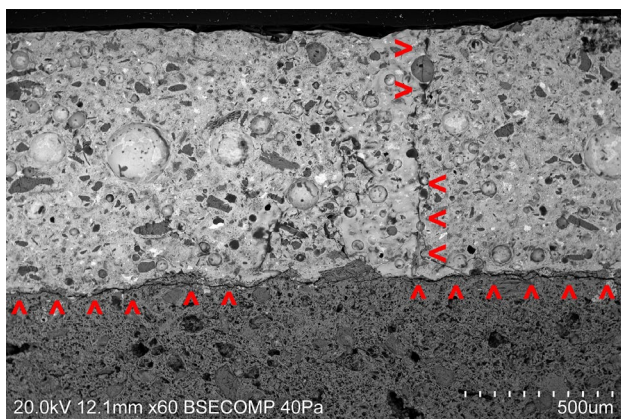
Em todos os casos é de notar que as fissuras de craquelé constituem uma ligação directa entre o interior do corpo cerâmico do azulejo e o ambiente permitindo, em particular, a evaporação dos solutos que circulem no substrato. Esta evaporação vai causar a concentração junto às fissuras de maior abertura das espécies químicas dissolvidas e a ocorrência de ataques químicos ou cristalizações potencialmente danosas.

O craquelé constituído por fissuras de Tipo 1 nem sempre parece constituir risco imediato para a conservação do azulejo já que geralmente o vidrado continua solidamente aderente à chacota (a única possível excepção é o caso pouco frequente ilustrado nas Figuras 3a e 3b). No craquelé de Tipo 2, no entanto, é evidente o risco iminente, uma vez que os polígonos de vidrado se podem destacar e cair. Um exame destes casos revela frequentemente uma imagem do craquelé do vidrado que já se destacou transposta para a chacota (Figura 5). Esta imagem consiste na fissuração que anteriormente se propagava para o interior do corpo cerâmico, isto é: as fissuras eram inicialmente de Tipo 1 mas quando,



**Figura 3.** a) e b) Craquelé de Tipo 1 em que a fissura, após entrar na chacota, se propaga no material cerâmico paralelamente à interface. c) e d) Craquelé de Tipo 1 provocando extensa fissuração conectada no interior da chacota. SEM-BSE, Hitachi 3700N, Laboratório HERCULES da Universidade de Évora (a, c); M. L. Esteves.





**Figura 4.** Craquelé de Tipo 2 em que a fissura se propaga exactamente na fronteira entre o vidrado e a chacota. Note-se que a abertura da fissura é menor do que nas de Tipo 1 ilustradas nas Figuras 2 e 3. SEM-BSE, Hitachi 3700N, Laboratório HERCULES da Universidade de Évora; M. L. Esteves.



**Figura 5.** Azulejo de fachada ilustrando o decaimento da aderência do vidrado: a propagação fissural do craquelé, originalmente de Tipo 1, deu lugar a uma propagação de Tipo 2. Abrantes, Praça R. J. Soares Mendes; J. M. Mimoso, 2013).

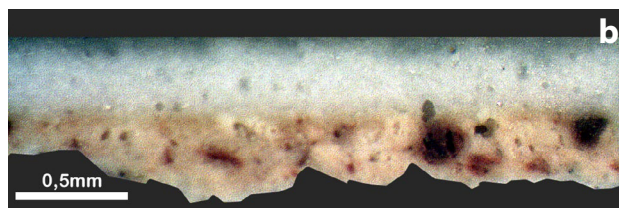
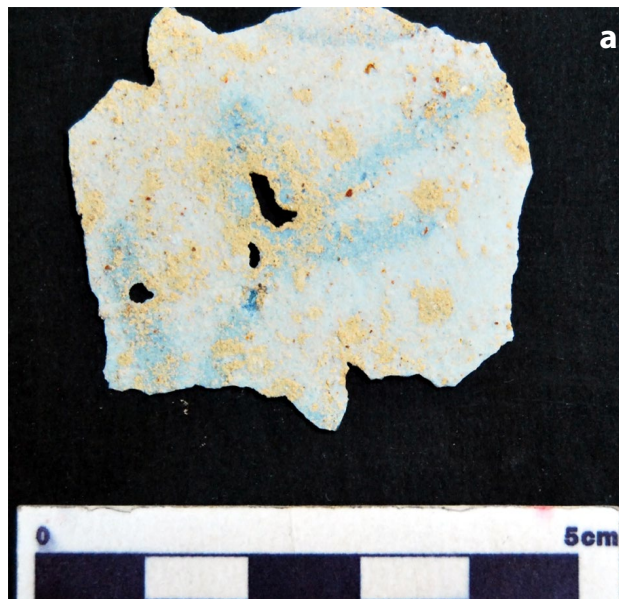
mais tarde, a sua abertura aumentou, a fissuração passou a progredir na fronteira entre o vidrado e a chacota, transformando-se em Tipo 2.

Um outro caso que temos documentado é o de craquelé primário constituído por fissuras de Tipo 1 e, no mesmo azulejo, craquelé posterior (secundário, constituído por fissuras de menor abertura, como na Figura 4, por serem mais tardias) constituído por fissuras de Tipo 2. Quer estes casos, quer os de fissuração exclusivamente primária como ilustrado na Figura 5, bastam para comprovar que no decurso do tempo ocorreu um decaimento da aderência entre o vidrado e a chacota e a partir de certo momento a degradação da interface tornou-a um caminho preferencial de propagação das fissuras quando originalmente não o era.

## Sistematização do destacamento do vidrado

Um estudo que o LNEC vem desenvolvendo desde 2009, acelerado recentemente através das confirmações experimentais efectuadas no enquadramento de uma investigação doutoral em curso, permitiu discriminar diversas formas de destacamento do vidrado diferindo na morfologia e nas causas. A sistematização básica dos destacamentos do vidrado baseia-se no reconhecimento de dois tipos de rotura subjacentes: i) a rotura das ligações entre o vidrado e a chacota, em que a separação ocorre exactamente na fronteira e o vidrado se destaca essencialmente limpo de material cerâmico (a superfície destacada é branca e consegue-se reconhecer, pelo menos, a pintura a azul); ii) a rotura da própria chacota, em que o vidrado se destaca coberto por uma camada cerâmica aderente. Ao primeiro chamamos um destacamento de *Tipo C* (Figura 6a) e ao segundo um destacamento de *Tipo L* (Figura 6b).

Ao Tipo C correspondem casos de ataque alcalino às ligações moleculares da sílica amorfa, que trataremos seguidamente. Temos conhecimento doutros casos mais raros (em particular envolvendo soluções de cloreto de sódio) que parecem conduzir também a destacamentos



**Figura 6.** a) Grande lâmina de vidrado destacada de um azulejo pombalino com as características do tipo C – note-se a visibilidade da pintura. L. Esteves, 2015. b) Secção, vista à lupa binocular, de uma escama destacada da fachada da Igreja de Santo Ildefonso no Porto, com as características do tipo L. LNEC, 2014.

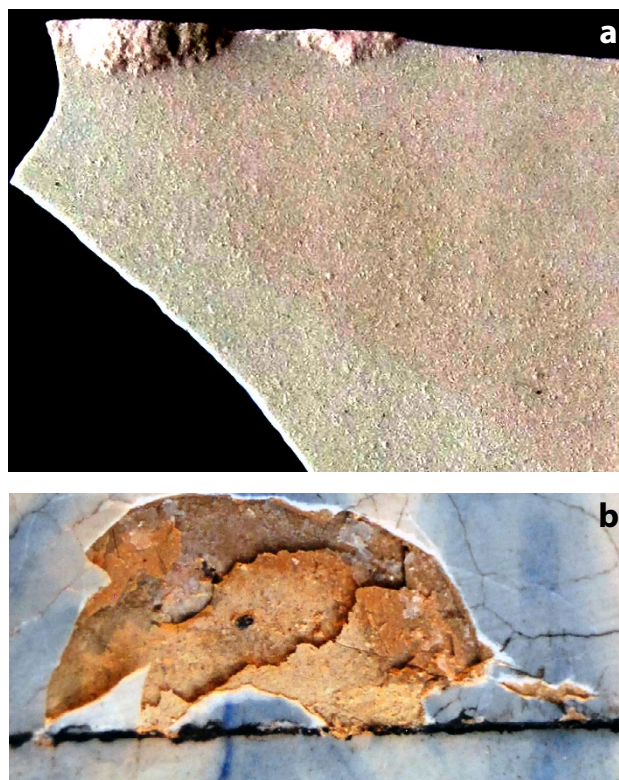
do Tipo C eventualmente mediante um ataque químico de contornos específicos cujo estudo está ainda por iniciar.

Se bem que seja também crível a ocorrência de um qualquer defeito de fabricação que possa resultar posteriormente num destacamento do Tipo C, o único mecanismo que provámos poder provocar esse resultado foi um ataque químico à sílica amorfa, que foi simulado laboratorialmente no enquadramento de uma dissertação doutoral a apresentar por Maria de Lurdes Esteves à Universidade de Évora. Pode ter vários agentes mas a maneira com que se conseguiu mais rapidamente um resultado semelhante ao encontrado em obra foi pela contaminação da chacota com soluções alcalinas ricas em sódio. Nesta situação ocorre um ataque afim do que está na base das reacções alcalis-sílica no betão [6] e o vidrado destaca-se limpo de chacota. No caso de azulejos com craquelé antigo os polígonos delaminam individualmente, deixando na chacota marcas de uma anterior fissuração de Tipo 1, como na Figura 5.

Ao Tipo L correspondem casos como o ilustrado na Figura 6b, que pode ter sido precedido por uma propagação fissural como a das Figuras 3a e 3b, casos de descasque e casos de desagregação da chacota, com várias morfologias, em que é o próprio material cerâmico que se destaca e cai, arrastando consigo o vidrado ainda bem aderente.

Quando o vidrado se destaca em escamas e com uma lâmina mais ou menos fina de chacota aderente sem que se reconheçam outros factores de degradação excepto a humedificação, as tensões resultantes da própria expansão húmida podem ser a causa: a dilatação da chacota por humedificação é contrariada pelo vidrado. No vidrado estabelece-se a tracção homogénea que pode dar origem ao craquelé e que é equilibrada na própria chacota por tensões de corte que se opõem à sua expansão. Estas tensões atingem um máximo na zona de maior gradiente, isto é, junto da fronteira com o vidrado. Uma vez que num azulejo relativamente são a chacota limítrofe é mais resistente pela interacção com o vidrado [5] a eventual rotura do material cerâmico inicia-se logo abaixo, numa zona menos resistente, e propaga-se paralelamente ao vidrado.

O descasque (“shivering” em inglês) é provocado por uma incompatibilidade entre o vidrado e a chacota que provoca um estado de compressão plana do vidrado durante o arrefecimento após a cozedura, até que este se separa. É comum a existência de algumas “âncoras” na periferia onde o vidrado se mantém aderente à chacota, resultando em beliscaduras nas arestas da chacota após o destacamento. A Figura 7a ilustra uma lâmina de vidrado descascada de um azulejo recente. A imagem foi contrastada artificialmente para ser possível reconhecer a rugosidade e a transposição dos tons da chacota, demonstrando ter uma fina camada de material cerâmico aderente e tratar-se, portanto, de um destacamento de Tipo L. O descasque é o fenómeno oposto ao craquelé e portanto não ocorrem simultaneamente. Conhecemos muitos casos de destacamentos de vidrado em azulejos



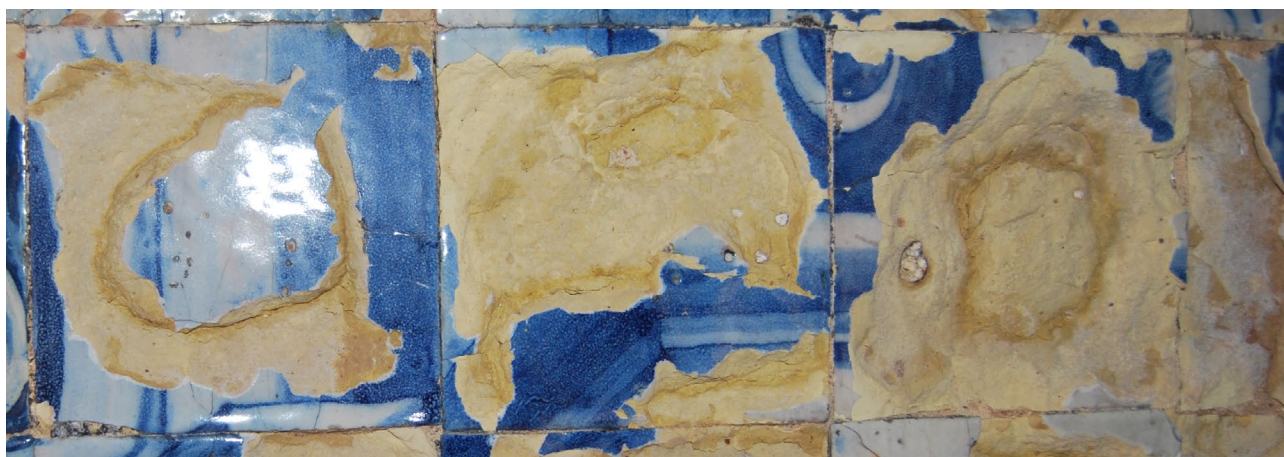
**Figura 7.** a) Vidrado destacado por descasque – note-se que a pintura não é visível mas as tonalidades da superfície cerâmica sim e que remanescem fragmentos da aresta da chacota ainda aderentes. Museu Nacional do Azulejo e LNEC, 2015. b) Chacota em desagregação folhosa, caindo com o vidrado aderente. Igreja da Senhora dos Remédios, Peniche, L. Esteves, 2013.

antigos na ausência de craquelé que são tentativamente explicáveis por descasques limitados, embora seja difícil assegurar que durante a vida dos azulejos não tenha havido outros agentes, já desaparecidos, que conduziram a resultados morfológicamente semelhantes.

A desagregação da chacota (Figura 7b) é geralmente provocada pela cristalização de sais solúveis. Existem também aqui dois casos principais: i) quando a cristalização necessita de evaporação, como no caso do cloreto de sódio, e num azulejo são o dano inicial ocorre nas arestas ou poros do vidrado, onde a evaporação é possível, e propaga-se a partir daí; ii) quando a cristalização pode ocorrer por sobressaturação, em sais cuja solubilidade varia muito com a temperatura, como o sulfato de sódio ou a trona. Neste último caso, que simulámos em laboratório, o dano pode iniciar-se em qualquer local, incluindo no centro do vidrado ainda intacto.

O dano por cristalização de sais solúveis pode ocorrer de maneira oportunista, aproveitando áreas de evaporação provocadas por outros agentes de degradação que nem sempre são evidentes. A ocorrência de um craquelé como o das Figuras 3a e 3b, por exemplo, pode oferecer simultaneamente caminhos de evaporação (as fissuras do craquelé) e espaços onde o sal se pode aglomerar sob o vidrado, até causar o seu destacamento.





**Figura 8.** Desagregação salina da chacota reconhecendo-se duas fases do processo que conduz à perda de grandes áreas pictóricas. Não se observam eflorescências porque o sal (cloreto de sódio, neste caso) deliquescceu na humidade ambiente mas a sua presença é revelada pelas áreas de chacota onde é mais abundante, que apresentam um aspecto molhado e uma cor mais sombria. Igreja de Nossa Senhora dos Remédios, Peniche, L. Esteves, 2013.

Os danos decorrentes da acção dos sais solúveis podem apresentar muitas morfologias incluindo a arenização da chacota (desagregação em fragmentos muito pequenos) e a desagregação folhosa decorrente da estratificação do material cerâmico cuja pasta foi mal homogeneizada. Neste caso podem destacar-se fragmentos planares de chacota com áreas de vidrado aderente da ordem da centena de centímetros quadrados que rapidamente arruinam os azulejos afectados (Figura 8).

## Considerações finais

A sistematização das formas de destacamento do vidrado associadas às causas respectivas, que se apresenta, representa o estado actual dos nossos conhecimentos. Não é certamente uma lista exaustiva, nem um trabalho acabado, mas cremos que constitui um avanço nos conhecimentos cujo aprofundamento permitirá em breve aos conservadores abordagens diferenciadas consoante os casos em apreço.

## Agradecimentos

Investigação no LNEC ao abrigo dos projectos de investigação 0202/111/19014 e PTDC/CTM-CER/119085/2010 (CerAzul, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia – FCT). Investigação doutoral de Maria de Lurdes Esteves, IIFA/UEVORA, financiada pela FCT ao abrigo do protocolo IMC-PROP/5170/2011.

## Referências

- 1 Mimoso, J. M.; Esteves, L., *Vocabulário Ilustrado da Degradação dos Azulejos Históricos*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa (2011).
- 2 Pereira, S.; Mimoso, J. M.; Silva, A. S., *Physical-chemical Characterization of Historic Portuguese Tiles. Relatório 23/2011*, LNEC, Lisboa (2011).
- 3 Plešingerová, B.; Klapáč, M.; Kovalčíková, M., 'Moisture expansion of porous biscuit bodies – reason of glaze cracking', *Ceramics – Silikáty*, **46**(4) (2002), 159-165.
- 4 Mimoso, J. M.; Santos Silva, A.; Abreu, M. M.; Costa, D. R.; Gonçalves, T. D.; Coentro, S. X., 'Decay of historic azulejos in Portugal: an assessment of research needs', comunicação, *International Seminar Conservation of Glazed Ceramic Tiles – Research and Practice*, LNEC, Lisboa (2009), <http://www-ext.lnec.pt/AzTek/download/Crackingfin090402aAriat.pdf> (acesso em 2016-05-06).
- 5 Mimoso, J. M.; Pereira, S.; Esteves, L., 'A matter of strength-measuring the glaze-biscuit adherence in Portuguese tiles', comunicação, *Azulejar 2012*, Universidade de Aveiro (2012).
- 6 Silva, A. S., 'Degradação do betão por reacções alcalis-sílica. Utilização de cinzas volantes e metacaulino para a sua prevenção', Tese de doutoramento, LNEC, Lisboa (2005).

**Recebido:** 2015-12-28

**Aceite:** 2016-05-07

**Online:** 2016-05-23



Licenciado sob uma Licença Creative Commons  
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.  
Para ver uma cópia desta licença, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>.