

Conservação de materiais graníticos. Um contributo do LNEC para a preservação do património

Dória Costa

*Geóloga, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, Portugal,
drcosta@lnec.pt*

Delgado Rodrigues

*Geólogo, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, Portugal,
delgado@lnec.pt*

RESUMO: No património arquitectónico português os materiais graníticos e afins têm uma representação muito ampla, ocorrem em diversos estados de conservação que não raramente exigem o tomar de medidas para a sua conservação. Neste trabalho faz-se uma análise histórica do que tem sido o contributo da investigação nesta área no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, com referência a aspectos que se consideram mais relevantes nesse percurso.

PALAVRAS-CHAVE: consolidação, granito, desagregação granular, sais solúveis

INTRODUÇÃO

Estudos sobre conservação foram iniciados no LNEC nos primeiros anos da década de 1970, tendo constituído uma acção pioneira na aplicação das ciências à conservação do património no nosso país. Não sendo objectivo escrever uma história da conservação em Portugal (nem sequer no LNEC), pareceu interessante perspectivar aqui um dos capítulos mais específicos do que se tem investigado, a conservação de materiais graníticos, que começou de forma tímida nos anos 90 e que permitiu atingir patamares de qualidade que são referência a nível internacional. Esta abordagem parcelar deve ser entendida num contexto um pouco mais geral, abordado em publicação anterior [1], sobre a investigação do LNEC em temas de conservação da pedra.

A ALTERAÇÃO DOS MATERIAIS NA PRIMEIRA LINHA DAS ACÇÕES DE CONSERVAÇÃO

As características específicas dos materiais geológicos tiveram e têm influência decisiva na arte de trabalhar e utilizar a pedra, na qualidade estética das peças produzidas e na acção que o passar dos tempos sobre elas exerceu. Materiais claros, muito brandos e com aspecto homogéneo, como a pedra de Ançã, emblemática do nosso país, permitiram o esculpir de obras de estatuária ímpares, só possíveis pelas características intrínsecas do material utilizado. A utilização de materiais mais duros e resistentes, supostamente de maior longevidade, exige maior esforço e investimento, ainda que isso possa redundar em níveis inferiores de definição de pormenor no esculpir das superfícies. No nosso país abundam os materiais graníticos que, como é sabido, foram frequentemente usados para construir monumentos funerários desde a pré-história, locais de culto ou espaços de habitação desde os tempos recuados da Idade Média, e que hoje se materializam no vasto conjunto do património arquitectónico, que integra numerosas antas, igrejas, complexos monásticos e outros conjuntos patrimoniais.

O valor inquestionável de algum deste património está desde há muito internacionalmente reconhecido; os centros históricos de Évora (1986), do Porto (1996) e de Guimarães (2001) classificados com Património da Humanidade são disso exemplo. Paralelamente, muitos outros são classificados como património nacional. Em qualquer destes casos, os materiais graníticos têm uma expressão de relevo e também eles, portanto, necessitam de ser cuidados para serem preservados e mantidos numa perspectiva de os fazer chegar às gerações futuras.

A conservação requer, numa primeira fase, que sejam identificadas as formas de alteração e elencados os factores de degradação preponderantes em cada caso. Pretende-se com isso contribuir para mitigar a acção dos agentes de meteorização, no processo incontornável que o ciclo geológico desencadeou na pedra, o local de extracção, e que prossegue em obra até à sua destruição inexorável. Na verdade, os materiais que integram as superfícies arquitectónicas reflectem as várias “etapas” dos processos de alteração no âmbito dos processos geológicos, que começaram muito antes da sua utilização como materiais de construção. A utilização de materiais graníticos fortemente alterados em obras de relevo é disso prova evidente. Por este motivo, se a ciência da conservação exige uma abordagem interdisciplinar que deve integrar uma multiplicidade de saberes e perspectivas de abordagem, a Geologia pode e deve dar uma contribuição de relevo na identificação dos fenómenos e da interacção destes processos complexos que acabam por condicionar toda a vida dos materiais em obra. Por outro lado, a acção de trabalhar e de esculpir a pedra e a sua instalação no edifício dão início a uma nova fase também ela decisiva do processo de alteração dos materiais. Nesta fase os processos de alteração aceleram e a mudança da escala do tempo permite transformações incomparavelmente mais rápidas do que anteriormente. O Homem e as suas opções passam a ser então factores decisivos na alteração dos materiais em obra.

Neste contexto, não é estranho que no Laboratório Nacional de Engenharia Civil a *Conservação da Pedra* tenha sido uma temática enquadrada pela Geotecnia e pela Geologia de Engenharia, permitindo igualmente um tratamento com um cariz iminente prático de quem tem que fazer investigação numa primeira fase e aplicar os conhecimentos na resolução de problemas que a prática levanta, actuação algo diferente do que era normal acontecer nas ciências básicas, pelo menos até há alguns anos atrás.

A observação macroscópica e a inspecção de edifícios históricos com valor patrimonial na perspectiva da sua conservação é uma actividade enraizada desde há muito nos trabalhos para os quais o LNEC foi chamado a dar contributo.

No nosso país, os granitos que constituem as superfícies em pedra podem apresentar uma multiplicidade de formas de alteração, algumas das quais se exemplificam nas imagens da Figura 1. Mais do que exemplos isolados, elas ilustram formas de alteração bastante frequentes nos nossos monumentos, contrariando uma ideia bastante generalizada de que estas rochas são materiais resistentes e, portanto, com uma durabilidade inquestionável.

O aspecto macroscópico destas superfícies é muito elucidativo da necessidade de intervir, muito provavelmente muito antes de se ter chegado à condição que algumas destas fotos ilustram porque, como se perceberá, em estádios muito avançados a possibilidade de mitigação dos processos de alteração pode tornar-se impraticável.



Figura 1 – Formas de alteração diversas em superfícies arquitectónicas em granito

Na óptica da conservação, os sais solúveis são agentes muito activos na degradação e a sua presença (quer sejam visíveis ou passem despercebidos à vista desarmada) é um factor determinante nas acções que podem ser desenvolvidas, nomeadamente a exequibilidade do tratamento, e, sobretudo, na durabilidade que se pretende obter quando se decide uma intervenção de conservação num monumento. A presença de sais solúveis (incluindo o gesso, ainda que seja um sal pouco solúvel mas quase sempre omnipresente nos materiais graníticos alterados) constitui o factor mais gravoso de degradação das superfícies arquitectónicas de granito com valor patrimonial, pelo menos no nosso país. Por este motivo, a confirmação da sua presença é reconhecida como imprescindível [2], devendo tentar-se, sempre que possível, avaliar quantitativamente a sua representatividade.

Não raras vezes é a presença de sais, ainda que em teores considerados como reduzidos, que justifica as formas de erosão muito acentuadas e as elevadas taxas de perda materializadas no progressivo e continuado destaque grão a grão destas superfícies.

As anomalias variadas que afectam as superfícies em granito requerem intervenções de todo o tipo, desde a limpeza à protecção, e mesmo a consolidação não pode ser encarada como uma acção dispensável, já que não há formas alternativas de reduzir as perdas erosivas tão frequentes e intensas.

Sendo operações de risco, as intervenções sobre superfícies arquitectónicas em pedra têm de ser rodeadas de todo o saber técnico-científico disponível, de forma a poderem ser realizadas nas condições mais adequadas a cada caso concreto e enquadradas por outras

medidas que possam contribuir para o alívio da pressão que os factores de alteração exercem sobre estes materiais alterados. Nesta óptica, a caracterização dos microambientes [3] em que os materiais se encontram pode também ser um instrumento útil na definição das soluções de mitigação dos agentes de alteração.

UM POUCO DE HISTÓRIA DA CONSERVAÇÃO DA PEDRA NO LNEC

A actividade da conservação da pedra começou no LNEC no início dos anos 70, decorrente da sensibilidade, já existente na altura, sobre a relevância das temáticas da conservação da madeira e em particular da degradação destes materiais por acção biológica [4]. Numa primeira fase, a Direcção Geral dos Monumentos Nacionais (DGEMN) terá solicitado ao LNEC a sua colaboração na abordagem deste tema, mas constrangimentos financeiros não terão permitido a alocação de meios suficientes, embora tenha criado o sentimento de que era um tema emergente e um desafio a que havia que dar resposta.

Enquadrado pelo III Plano de Fomento Nacional, foi estabelecido em 1971 um protocolo entre a DGEMN, o LNEC e o Instituto José de Figueiredo, que seria o embrião do Grupo de Trabalho Português de Conservação de Pedras em Edifícios (COPE/GPT). Formalizado em 1977 por decreto governamental passou, nessa data, a incluir também o Instituto Superior Técnico e a Universidade de Lisboa. Este grupo serviu como plataforma de discussão que permitiu desenvolver alguma actividade científica e técnica, lançou decisivamente o tema no contexto nacional e permitiu estabelecer relações internacionais que vieram a ser decisivas no desenrolar do percurso. De salientar, ainda, que no LNEC da altura a resposta foi desenhada ao nível interdepartamental, integrando as especialidades consideradas relevantes, tais como a Engenharia Química, a Geologia e a Biologia. O Grupo, secretariado pela DGEMN, tinha como coordenador no LNEC o Eng. Sampaio Franco, da Divisão de Madeiras e propunha-se realizar actividade no âmbito da Física, Geologia, Química e Biologia. Por parte do LNEC e para além do coordenador, este grupo de pioneiros integrava a Eng.^a Elda de Castro, a Dr.^a Manuela Farinha, a Eng.^a Maria do Rosário Cravo e um dos co-autores deste trabalho (JDR).

Nos objectivos da actividade deste grupo consta o apoio a prestar à DGEMN nas intervenções sobre a pedra em construções com valor histórico e artístico, estando previsto encetar contactos internacionais com grupos similares [5]. Por este motivo, foi desde logo considerado importante a relação com a RILEM, que na altura desenvolvia trabalho de investigação relativa aos métodos de ensaio de materiais pétreos, que marcaram indelevelmente a ciência da Conservação da Pedra através do grupo 25 P.E.M [6]. De destacar as propostas nacionais sobre ensaios de caracterização da *porometria* dos materiais através da *sucção de água* [7], a avaliação da *expansibilidade hídrica* nos domínios dos ensaios de caracterização dos materiais que viriam a integrar as *recomendações sobre os métodos de ensaio para o estudo da alteração e da protecção dos monumentos em pedra* [8]. A proposta para avaliação da hidrorrepelência das superfícies através da determinação do “*ângulo de contacto pedra-água*” viria, também, a ser um método relevante no estudo de tratamentos de conservação [9] [10].

Igualmente importantes foram os laços criados com outros grupos de investigação, nomeadamente internacionais. No início, a colaboração e a visita a alguns monumentos emblemáticos europeus [11] contribuíram para a formação e estabelecimento de relações de trabalho com pares.

A ligação com a DGEMN marcou toda a actividade na área da conservação da pedra e projectou-se muito para além do tempo em que o COPE/GPT esteve em actividade. Muito do trabalho realizado pelo LNEC nesta área foi resultado de pedidos de colaboração desta Direcção Geral até à sua integração no IGESPAR, ocorrida em 2006, quer relativos a monumentos construídos em pedras calcárias, quer monumentos construídos em granito.

Entre 1977 e 1991 várias solicitações de colaboração para fins diversos permitiram o contacto com vários monumentos construídos em granito, destacando-se: a Torre Sineira da Igreja de S. Francisco (1977), Anta do Zambujeiro (1979), Igreja de Santa Eulália (1983), Torre de Freixo de Espada-à-Cinta (1984), Aqueduto da Água da Prata e Igreja da Graça em Évora (1986), Igreja de Bravães (1987), Igreja dos Clérigos (1987, 1991), Igreja de S. Paulo em Macau (1990), Mosteiro de Grijó (1990), Igrejas do Carmo e das Carmelitas, no Porto e São Gonçalo, em Amarante (1991).

Se o tema da conservação dos materiais calcários estava bem inserido nas linhas de investigação mundiais e particularmente europeias, a investigação sobre materiais graníticos tardou mais a ser abordada. Nos finais dos anos 80, fruto do contacto com a realidade do país, tornava-se claro que era necessário iniciar os estudos relativos à alteração destes materiais em obra e na sua sequência obter conhecimentos mais aprofundados sobre a viabilidade do seu tratamento quando tal se revelasse necessário. Para tal, a elaboração de um projecto de investigação sobre a alteração de monumentos megalíticos construídos em granito, submetido inicialmente a nível nacional e depois europeu, acabou por ser o despertar do interesse nesta matéria. Sob o emblema EUREKA, e depois como parte do Programa comunitário STEP, a Comunidade Europeia financiou o projecto “*Conservation of Granitic Rocks. Application to Megalithic Monuments (GRANITIX)*” que teve a participação de vários países europeus. Em monumentos seleccionados em Portugal e Espanha foram identificados os processos de alteração, avaliaram-se as características físicas das rochas que os determinam ou condicionam e utilizaram-se técnicas não destrutivas de aplicação *in situ*. No laboratório foram efectuados estudos de produtos de tratamento de conservação aplicados nestes materiais, o que permitiu adquirir uma forma consistente de abordagem da avaliação dos tratamentos de conservação aplicados a estes materiais [12].

ALGUMAS PARTICULARIDADES DA CONSERVAÇÃO DOS MATERIAIS GRANÍTICOS

A conservação de materiais graníticos foi inicialmente marcada por ideias algo estereotipadas, decorrentes da transposição de observações feitas noutros materiais mais estudados, tais como calcários, mármore e arenitos. Pelo facto de serem rochas em geral muito pouco porosas e de não abundarem nas regiões onde a investigação era mais avançada, os granitos eram geralmente considerados de consolidação difícil, ou mesmo desnecessária.

O facto de este tipo de materiais ter utilização circunscrita a certas regiões faz com que a nível internacional o número de publicações que abordam a sua conservação seja, ainda na actualidade, relativamente escasso. Por este motivo, o imperativo nacional do seu estudo não só teve, como continua a ter, inteira justificação.

Os estudos vieram mostrar que, apesar da reduzida porosidade destes materiais, a circulação de produtos consolidantes apropriados é possível e que o efeito de aumento de coesão entre os seus constituintes pode ser alcançado com relativa facilidade. Para tal contribui o seu sistema de vazios muito específico, que permite boa penetração e circulação de líquidos no interior da rocha.

Para serem eficazes, não é exigível que os tratamentos aplicados atinjam teores semelhantes aos que podem ser alojados em materiais de maior porosidade absoluta. Contudo, importa discutir em que medida este facto pode ter repercussões positivas, por exemplo traduzidas num bom desempenho (com eventual redução dos aspectos negativos que em geral maiores quantidades de produto podem acarretar) ou se, pelo contrário, tem consequências negativas que limitem drasticamente a sua aplicabilidade.

A resposta a esta interrogação não será universal porque ela implica, de facto, com muitas variáveis em jogo, como sejam o grau de alteração dos materiais e a sua própria heterogeneidade, a natureza dos produtos de tratamentos disponíveis e a forma como o processo de aplicação e polimerização ocorre, mas tem sido uma agradável surpresa verificar que, em geral, é mais fácil consolidar um granito do que outras pedras porosas frequentes em monumentos, como sejam os calcários e os arenitos.

O estudo de materiais graníticos pode ser realizado com recurso a ensaios que, apesar de expeditos, são de grande valor na avaliação dos tratamentos de conservação, como seja a velocidade de propagação de ultra-sons, pelo facto deste parâmetro ser extremamente sensível a quaisquer modificações que ocorram na rede de fissuras que constitui o espaço poroso destes materiais. Apesar dos valores do parâmetro medidos terem incertezas relativamente elevadas, o seu uso em termos comparativos permite avaliar e fazer selecções de entre diferentes opções de tratamentos de forma relativamente segura [13].

Não existe muita informação relativa à aplicação em condições reais de obra, nem ao acompanhamento de situações após tratamento, mas as recentes intervenções nas Sés de Évora e do Porto, com a colaboração do LNEC, são marcos importantes da implementação de metodologias de tratamento neste tipo de materiais.

As medições *in situ* realizadas em alguns casos detectam, com clareza, a heterogeneidade dos materiais que integram as superfícies como mostram os resultados da absorção de água realizados nas superfícies exteriores da Torre Zimbório na Sé Catedral de Évora, durante a intervenção de conservação que decorreu entre 2003 e 2004 [14] (Figura 2).

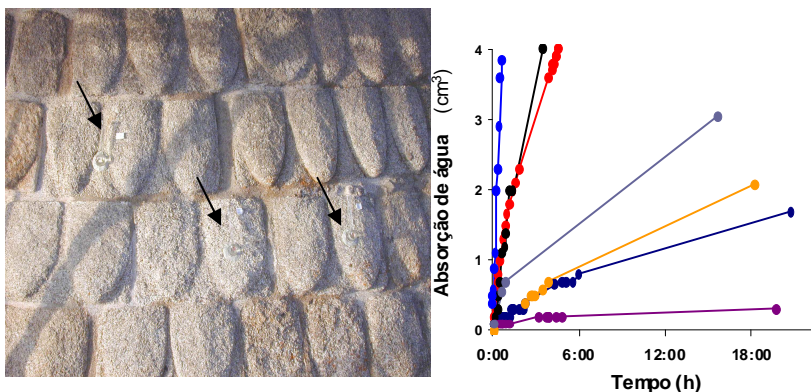


Figura 2 – Determinação da absorção de água a baixa pressão pelo método do cachimbo na superfície exterior da Torre Zimbório, após limpeza. Nota: a posição de três dos dez dispositivos de medição utilizados está assinalada pelas setas.

Os gráficos que traduzem os valores de absorção registados numa zona circunscrita são elucidativos das diferenças de absorção, que são devidas à heterogeneidade e seguramente

associadas à distribuição da sua rede de fissuras. Estas características são essenciais na absorção e distribuição final dos produtos de consolidação e por isso determinantes na eficácia do tratamento.

No caso das Sés de Évora e do Porto foi possível obter e usar nos estudos amostras dos materiais existentes nos monumentos, ainda que seja reconhecida a sua grande diversidade. Este facto revelou-se particularmente importante na avaliação dos produtos consolidantes e veio salientar o cuidado que será necessário ter na avaliação dos resultados quando não é possível reunir condições de estudo tão vantajosas.

Na região de Évora ocorrem afloramentos de materiais graníticos que se sabe terem sido usados no início do séc. XX como locais de extracção para obras realizadas no monumento. Embora tratando-se de materiais alterados (FI) o seu comportamento é distinto quando comparado com granitos cinzentos similares existentes no monumento (CL). Os gráficos da Figura 3 ilustram o comportamento destes dois materiais após consolidação com um produto à base de silicato de etilo (SM).

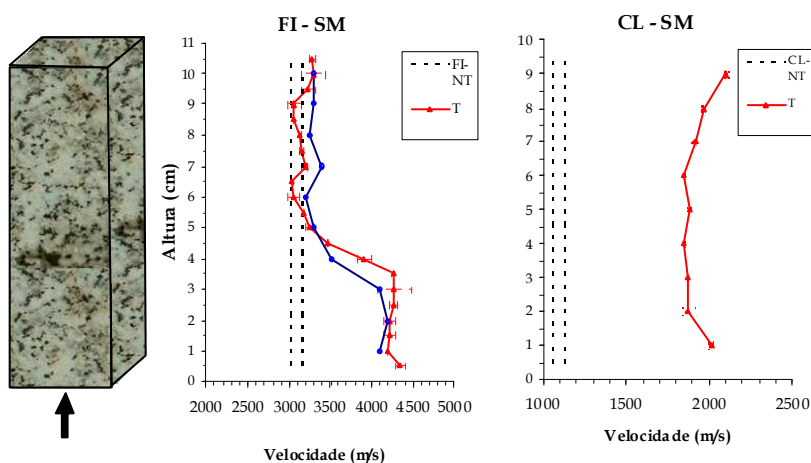


Figura 3 – Acção de consolidação proporcionada pela aplicação de um produto à base de silicato de etilo (SM) em dois materiais graníticos da região de Évora com composições mineralógicas semelhantes mas com porosidades distintas. *Nota: A zona vertical entre linhas interrompidas representa a gama de valores do granito não-tratado*

A absorção dos produtos de consolidação é completamente distinta nos dois materiais, visto que no material mais alterado é conseguido o tratamento integral do provete com cerca de 10cm de altura (Figura 3, gráfico à direita), enquanto que, no material menos alterado (FI), a zona tratada fica limitada aos primeiros 3cm do provete (Figura 3, gráfico à esquerda).

As características destes materiais, avaliadas através da velocidade de propagação dos ultrasons, podem também servir para mostrar que eles eram distintos na sua origem, pois o granito do monumento (CL) tem valores de velocidades muito baixos (cerca de 1000m/s), sinal de um estado avançado da sua alteração, bem distinto dos cerca de 3000m/s da variedade recentemente extraída (FI).

NOTA FINAL

Até ao início dos anos 90, a equipa do LNEC teve a participação da Eng.^a Elda de Castro, cuja memória aqui se evoca. Os seus trabalhos deixaram uma marca assinalável na área da Conservação da Pedra, a nível do País e do Estrangeiro. Particular destaque deve ser dado às propostas de métodos expeditos de avaliação de tratamentos e de caracterização porométrica dos materiais porosos por sucção de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DELGADO RODRIGUES, J. – *A conservação da pedra no LNEC. Apontamentos de uma história com três décadas.* Actas do 3º ENCORE, LNEC, Lisboa, 2003, pp.29-49.
- [2] COSTA, D. e DELGADO RODRIGUES, J.– *Sais solúveis nas alvenarias da Sé de Évora.* Seminário sobre sais solúveis em argamassas de edifícios antigos- Danos, processos e soluções, 18.1-18.13, Lisboa, LNEC, 2005.
- [3] COSTA, D. e DELGADO RODRIGUES, J.– *Caracterização do ambiente interno da Sé Catedral de Évora.* Relatório 397/04 – DM/MCMC, DG/CHF, LNEC, 2004.
- [4] SAMPAIO FRANCO, E. J. - *Conservação de obras de arte de madeira: contribuição para o seu estudo.* Tese para Especialista. Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Lisboa - 177 pp., 1965.
- [5] SAMPAIO FRANCO, E. J. et al. - *Conservação de pedras em edifícios de interesse histórico ou artístico : actividade do grupo de trabalho português de 1971 a 1973 : 3º.* Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa , 1975.
- [6] CASTRO, E. de & DELGADO RODRIGUES, J. - *Conservação de pedras em edifícios de interesse histórico ou artístico. Cooperação internacional com o Grupo de Trabalho RILEM 25 P.E.M. Actividade de 1972 a 1974. 7º.* Relatório. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1975.
- [7] CASTRO, E. - *Conservação de pedras em edifícios de interesse histórico ou artístico. Tables for calculating pore-size distribution in porous materials from suction data. 4º.* Relatório. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1975.
- [8] RILEM - Commission 25 PEM Protection et Érosion des Monuments - *Essais recommandés pour mesurer l'altération des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement.* Matériaux et Constructions, Bull. RILEM, 13 (75), pp. 216-220, 1980.
- [9] CASTRO, E. – *Determinação do ângulo de contacto água-pedra.* ICT, ITG 20. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [10] CASTRO, E. – *Evaluation de l'hygroscopicité des pierres.* Memória Nº 526. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1979.
- [11] CASTRO, E. - *Conservação de pedras em edifícios de interesse histórico ou artístico: notas relativas à conservação das catedrais de Colónia e de Milão. 2º* Relatório. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1973.
- [12] DELGADO RODRIGUES, J. e COSTA, D. (Eds.) – *Conservation of granitic rocks.* Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1996.
- [13] COSTA, D. - *Avaliação de tratamentos para a conservação se superfícies graníticas arenizadas.* Lisboa, Relatório LNEC, 2007.
- [14] DELGADO RODRIGUES, J.; COSTA, D.; PROENÇA, N. e SALEMA, S. – *Sé de Évora. Intervenção de conservação do zimbório.* Estudos /Património, vol. 9, pp.184-194, IPPAR, 2006.