

GEOLOGIA E PATRIMÓNIO CULTURAL EM PEDRA

Carlos ALVES

Escola de Ciências, Universidade do Minho
casaix@dct.uminho.pt

Resumo

No presente trabalho são discutidos alguns dos principais pontos da relação entre os estudos geológicos e o património cultural em pedra natural (no sentido de objeto rochoso), organizados segundo quatro linhas principais: significado cultural (do material rochoso e não do objeto elaborado), avaliação dos materiais (em termos de suscetibilidade aos processo de alteração e por comparação com os ensaios laboratoriais), estratégia de intervenção (baseada na caracterização dos problemas) e divulgação (formal e informal, incluindo o aproveitamento turístico) de conceitos geológicos (incluindo objetos e processos).

Keywords: Geology, diffusion, materials, preservation.

Abstract

In this paper are discussed some of the main issues of the relation between geological studies and cultural heritage in natural stone (in the sense of objects made from rocks), organized along four main lines: cultural significance (of the stone material and not of the cultural object), evaluation of materials (in terms of susceptibility to decay processes and in comparison with laboratory tests), intervention strategy (in relation to the characterization of the problems) and divulgation (formal and informal, including touristic valorisation) of geological concepts (including objects and processes).

Palavras chave: Geologia, divulgação, materiais, conservação.

1. Introdução - a(s) problemática(s) e uma herança cultural

As rochas estiveram desde sempre ligadas ao património cultural, como blocos de alvenaria ou elementos decorativos diversos, integrados em edificações ou isolados. Existem diversas oportunidades de contribuição dos estudos geológicos para a valorização do património cultural, algumas das quais serão discutidas neste trabalho (assim como as dificuldades associadas).

Podemos referir a este respeito, e como documento de interesse para um público alargado em termos de formação, o livro do Professor Aires-Barros sobre diversas rochas utilizadas em muitos monumentos de Portugal (AIRES-BARROS 2001). Outro claro exemplo de ligação histórica entre estudos geológicos e o património cultural em Portugal é dado pelas folhas da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000 que incluem uma secção sobre a arqueologia da região abrangida pelas mesmas. Apresentam-se alguns exemplos referidos na primeira edição (1973) da notícia explicativa da folha 5-D (Braga) desta Carta Geológica (TEIXEIRA et al. 1973):

- A "pedra Formosa", que mostra a "maneira habilidosa e artística como os antigos sabiam trabalhar o granito";
- A presença de esculturas de granito no Castro de Lanhoso;
- Os miliários em granito, "testemunho da importância das vias romanas que convergiram em Braga";
- A pedreira do Lagedo em Gonça (Guimarães) que forneceu "a pedra fina" que foi empregue no mosteiro de São Torcato;
- A utilização em alguns edifícios de Braga do "granito moscovítico do monte de Caldas, que pela sua finura e tonalidade clara dá àqueles edifícios excelente aspecto";
- Os "monumentos de pedra", considerados "testemunho" das "excepcionais aptidões artísticas" dos "habitantes da região".

Será também pertinente mencionar que neste documento de 1973 é referido, em relação à descoberta de vestígios na Cidade de Braga, que "Infelizmente, dentro em breve, nada restará da antiga povoação" e ainda que "Braga nem sequer possui um museu condigno onde fique arquivado o espólio do que for aparecendo, para testemunho do passado e admiração dos vindouros".

Alguns dos aspetos da relação entre os estudos geológicos e o património cultural serão discutidos e ilustrados no resto deste trabalho, mas na Figura 1 são apresentados dois exemplos do trabalho artístico em pedra da cidade de Braga. Fica evidente, desta forma que os estudos geológicos, particularmente em Braga (onde a pedra faz parte do passado mais afastado e mais recente), têm uma herança a preservar no que diz respeito à sua relação com o património cultural.

Nesta discussão serão consideradas rochas utilizadas diretamente como objeto com significado cultural (pedra natural), excluindo-se assim entidades essencialmente mineralógicas (gemas) ou derivadas de corpos geológicos como argamassas e objetos cerâmicos (mas a generalidade das considerações apresentadas é válida para estes materiais inorgânicos porosos).



Figura 1 – Dois exemplos do aproveitamento artísticos do granito na cidade de Braga

As secções seguintes organizam esta discussão em quatro grandes linhas: o significado cultural (dos objetos geológicos em si), a avaliação dos materiais (o património como laboratório), a intervenção (na conservação ou substituição dos materiais) e a divulgação científica, que pretende ir além dos pontos anteriores no sentido de janela privilegiada para o estudo geológico, incluindo processos do património construído que podem servir para ilustrar processos e produtos geológicos (mas excluindo todos os produtos que resultam da deliberada intervenção do homem).

2. Significado cultural

Considera-se aqui não o significado cultural do elemento patrimonial, mas o dos materiais geológicos utilizados nesse elemento patrimonial. As rochas utilizadas no património traduzem relações entre esses recursos geológicos e tendências culturais, acompanhando evoluções históricas. Nas obras mais antigas dominam os recursos locais, dada a grande importância dos processos de transporte. Consequentemente, certos objetos podem representar situações de elevado interesse histórico pelo contraste geológico com o enquadramento local, funcionando, tal como as moedas e as cerâmicas, como indicadores de movimentos de importação.

Há exemplos que poderão ser considerados mais ou menos triviais, como a presença de elementos em mármore ou calcário numa região granítica. Mas mesmo em relação a um tipo genérico de rocha, como as graníticas, observam-se situações em que é possível reconhecer rochas diferentes da rocha local e que são, portanto, marcadores de movimentos de importação cujo significado merecerá investigação (entre as hipóteses explicativas deverão incluir-se hipóteses relacionadas com as características das rochas). Por exemplo, na cidade de Braga é possível reconhecer a presença de outros granitos (diferentes do chamado "granito de Braga" - TEIXEIRA et al. 1973; FERREIRA et al. 2000), merecendo destaque a presença de certos granitos muito claros (contrastando com o tal granito de Braga, mais escuro,

acinzentado ou amarelado, semelhante aos observados nas imagens da Figura 1). Pode referir-se a este propósito uma experiência do presente autor que, sendo proveniente de uma região dominada pelas rochas sedimentares, foi surpreendido, numa das suas primeiras viagens pedonais no centro histórico da cidade de Braga, pela visão de uma igreja cuja fachada parecia, de uma certa distância, toda ela daquilo construída em mármore ou calcário (Igreja do Carmo, Figura 2), o que seria algo estranho face ao contexto geológico local (uma observação mais próxima permitiu reconhecer um material granítico muito claro).

No seguimento de uma indicação do Eduardo Pires de Oliveira, foi possível observar que nos edifícios a partir do final do século XVIII e até ao início do século XX predominavam os granitos mais claros, semelhantes a rochas que ocorrem fora da zona da cidade de Braga (como vimos na secção anterior, a utilização deste tipo de granitos nos monumentos de Braga, mas sem a componente histórica, é referido em TEIXEIRA et al. 1973). O assunto tem um maior desenvolvimento em MATIAS (2001).



Figura 2 – Visão geral da fachada principal da Igreja do Carmo construída com um material granítico muito claro (comparar com as rochas da Figura 1)

Por vezes temos rochas diferentes no mesmo edifício, que podem estar dispostas de uma forma aparentemente aleatória (Figura 3a, mostrando algumas ocorrências pontuais de material granítico claro entre blocos de granito mais escuro). Existem exemplos (mais interessantes) onde parece existir algum critério de aplicação, como é observado na Figura 3b, com numa edificação quase totalmente construída no granito de Braga (mais escuro) mas com fustes de um granito claro em colunas da entrada (a Figura 3c permite uma comparação mais detalhada destas rochas). Na mesma linha poderá referir-se o exemplo da fachada principal da Igreja do Mosteiro de Tibães, onde dois grandes tipos de materiais graníticos foram distinguidos em zonas muito bem definidas (a distribuição destes dois tipos é apresentada em ALVES et al. 2002).

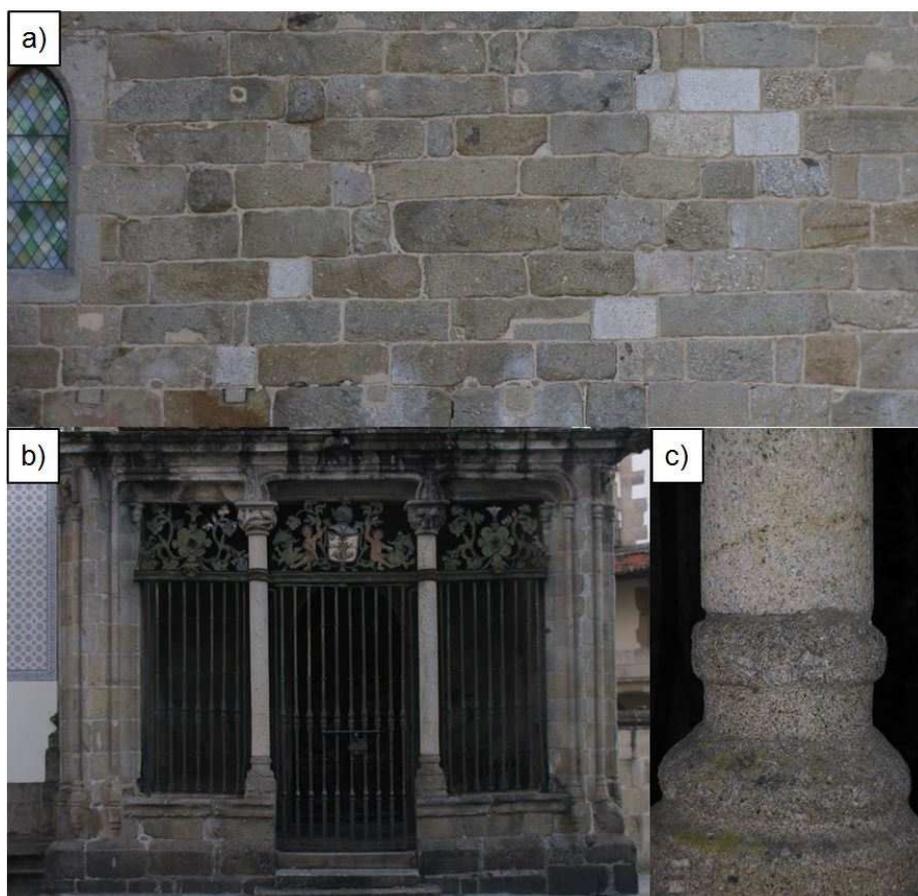


Figura 3 – Exemplos de aplicação de materiais graníticos distintos na mesma edificação: a) distribuição aparentemente aleatória; b) fustes de colunas com granito claro numa construção com granito mais escuro; c) pormenor de b) permitindo a comparação das rochas referidas (granito mais escuro, semelhante ao granito de Braga, na base da coluna e granito mais claro no fuste da coluna).

Ainda neste tema (utilização de materiais graníticos diferentes da rocha granítica local), refira-se o caso das capelas do Pátio dos Evangelistas do Bom Jesus de Braga, em cujo exterior é utilizado um granito claro de grão fino claramente diferente da rocha do local (um granito de grão grosso e escuro que é observável nas proximidades das capelas). Este contraste traduz uma escolha propositada, possivelmente por um material mais claro ou mais

brando (todavia esta segunda hipótese não parece justificar a ausência da rocha local nas cantarias exteriores).

Sendo estabelecido que a rocha não é local, outro problema, significativamente mais complexo, na ausência de informações documentais, é discutir a possível origem das rochas. É possível testar informações documental no sentido de comparar uma rocha aplicada num determinado objeto patrimonial com a rocha do local indicado como aquele de proveniência. Mas estes estudos, sendo capazes de rejeitar hipóteses (a rocha não é de um determinado local), dificilmente podem estabelecer de forma indiscutível a origem dos materiais. Isto devido a situações de hipóteses múltiplas resultantes da existência do mesmo tipo de objeto geológico em diversos locais. Existe, assim, o risco de cometer um erro do tipo falácia de afirmação da consequente (por exemplo, todos os blocos do granito do monte das Caldas, nas proximidades de Braga, são claros mas isso não significa que todos os blocos de granitos claros encontrados nos monumentos da cidade de Braga sejam provenientes deste local). Todavia, os estudos geológicos podem servir para corroborar (no sentido de POPPER 1935) hipóteses históricas.

Portanto, um objeto geológico idêntico a objetos geológicos regionais poderá ser de outro sítio mas um objeto geológico incompatível com o contexto regional terá de ser importado. Dada a habitual distribuição dos resultados e a derivação de parâmetros com base numa amostra estatística (afetada pelos problemas da amostragem), a utilidade de procedimentos como análises de elementos químicos ou isótopos merece uma cuidadosa (e crítica) discussão.

As características físicas das rochas também podem contribuir para a valorização dos objetos patrimoniais elaborados com as mesmas. Assim, por causa das suas propriedades mecânicas, é mais difícil fazer esculturas diretamente num afloramento granítico do que nos afloramentos doutras rochas mais moles (Petra serão o exemplo mais famoso, com diversos trabalhos diretamente em afloramentos areníticos). Isto é um fator de valorização, por exemplo, das gravuras e trabalhos escultóricos encontrados no afloramento granítico da Fonte do Ídolo em Braga. As características do granito permitem também obter peças monolíticas de grande dimensão utilizadas numa perspetiva de imponência, como o exemplo apresentado na Figura 4.

4. Avaliação de materiais

Por oposição aos ensaios laboratoriais, desenvolvidos utilizando várias simplificações em termos das características geométricas dos elementos (forma e dimensão) e das condições de exposição, o estudo das construções antigas, como fora já referido por Vitruvius, fornece informações para a avaliação da suscetibilidade dos materiais nas condições reais da sua utilização. Desta forma, as obras do património cultural seriam vistas como experiências laboratoriais históricas, capazes de contribuir para seleção dos materiais, seja para novas construções seja para a substituição de elementos em intervenções de recuperação de construções antigas. Serão considerados aqui alguns exemplos potencialmente ilustrativos.



Figura 4 – Exemplo de colunas monolíticas de grande dimensão em granito (Braga).

A observação dos monumentos antigos permite identificar características dos materiais rochosos que promovem a suscetibilidade dos mesmos aos processos de deterioração, como por exemplo, o grau de meteorização das rochas provenientes da pedreira. Esta característica relaciona-se com os processos de alteração superficial que as rochas experimentam no ambiente natural e que contribuem para a variação das características dos materiais extraídos de uma pedreira. No caso das rochas graníticas, por exemplo, essa meteorização da rocha antes da sua extração tem influência no desenvolvimento do meio poroso e, conseqüentemente, na migração dos poluentes (ALVES et al. 1996, BEGONHA 2001). Os efeitos destes processos de meteorização têm marcada expressão cromática no caso de granitos com biotite, um mineral com ferro que em contacto com a água superficial promove a formação de óxidos e hidróxidos de ferro que ocupam o espaço poroso do granito dando uma tonalidade amarelada. As observações das edificações também indicam situações em que arranjos estruturais como a estratificação estão associados com padrões diferenciais de erosão do material (Figura 5).



Figura 5 – Padrões de erosão de pedra sedimentar associados com estratificação

Uma questão mais complicada será a avaliação da componente temporal, isto é, o período de tempo necessário para o desenvolvimento dos processos de alteração. A datação da colocação em exposição da superfície rochosa afetada é frequentemente complicada (por vezes será atualmente impossível). Mas mesmo quando é possível datar a colocação de uma rocha em obra, a observação das construções históricas fornece uma estimativa por excesso do tempo necessário para atingir um certo estado de alteração (portanto contra a segurança na avaliação da durabilidade do material).

A observação das construções antigas permite, ainda, relacionar a durabilidade com o contexto de aplicação, identificando situações mais agressivas que, conseqüentemente, requerem materiais com melhores especificações, como é o caso dos pormenores ornamentais (Figura 6).



Figura 6 – Padrões de erosão concentrados em pormenores decorativos

A perspetiva de validação da utilização de materiais pela observação do seu desempenho em edificações existentes pode ser vista como negativa para a utilização de

novos materiais em certas situações, nomeadamente aplicações em ambientes com elevados níveis de poluição, seja natural (e.g. ambiente marinho), seja antrópica, em locais exteriores ou em locais interiores sujeitos à migração dos poluentes por capilaridade (ascendente, infiltração). A solução deste problema passará pela formulação de hipóteses (eventualmente baseadas em argumentos por analogia) avaliadas por testes laboratoriais muito agressivos (e admitindo uma correta caracterização dos processos que atuam no local onde o material vai ser utilizado). O procedimento sugerido por Vitruvius, de teste por exposição nas condições reais antes da aplicação do material, poderá ser difícil de implementar, considerando, nomeadamente, a nossa ignorância sobre a evolução temporal dos processos de alteração (e, portanto, sobre o período de tempo que será necessário esperar).

No fecho desta secção será conveniente salientar que existem vários problemas no uso das edificações antigas para a avaliação dos materiais. Como foi referido acima, frequentemente existem lacunas ao nível da história das estruturas, sobre a existência de substituições (as pedras que estão em melhor estado são melhores ou mais recentes?), sobre a existência anterior de focos de poluição que foram entretanto removidos (por vezes ficam as evidências sob a forma de marcadores de poluição) ou até sobre alterações arquitetónicas.

5. Intervenção

Nesta secção discutem-se alguns exemplos da possível contribuição dos estudos geológicos para as decisões sobre intervenções no património cultural. Os estudos geológicos serão um importante elemento em intervenções sobre a estrutura patrimonial no seu todo, nomeadamente ao nível das fundações, pela caracterização do terreno (solos, rochas, estruturas geológicas como falhas). Todavia, no restante deste texto serão consideradas unicamente intervenções tendo em vista os materiais rochosos, seja para a conservação (no sentido mais amplo do termo - ver MUNÓZ-VINÃS 2005) do material existente seja para a substituição do mesmo. Uma revisão das principais questões envolvidas pode ser encontrada em ALVES e SANJURJO-SÁNCHEZ (2015).

A investigação relacionada com as medidas de intervenção beneficiará de contribuições de várias áreas, como a Estética, a Arquitetura, a História da Arte, mas também da Ciência e Engenharia dos materiais, assim como das ciências médicas, nomeadamente em termos metodológicos, quer ao nível da caracterização da situação (o "diagnóstico" da "doença" ou "patologias" dos materiais), quer ao nível da estratégia a seguir (o "tratamento" ou "terapêutica" a utilizar), que pode, inclusive, passar pela não intervenção (seguindo o clássico princípio de "primum non nocere" - ver ALVES e SANJURJO-SÁNCHEZ 2015). Os estudos geológicos desenvolvem-se frequentemente em condições semelhantes aos estudos relacionados com a intervenção no património construído (por exemplo a caracterização de terrenos tendo em vista a implantação de obras de engenharia), nomeadamente incidindo em padrões resultantes da sobreposição de processos sobre os quais podem existir lacunas importantes e que não são passíveis de teste por experiências reproduzíveis (ver comentário de POPPER 1966 sobre as

ciências históricas, incluindo a Geologia histórica). Um desafio interessante, todavia, é desenvolver hipóteses testáveis pela via da investigação da presença ou ausência das suas implicações lógicas (por observação ou análise laboratorial). Outra característica partilhada entre os estudos geológicos e os estudos envolvidos na intervenção do património é a necessidade de fazer cartografia (de materiais e de produtos de alteração; ver exemplos em FITZNER e HEINRICHS 2002).

Uma primeira discussão passará pelo diagnóstico do problema e pela avaliação da necessidade de intervenção. Os processos que incidem sobre os materiais rochosos no ambiente construído são, na sua generalidade, observados no ambiente natural. Os estudos geológicos são úteis para reconhecer alterações que as rochas podem apresentar na pedreira (e que, conseqüentemente, não estão associadas com a exposição em obra). Só será possível concluir que uma determinada alteração ocorreu após a colocação em obra, por exemplo, quando o produto de alteração atravessar o contacto entre duas peças aplicadas. Já em relação a alterações idênticas às observadas em afloramentos e limitadas a um bloco de pedra será difícil (ou mesmo impossível) determinar se as mesmas ocorreram após a colocação em obra ou não.

A análise da distribuição espacial dos efeitos dos processos de alteração (uma tarefa comum em várias linhas da investigação geológica, como por exemplo, a procura de depósitos minerais) é essencial na tentativa de identificação dos fatores que contribuem para os processos de deterioração, nomeadamente das fontes dos agentes que promovem esses processos. As dificuldades na caracterização temporal também são relevantes para esta problemática, uma vez que afetam a capacidade de prever a evolução do sistema e, portanto, a decisão sobre a necessidade de intervenção.

A caracterização do processo de alteração que afeta o objeto terá implicações na estratégia de intervenção a seguir, sejam intervenções exteriores ao material (por exemplo nas condições de exposição), intervenções no próprio material ou, ainda, a substituição do material. Por exemplo, se o processo de deterioração estiver associado com exposição solar ou circulação de águas, uma possível estratégia de conservação passará por impedir a ação destes agentes externos. Exemplos de medidas do tratamento do próprio material incluem a limpeza de superfícies sujas, e nessa situação é essencial avaliar a suscetibilidade do material geológico aos procedimentos de limpeza utilizados. Os problemas de fragilidade física, que resultam em perdas de material, poderão requerer intervenções de consolidação ou até, para situações de avançada erosão, a substituição do material.

Uma das situações ilustrativas da relação entre estudos geológicos e intervenções no património é o complexo (e comum) problema da contaminação salina, que permite utilizar várias técnicas analíticas típicas da mineralogia e geoquímica (para caracterização dos sais solúveis), sendo que o problema da definição do sistema salino tem muitos pontos em comum com estudos geológicos "tradicionais" (caracterização das fontes de substâncias, das trajetórias de migração, dos processos de diferenciação química). O problema da contaminação salina dos objetos culturais é frequentemente complexo em termos de tratamento, sobretudo em

situações de persistência da fonte de contaminação salina (ver ALVES e SANJURJO-SÁNCHEZ 2015).

Nos processos de substituição de material será conveniente utilizar materiais com especificações apropriadas ao nível de agressividade da situação vigente, seja pelas suas propriedades naturais seja pela aplicação de tratamentos antes da aplicação em obra (valerá a pena referir a secção anterior onde foi exposto que o estudo das edificações existentes permitirá identificar características das rochas mais suscetíveis aos processos de alteração, características essas que deverão ser evitadas).

Mas as intervenções no património cultural têm que considerar fatores que não são contemplados no cânone geológico, nomeadamente pela intensa (e frequentemente indocumentada) intervenção humana (processos e materiais), assim como questões sociológicas como o valor do objeto ou critérios estéticos.

6. Divulgação de conceitos geológicos

As questões das secções anteriores são de interesse para formações superiores (incluindo aquelas que já envolvem trabalhos de investigação) nos domínios das ciências sociais, engenharia e arquitetura. Mas nesta secção o património cultural será visto como elemento utilizável na divulgação de conceitos da Geologia em contextos formais (no âmbito das atividades escolares) e informais.

MCPHEE (1998) refere-se ao talude de estrada como um "portal" ou "proscénio" para a geologia de uma região. Esta perspetiva pode ser estendida aos objetos geológicos presentes no património cultural, utilizáveis como ilustrações de objetos geológicos (minerais, rochas e estruturas), com alguns cuidados relacionados com a sua ocorrência fora do contexto geológico original.

Os elementos do património cultural podem servir para ilustrar aspetos da Geologia local nem sempre facilmente observáveis (por exemplo, provenientes de antigas pedreiras que hoje estão ocultas e inacessíveis pela ocupação por estruturas construídas ou pela recuperação paisagística natural resultante do crescimento espontâneo da vegetação) e em condições de comodidade raramente encontradas nos estudos geológicos.

Em termos formais, os materiais geológicos do património edificado antigo e recente oferecem oportunidades para o estudo de aspetos mineralógicos, petrográficos e estruturais em vários níveis de ensino, do básico ao doutoramento. Apesar da incerteza sobre o futuro destas orientações, será ilustrativo referir que isso mesmo é explicitamente reconhecido no documento das Metas Curriculares para as Ciências Naturais no Ensino Básico (BONITO 2013), do qual são extraídos dois exemplos:

- Nas metas para o 5.º ano, "3.4. Referir aplicações das rochas e dos minerais em diversas atividades humanas, com base numa atividade prática de campo na região onde a escola se localiza";

- Nas metas para o 7.º ano, "10.3. Reconhecer as rochas utilizadas em algumas construções, na região onde a escola se localiza".

Vamos considerar mais um exemplo da cidade de Braga: uma das paredes do corpo Barroco do antigo Palácio dos Arcebispos (Arquivo Distrital de Braga) constitui uma verdadeira mostra dos tipos de granitos encontrados em Braga e arredores, como tiveram oportunidade de mostrar ao presente autor o Dr. Narciso Ferreira e a Prof. Graciete Dias (que desenvolviam nessa altura a revisão da folha 5-D da Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000).

A observação dos padrões de alteração permite, também, explicar alguns princípios da Geologia; por exemplo uma mancha que atravessa a fronteira entre duas (ou mais) placas de pedra (numa parede ou pavimento) permite ilustrar a aplicação do Princípio da Intersecção na datação relativa (o desenvolvimento da mancha é posterior à colocação das placas na obra, resultando, portanto de processos no ambiente construído). Os processos no ambiente construído podem ser comparados com os processos do ambiente natural (ver por exemplo SANJURJO-SÁNCHEZ et al. 2012), contribuindo para a discussão destes últimos. Considere-se o caso da exfoliação das superfícies rochosas, habitualmente atribuída ao efeito das variações térmicas mas que as observações do ambiente construído sugerem estar sobretudo associado com a presença de sais (ainda que as condições climáticas possam contribuir para este processo pela promoção da cristalização dos sais).

A utilização de objetos geológicos importados permite mostrar aspetos que não estão disponíveis localmente. Assim, na cidade granítica como o Porto, o pavimento da Casa da Música constitui a melhor mostra para a observação macroscópica de travertino, um tipo de calcário relativamente raro (já agora, o travertino não é considerado, do ponto de vista petrológico, um mármore), com exemplos de várias características texturais e estruturais (Figura 7a). Noutro exemplo da cidade do Porto, a estátua da Juventude (popularmente conhecida como "Menina nua") situada na Avenida dos Aliados, permite a observação de características de rochas carbonatadas metamórficas (mármore) e sedimentares (calcários), como fósseis e aspetos texturais, assim como a observação dos efeitos dos processos de erosão neste tipo de rochas (Figura 7b).

Em termos informais, as rochas dos monumentos podem contribuir para ações de divulgação de conceitos científicos (conhecimento dos objetos e processos do planeta), mas também tecnológicos e históricos (aproveitamento de materiais locais e externos).

A componente geológica do património cultural pode ser mais um fator de atração turística, por exemplo pela preparação de informações para um público com um interesse cultural mais alargado (que inclua conceitos científicos), talvez dentro daquilo que vai sendo referido como "turismo inteligente" (ainda que a felicidade da expressão não seja inequívoca). Poderiam, por exemplo, elaborar-se guias de feições geológicas observáveis nos monumentos de um determinado local (ver, por exemplo, WILLIAMS 2009 2012).

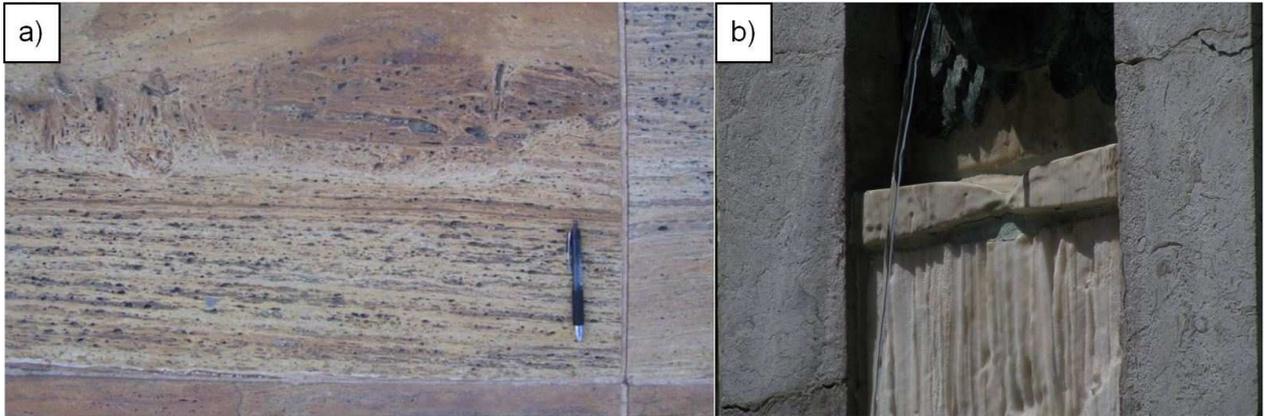


Figura 7 – Exemplos de observação de rochas carbonatadas numa cidade granítica (Porto): a) imagem do pavimento de travertino da Casa da Música; b) pedras carbonatadas (calcário e mármore) da estátua da Juventude (popularmente conhecida como "Menina Nua") situada na Avenida dos Aliados (reparar nos padrões de erosão associados com a circulação de água).

A Fonte do ídolo, em Braga, constitui um exemplo extremo e raro em que o objeto patrimonial é também um objeto geológico "in situ" e que pode portanto ser utilizado para o ensino da Geologia no seu contexto original. O exemplo da Fonte do Ídolo em Braga merece particular destaque uma vez que a musealização de elementos gravados numa porção rochosa (afloramento) do chamado granito de Braga permite a observação das características texturais e mineralógicas desta rocha, de estruturas geológicas (que foram aproveitadas para esculturas e inscrições), de processos de alteração natural e ainda da relação entre estruturas geológicas e uma nascente de água.

Os processos que ocorrem no ambiente construído podem ser utilizados como analogias de processos geológicos. Mas, como sempre, será recomendável ter um especial cuidado com as analogias, para evitar exemplos como alguns "vulcões" de gasosa, que podem servir para ilustrar reações químicas mas cuja utilização no ensino do vulcanismo requer um maior cuidado (e trabalho). Uma das situações com interesse é a formação de compostos cristalinos que permitem ilustrar conceitos relativos aos minerais (existe alguma polémica na consideração destes objetos como minerais; ver ALVES 2013 e as referências citadas nesse trabalho). Estes cristais não são observáveis à vista desarmada mas a utilização de métodos de microscopia (ótica ou eletrónica) permite ver formas semelhantes às encontradas nos minerais formados em outros ambientes. Uma situação com uma distribuição generalizada no património construído (ver ALVES 2010 e ALVES e SANJURJO-SÁNCHEZ 2015) é a formação de "estalactites" de carbonato de cálcio e a mesma serve para realçar o interesse mas também os riscos associados com a utilização destes produtos no ensino da Geologia. Se, por um lado estas ocorrências ilustram a deposição do carbonato de cálcio a partir de soluções, o mecanismo químico envolvido parece ser distinto daquele que é considerado para as regiões calcárias. Assim, as ocorrências destes depósitos carbonatados no ambiente construído são habitualmente atribuídas à reação (com o CO_2 atmosférico) dos iões OH^- resultantes do contacto das águas com o betão.

7. Considerações finais

Nesta secção deixam-se algumas linhas de síntese (e de balanço) da(s) problemática(s) considerada(s) em quatro linhas convergentes.

Em relação ao significado cultural, o conhecimento geológico permite identificar materiais não locais (indicando situações de transporte), mas a identificação do local de origem é, em termos estritos, impossível utilizando unicamente critérios geológicos. Por vezes encontram-se na mesma obra diferentes materiais com padrões de utilização específicos sugestivos de motivos subjacentes como a facilidade de processamento, a maior resistência ou critérios estéticos (mas o estabelecimento do motivo poderá ser objeto de polémicas).

O património construído serve como laboratório histórico em que os materiais são utilizados em condições reais de tamanho, forma e exposição (mas este conhecimento é afetado por lacunas mais ou menos críticas sobre a componente histórica pelo que os "ensaios" não são realizados em condições controladas).

A problemática da intervenção no património cultural é a mais próxima da perspetiva clássica da Geologia. A experiência sobre a caracterização de padrões resultantes da sobreposição de processos em condições de conhecimento limitado cria condições particularmente favoráveis para a contribuição dos estudos geológicos para a avaliação dos problemas que afetam os materiais do património construído e das estratégias a seguir (assim como das possíveis consequências das intervenções nos materiais e nos sistemas). Mas esta será também a problemática mais pluridisciplinar das consideradas, mostrando, nomeadamente, vários pontos comuns com a estrutura conceptual da investigação médica. A contribuição da Geologia será dificilmente suficiente (com a possível exceção da opção pela não intervenção).

Por último o património pode ser valorizado pela sua contribuição para a divulgação de conceitos geológicos em contextos académicos ou turísticos, quer em termos de objetos quer em termos de processos. Em relação aos objetos, é importante ter em consideração a sua ocorrência fora do contexto geológico original. Em relação aos processos, é recomendável ter cuidado com as analogias (identificando os elementos comuns com os processos geológicos mas também as diferenças).

O presente texto termina sugerindo que o prezado leitor corre o "risco" de encontrar alguma coisa geologicamente interessante em cada jornada que empreender no ambiente construído.

8. Agradecimentos

Estes trabalhos têm sido desenvolvidos no Departamento de Ciências da Terra no seguimento de uma linha de estudo dos processos de alteração iniciada pela Prof.^a M. A. Sequeira Braga.

Este trabalho insere-se nas atividades do Projeto Lab2PT- Laboratório de Paisagens, Património e Território - AUR/04509 que tem o apoio financeiro da FCT/MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC) e o cofinanciamento do Fundo Europeu de Desenvolvimento

Regional (FEDER), refª POCI-01-0145-FEDER-007528, no âmbito do novo acordo de parceria PT2020 através do COMPETE 2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI).

9. Referências bibliográficas

AIRES-BARROS, L. (2001). *As rochas dos monumentos portugueses: tipologias e patologias*. Lisboa: Instituto Português do Património Arquitectónico.

ALVES, C. (2010). "White" Crusts on Recent Buildings. *Materials Science Forum*, 636-637, 1300–1305. <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.636-637.1300>

ALVES, C. (2013). Geochemistry of the built environment: Alteration products of stony materials. In J.Sanjurjo-Sánchez, (Ed.) *Advances in Geochemistry Research* (pp. 27–58). New York: Nova Science Publishers.

ALVES C., BRAGA M.A.S., HAMMECKER, C. (1996). Water transfer and decay of granitic stones in monuments. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 323(série II a), 397–402

ALVES, C., & SANJURJO-SÁNCHEZ, J. (2015). Conservation of stony materials in the built environment. *Environmental Chemistry Letters*, 13(4), 413–430. <http://doi.org/10.1007/s10311-015-0526-2>

ALVES, C.A.S., MATIAS, J., ANTUNES, S. & GONÇALVES, J.C. (2002). Estudo da distribuição espacial de patologias em elementos graníticos do Mosteiro de São Martinho de Tibães, Braga. *Estudos/Património*, 3, 30–36.

BEGONHA, A. (2001). Meteorização do granito e deterioração da *pedra em monumentos e edifícios da cidade do Porto*. Porto: FEUP-Edições.

BONITO, J. (coord.) (2013). *Metas Curriculares Ensino Básico Ciências Naturais 5.º, 6.º, 7.º e 8.º anos*. Lisboa: Ministério da Educação e Ciência.

FERREIRA, N., DIAS, G., MEIRELES, C.A.P., & SEQUEIRA Braga, M.A. (2000). *Carta Geológica de Portugal na escala 1/50.000. Notícia Explicativa da Folha 5-D Braga*. Instituto Geológico e Mineiro: Lisboa.

FITZNER, B., & HEINRICH, K. (2002). Damage diagnosis on stone monuments—weathering forms, damage categories and damage indices. In R. Prikryl, H.A. Viles (Eds.), *Understanding and Managing Stone Decay* (pp. 11–56). Praga: The Karolinum Press.

MATIAS, J.M.S. (2001). *Padrões de deterioração em monumentos e edifícios graníticos da cidade de Braga (NW de Portugal): durabilidade dos granitos em obras de arquitectura*. Braga: Universidade do Minho,

MCPHEE, J. (1998). *Annals of the former world*. Nova Iorque: Farrar, Straus and Giroux.

MUÑOZ VIÑAS, S. (2005). *Contemporary theory of conservation*. Oxford; Burlington, MA: Elsevier Butterworth-Heinemann.

POPPER, K. (1966). *The Open Society and Its Enemies, Volume 2: Hegel and Marx*. Londres: Routledge.

POPPER, K. R. (1935). *The Logic of scientific discovery. Tradução inglesa de Logik der Forschung*. Londres: Routledge.

SANJURJO-SÁNCHEZ, J., ROMANÍ, J. R. V., & ALVES, C. (2012). Comparative analysis of coatings on granitic substrates from urban and natural settings (NW Spain). *Geomorphology*, 138(1), 231–242. <http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.09.008>

WILLIAMS, D. B. (2009). *Stories in stone: travels through urban geology*. Nova Iorque: Walker & Co.

WILLIAMS, D. B. (2012). *Cairns: messengers in stone*. Seattle: Mountaineer Books.