

Versão de autor (C. Alves) -
não é a versão final publicada.
A versão final pode ser encontrada:
<https://ch.guimaraes.pt/minutes/2chi>

This is an author version (C. Alves) and
not the final published version.
The final published version is available at:
<https://ch.guimaraes.pt/minutes/2chi>

PERSPETIVAS COMPLEMENTARES DE VALORIZAÇÃO DO PATRIMÓNIO EM
PEDRA EM ALMEIDA (DISTRITO DA GUARDA)

P. Pereira¹, L.F. Ramos², A. Freitas³, A. Cunha^{3,4}, C. Alves⁵

¹ Aluna do Mestrado em Geociências, Departamento de Ciências da Terra/Escola de Ciências da Universidade do Minho, Braga, Portugal, pereirasofiapaula@gmail.com

² ISE e Departamento de Engenharia Civil/Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, lramos@civil.uminho.pt

³ Departamento de Biologia/Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, Portugal, ajafreitas@esas.pt

⁴ CITAB, Universidade do Minho, Braga, Portugal, accunha@bio.uminho.pt

⁵ LandS/Lab2PT e Departamento de Ciências da Terra/Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, Portugal, casaix@dct.uminho.pt

ABSTRACT

Pode considerar-se que a sua situação da vila de Almeida está enquadrada dentro dos princípios que definem a área temática "Cidade do presente" deste congresso, apresentando um processo de perda por efeito de mudanças estratégicas nacionais, sofrendo, desta forma, de problemas semelhantes. Esta situação promove processos de abandono que podem ter implicações negativas para as povoações e para o cuidado do património histórico, potencialmente com efeitos negativos no ambiente natural circundante. Neste trabalho, com base no caso de estudo de Almeida, pretendemos apresentar e discutir algumas perspetivas de valorização do património em pedra complementares dos aspetos mais históricos e artísticos. A comunicação irá incidir sobre questões de Engenharia, materiais geológicos, processos análogos de processos geológicos, assim como o desenvolvimento de organismos no património construído. Poderão desta forma definir-se atividades dinamizadoras do ensino de vários níveis e da atração turística que, na sua generalidade são menos afetadas pelos problemas de sazonalidade.

INTRODUÇÃO

A vila de Almeida (distrito da Guarda, Portugal) situa-se dentro da antiga Fortaleza com o mesmo nome (para uma perspetiva geral ver <https://goo.gl/maps/1YqhiBFn85K2>). Pode considerar-se que a sua situação está enquadrada dentro dos princípios que definem a área temática "Cidade do presente" deste congresso, uma vez que experimentou um processo de perda não por efeito da desindustrialização mas por efeito da desmilitarização resultante de mudanças estratégicas nacionais, sofrendo, desta forma, de problemas semelhantes. O caso de Almeida pode considerar-se mesmo um exemplo extremo, uma vez que o processo de abandono resultou do fim da principal razão de ser deste agregado populacional (com o fim da utilização da Fortaleza de Almeida). Esta situação foi particularmente sublinhado no ano de realização deste Congresso (2017) com a questão do encerramento da agência da Caixa Geral de Depósitos, assunto que corre o risco de parecer pueril mas que salienta o extremo abandono destas porções do território. O abandono dos principais centros populacionais promove o abandono dos terrenos circundantes, situação que foi também salientada, neste mesmo ano, com a intensidade dos fogos florestais. O

problema dos fogos florestais mereceu referência e foi relacionada com a situação de abandono dos territórios numa publicação internacional como o *Financial Times*¹, certamente insuspeita de promover o intervencionismo estatal.

O turismo pode ser um importante fator de promoção da população e vários pontos relacionados com as atividades turísticas são salientados no *site* da Câmara de Almeida², incluindo aspetos gastronómicos e ligados ao património natural biológico (quer na perspetiva ecológica quer na perspetiva cinegética) e ao património construído. Todavia, informações sobre o contexto geológico são, como na generalidade dos *sites* dos Municípios Portuguesas, raras. Já existem algumas considerações (Firmino, 2015) sobre o potencial aproveitamento turístico de aspetos morfológicos dos maciços rochosos deste concelho, muros em pedra e as construções rurais em pedra numa povoação das proximidades, assim como vestígios de atividades extrativas do passado.

A valorização do património construído, juntando várias dimensões de interesse societário, pode ser um importante elemento promotor da luta contra o abandono e alavancador duma nova dinamização. Adicionalmente, podemos defender efeitos sinérgicos entre a fixação da população e a conservação do património construído, sendo o termo conservação aqui utilizado no sentido muito amplo referido por Muñoz-Viñas (2005), que inclui a preservação do estado atual, o restauro e outras possíveis atividades relacionadas.

No presente trabalho, com base em casos de estudo de Almeida, pretendemos apresentar e discutir algumas perspetivas de valorização do património em pedra complementares dos aspetos mais históricos e artísticos. A nossa discussão irá incidir em questões associadas com as estruturas, os materiais geológicos utilizados, análogos de processos geológicos e o desenvolvimento de organismos.

Estas questões serão discutidas em termos de possível valorização para material informativo e atividades, seja para perspetivas mais generalistas para o público em geral, seja em perspetivas educativas mais específicas desde o primeiro ciclo ao universitário avançado, (incluindo Doutoramento), em diversas áreas.

¹ <https://www.ft.com/content/54fa495c-8bdc-11e7-a352-e46f43c5825d>, consultada em 30 de agosto de 2017.

² <http://www.cm-almeida.pt/TUDOSOBREALMEIDA/Paginas/default.aspx>

Ainda que o estudo aqui apresentado seja em termos gerais para a vila de Almeida ele assenta essencialmente em observações realizadas nas galerias das chamadas portas de Santo António e de São Francisco³, nas cortinas dos muros de proteção da Fortaleza e no que resta do antigo castelo e na Igreja da Misericórdia.

A imagem da Fig. 1 ilustra o âmbito desta comunicação, onde é possível ter uma vista de uma parte da vila de Almeida “cercada” pela estrutura defensiva em pedra e com a observação de elementos biológicos sobre os elementos em pedra.

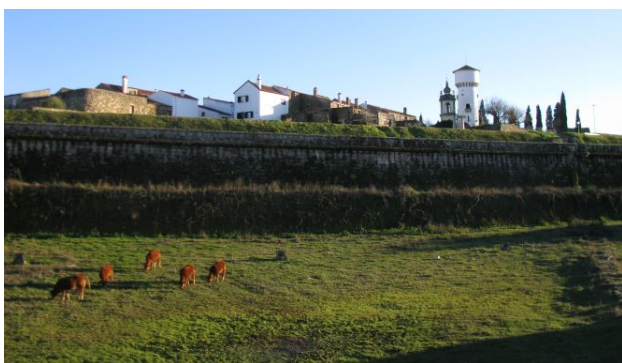


Fig. 1. Uma perspetiva da vila de Almeida ilustrativa do âmbito desta comunicação

A FORTIFICAÇÃO DE PEDRA

Com a crescente eficácia da utilização da pólvora a partir do século XVI, com o desenvolvimento de armas como a bombarda, as edificações militares com muralhas altas e finas caíram em desuso e a tecnologia de construção militar passou a dar lugar a fortalezas angulosas, de muralhas muito espessas, abaluartadas, com as cortinas do reparo entre estes, protegidas por revelins triangulares. Frequentemente as faces interiores e exteriores os baluartes possuíam revestimento com alvenaria, funcionando como espessíssimas muralhas salientes de aparelho duplo com enchimento, e nos revelins, terrosos, a face externa era também reforçada por alvenaria (Quinta, 2008). Naturalmente, depois da guerra da independência em 1640, aquando do início da construção da atual fortaleza de Almeida, na proximidade da fronteira com Espanha, estas soluções foram adotadas pelo governo e exército português (Quinta, 2008). O

³ Cada uma das quais tem galerias, vindo do exterior da Fortaleza, a primeira, é referido como porta do Revelim ou porta exterior (de Santo António ou São Francisco, conforme o caso), sendo a segunda referida como porta Magistral ou interior.

sistema construtivo optou pelas soluções mais eficazes em função da ameaça e naturalmente as alvenarias executadas, com a pedra granítica da região, foram sendo, ao longo dos séculos, sempre aparelhadas e argamassadas por forma a garantir a melhor estabilidade e resistência. A brutal espessura dos seus seis baluartes e seis revelins faz com que os paramentos das muralhas construídas nos seus limites se equiparem a muros de sustentação ou de suporte, devendo naturalmente este tipo de estrutura murária ser muito resistente para suportar toda a carga e enfrentar as ações bélicas. Assim, ao longo de três séculos, se foi construindo e moldando a icónica fortaleza, que observada de cima assume a forma de estrela de doze braços, classificada Monumento Nacional desde 1938.

No âmbito do Protocolo de Cooperação entre a Universidade do Minho e a Câmara Municipal de Almeida em torno da valorização e proteção da Fortificação Abaluartada de Almeida, no sentido de enriquecer as atividades de ambas as instituições, fortalecendo a ligação entre a universidade e a sociedade, ambas as instituições têm promovido a realização de dissertações de mestrado em Engenharia Civil relacionadas com a conservação e reabilitação das construções históricas de Almeida, usando-se, para tal, alguns dos edifícios existentes na fortaleza como casos de estudo. Foi o caso de três dissertações sobre os temas: “Avaliação Estrutural da Intervenção Estrutural do Quartel das Esquadras, Almeida”, realizada por Núñez-García (2015); “Inspeção e diagnóstico da Fortaleza de Almeida”, focada nas Portas Magistrais de São Francisco e Santo António, realizada por Barros (2016); e “A Porta de São Francisco em Almeida: modelação, análise e conservação”, por Arce-Campos (2016). Todos os estudos começaram com uma pesquisa histórica sob o ponto de vista construtivo e de utilização dos edifícios ao longo do tempo, dando especial atenção às alterações dos usos e dos impactes resultantes. Posteriormente foram utilizadas as mais avançadas técnicas de inspeção e diagnóstico estrutural, focando-se, essencialmente, na utilização de métodos não destrutivos, tais como levantamentos geométricos com varrimento laser e levantamentos fotogramétricos com o auxílio de drones, ensaios nas paredes de alvenaria e nas abóbadas com ondas elásticas sónicas e ultra-sónicas, ensaios de impacto-eco, ensaios com georadar, e recolha de pequenas amostras para ensaio em ambiente de laboratório. Especial cuidado foi dado ao levantamento e à análise das anomalias estruturais e construtivas para perceber o atual estado de conservação das

construções. Foram ainda realizadas análises estruturais recorrendo a avançadas técnicas de modelação numérica computacional no Quartel das Esquadras e na Porta de São Francisco. Para além da avaliação do seu nível de segurança estrutural, no primeiro edifício foi avaliado o impacto da intervenção recentemente proposta para a sua reabilitação e na Porta de São Francisco uma avaliação do impacte do dano por perda de material no intradorso das abóbadas na segurança global da construção. Todos os estudos terminaram com uma lista de recomendações para a conservação deste importante legado.

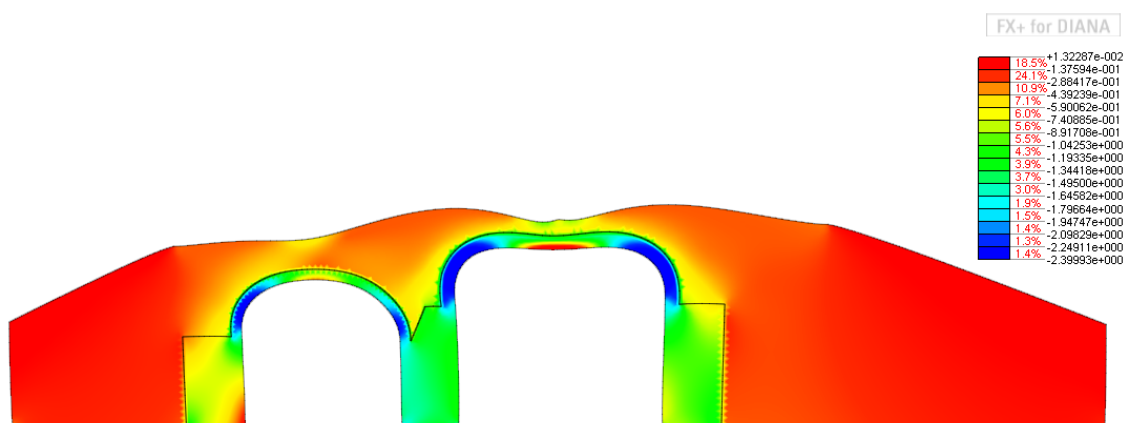


Fig. 2. Análise numérica das abóbadas da Porta Magistral de São Francisco. Retirado de Arce-Campos (2016).

MATERIAIS GEOLÓGICOS

Wærn & Wingårdh (2015) salientam o valor atribuído (referindo um "estatuto diferente") aos materiais naturais, *i.e.* materiais "retirados diretamente da natureza" que não sofreram complicados processos de transformação. As pedras são materiais geológicos que sofrem algumas modificações geométricas para serem utilizadas mas onde é possível reconhecer visualmente diversas características das rochas originais (ainda que o efeito de escala possa penalizar a observação de alguns deles). Sobre as pedras, estes autores (Wærn & Wingårdh, 2015) salientam que são mais símbolos do que materiais de construção dada a associação dos edifícios com as civilizações. Existem alguns exemplos de integração de aspetos geológicos do património construído em perspetivas turísticas (Siddall, 2014; Williams 2009,2012).

A vila de Almeida ocupa uma área que abrange rochas graníticas e metamórficas silicatadas (Cândido de Medeiros *et al.*, 1959). Dada a maior relevância do granito como material de construção, não foram feitos estudos de caracterização das rochas metamórficas. Todavia, podemos apresentar algumas especulações sobre a sua possível valorização das rochas metamórficas, referindo algumas tendências atuais para utilização deste tipo de rochas em obras de arquitetura, uma possível baixa radioatividade para as mesmas (ver Sanjurjo-Sánchez & Alves, 2017a), assim como a possível⁴ obtenção de agregados leves por expansão (um exemplo a partir de xistos pode ser observado em Smith, 1963). Ainda que a Geologia não seja uma área prioritária em termos de ensino, existem alguns profissionais desta área que poderão ser cativados (e posteriormente cativar outros) por alguns aspetos de Almeida (quer em termos de observação das características das pedras quer em termos da ilustração dos processos geológicos que será discutida na secção seguinte).

Como noutros povoados em Portugal, o granito é um material importante no ambiente construído da vila de Almeida (ainda que a maior parte das fachadas dos edifícios sejam rebocadas, a generalidade das mesmas apresenta alguns elementos em pedra nas portas e janelas), sendo mesmo material quase exclusivo nos pavimentos rodoviários e pedonais. A cobertura do *Google Maps/Street View* é um fator potenciador da apresentação de pontos de interesse facilmente consultados de uma forma interativa com instrumentos generalizados como os *smartphones* e, nesse sentido, constitui um interessante caso de estudo das potencialidades desta ferramenta informática.

Em relação aos granitos, a maior parte das pedras encontradas nas construções históricas correspondem a granitos com características semelhantes às dos granitos próximos da Fortaleza, granitos de grão médio a grosseiro, de duas micas (isto é, com os minerais biotite e moscovite⁵), com predominância da biotite (Fig. 3a). Ocorrências de granitos com características petrográficas distintas, visualmente significativas, podem ser encontradas nas estruturas construídas, o que pode valorizar a observação do património (em atividades lúdicas do tipo "descobrir as diferenças" ou "descobre o granito"). Entre esses outros granitos merecem particular destaque pedras graníticas mais finas e mais

⁴ Lembramos que estas são especulações não suportadas por estudos laboratoriais específicos das rochas metamórficas regionais

⁵ A biotite, mais escura, é por vezes referida como “mica preta” e a moscovite, mais clara, como “mica branca”.

claras que o granito local, que estão aplicado nas fachadas frontais (viradas para o exterior da Fortaleza) das portas magistrais de Santo António (Fig. 3b) e de São Francisco. A localização da porta magistral de Santo António pode ser vista em <https://goo.gl/maps/k3qBpJ8QRpA2> e a fachada frontal da mesma pode ser observada em <https://goo.gl/maps/hBvS6ozKdVo>. A localização da porta magistral de São Francisco encontra-se em <https://goo.gl/maps/7XgLGModmH82> e a fachada frontal da mesma pode ser vista através de <https://goo.gl/maps/qmdVbjfFGwD2>. Estas observações parecem sugerir padrões de distribuição dos tipos de rochas em função de parâmetros culturais (num sentido quer abrange diferentes momentos históricos, assim como perspetivas estéticas). Será ainda interessante fazer referência à utilização de um material granítico muito fino e claro (presumivelmente aplítico; Fig. 3c) que pode ser encontrado na porta da fachada principal da Igreja da Misericórdia (localização da Igreja da Misericórdia em Almeida em <https://goo.gl/maps/wAcScb7Rk6B2> e visão da referida porta em <https://goo.gl/maps/Y7VAAYBuqmN2>; o material mais claro é especialmente visível no lado esquerdo da porta).

Para além das atividades educativas associadas com a observação destes granitos, admite-se que a associação dos mesmos com elementos patrimoniais, nomeadamente aqueles mais ornamentais, pode ter o potencial para promover uma espécie de "efeito Carrara" e ajudar a valorizar a comercialização destes materiais geológicos. A extensa ocorrência de afloramentos graníticos nos arredores favorece o desenvolvimento de atividades extrativas. Na base de dados do "Cadastro de Pedreiras" da Direção-Geral de Energia e Geologia⁶ existem nove registos de pedreiras (todos relativos a "granito ornamental") no concelho de Almeida, quase todos (7) na freguesia de Malpartida (situada perto de 5 km a NE da vila de Almeida⁷), mas nenhuma das explorações desta base de dados apresenta o estatuto de "ativa".

Algumas das questões que podem perturbar a valorização da exploração destes recursos, para além das questões económicas que não serão discutidas aqui, dizem respeito aos aspetos ligados com a sustentabilidade, nomeadamente em termos de impacte no consumo energético relacionado com a eficiência térmica das habitações, assim como os possíveis riscos radiológicos associados com o uso das rochas graníticas.

⁶ <http://www.dgeg.pt?cn=8552AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA>

⁷ Ver <https://goo.gl/maps/mfnhBGRB5QG2>



Fig. 3. Imagens ilustrativas de tipos de granitos encontrados na vila de Almeida: a) granito porfiroide de duas micas, dominante nas estruturas estudadas b) granito mais fino e claro encontrado na porta Magistral de Santo António; c) pedra granítica muito clara e fina (possível aplito) na fachada principal da Igreja da Misericórdia.

Sanjurjo-Sánchez & Alves (2017b) discutem vários aspectos positivos, do ponto de vista da sustentabilidade, em relação à utilização das pedras em estruturas rurais (no sentido de estruturas de pequena dimensão). Poggi *et al.* (2015) referem que as simulações realizadas por estes autores mostram que as paredes em pedra (granito) forneciam níveis adequados de performance energética em termos de arquitetura vernacular e discutem procedimentos para obter um balanço energético quase nulo nas habitações (“Nearly Zero-Energy Building”).

Poderá colocar-se também a questão da presença de elementos radioativos, problema comum aos granitos e que pode ser agravada em pelo menos algumas das litologias desta região, considerando as ocorrências de mineralizações de urânio

registadas no SIORMINP⁸, assim como os dados de Lamas *et al.* (2015a,b). Todavia, o impacto desses elementos radioativos pode ser ultrapassado em função das condições de utilização, quer em termos de emissões de radão (Pacheco-Torgal 2012; Akbari *et al.* 2013) quer em termos de dose gama externa (Sanjurjo-Sánchez & Alves, 2017b). Todavia, tendo em consideração a diretiva europeia correspondente⁹, que indicam a necessidade de análises para rochas como os granitos antes da sua comercialização, sugere-se a necessidade de estudos de avaliação dos níveis de isótopos radioativos.

Concluimos esta seção referindo o potencial interesse de um levantamento de rochas não locais (aquilo que Hazen *et al.*, 2017, designam por “xenólitos antropogénicos”¹⁰) em termos educativos, uma vez que as mesmas permitirão aos alunos de Almeida a observação de algumas características de rochas distantes.

ANÁLOGOS DE PROCESSOS GEOLÓGICOS

A deterioração do edificado pode ser considerada um aspeto desvalorizador do ponto de vista turístico (Fonseca & Ramos 2012), mas pode, por outro lado, constituir um potencial ponto de interesse para certos públicos, como é ilustrado por Ruskin (1889). Do ponto de vista desta comunicação, será relevante destacar que a deterioração do edificado pode originar produtos relacionáveis com processos semelhantes nos maciços rochosos, e, quando afeta os rebocos das paredes, revelar materiais escondidos.

Após colocação nas estruturas construídas as pedras são afetadas por diversos processos de modificação (Fitzner & Heinrichs, 2002; ICOMOS-ISCS, 2008; Sanjurjo-Sánchez & Alves, 2011). Estes processos de alteração podem apresentar semelhanças com os processos de alteração dos maciços rochosos, e serem ilustrativos destes últimos, tais como a colonização pelos organismos (que será discutida na secção

⁸ <http://geoportal.lneg.pt/geoportal/egeo/bds/siorminp/>; para consultar as informações sobre as ocorrências registadas, selecionar o distrito da GUARDA em “Localização” e depois, em “Concelhos com Ocorrências”, selecionar “ALMEIDA”

⁹ Diretiva 2013/59/EURATOM do Conselho da União Europeia de 5 de dezembro de 2013, publicada no Jornal Oficial da União Europeia L 13/1 em 17/1/2014 e disponível em (versão em Língua Portuguesa)

http://www.comrsin.pt/images/DIRETIVA_2013_59_EURATOM.pdf

¹⁰ “anthropogenic xenolith” no original.

seguinte), os processos erosivos (com perda de material) e a formação de substâncias cristalinas (estes dois últimos pontos serão seguidamente discutidos).

Os processos erosivos implicam a perda de material podendo também implicar o arredondamento de blocos (como já é visível na Fig. 3b,c) e estão habitualmente associados com a presença de sais solúveis (ver revisão em Sanjurjo-Sánchez & Alves, 2011). As observações das imagens da Fig. 3b,c são sugestivas de potenciais relações entre os processos de erosão no património construído, com blocos de pedra entre juntas de argamassa, e os processos geomorfológicos relacionados com as diáclases (juntas) nos maciços graníticos. Estas observações poderão ser relacionadas com a análise de Firmino (2015) para aproveitamento turístico das morfologias dos maciços graníticos nas proximidades de Almeida.

Mas para além da comparação com os maciços rochosos, os efeitos da erosão têm interesse em si próprios, na perspectiva da caracterização da deterioração do património construído e da conservação do mesmo (admitindo que o diagnóstico deve preceder o tratamento). Nesse sentido, dos estudos realizados até ao momento em Almeida merecem particular destaque:

i) Os efeitos observados nas zonas de circulação das galerias em pedra das chamadas portas, nomeadamente por comparação com divisões abrigadas dessas mesmas estruturas. Os estudos realizados permitiram a identificação de eflorescências de sais solúveis (que serão discutidas mais adiante nesta secção) quer nas divisões abrigadas quer nas zonas de circulação das galerias das portas. Todavia, os efeitos erosivos atingem expressões significativamente mais acentuadas nas zonas de circulação. Essa observação pode ser explicada pelo modelo de balanço hídrico (ver Hammecker, 1995) que relaciona a cristalização de sais com as condições de secagem. A circulação de ar promove uma secagem mais acentuada (Hammecker, 1995) e isso pode promover a cristalização dos sais no meio poroso das pedras e conseqüentemente a erosão das mesmas. Adicionalmente poderão existir efeitos de erosão eólica.

ii) Os efeitos erosivos observados na Igreja da Misericórdia em pedras relativamente recentes, aspeto cuja investigação será especialmente interessante na avaliação das taxas de erosão, que é um dos aspetos menos conhecidos dos processos erosivos no património construído.

Numa outra perspectiva, é interessante referir processos de formação de cristais não controlados pelos seres humanos, análogos de alguns processos de formação de minerais, nomeadamente:

i) Deposição de carbonato de cálcio (análogo da calcite), que ocorrem nas galerias das portas de Almeida (Fig. 4a) e que mostram padrões relacionáveis com a circulação das soluções. Estes produtos são potencialmente ilustrativos dos processos de deposição de carbonatos fora do ambiente construído, nomeadamente em regiões calcárias (mas será conveniente ter em consideração algumas diferenças discutidas em Liu & He, 1998), constituindo uma oportunidade de observação dos mesmos. Adicionalmente, a distribuição destas ocorrências apresenta padrões potencialmente relacionáveis com características da estrutura construída e com a evolução desta.

ii) Eflorescências¹¹ de outros sais mais solúveis (Fig. 4b), análogos de minerais, alguns dos quais com uma distribuição relativamente restrita no ambiente não construído pelo ser humano, como são, por exemplo, os casos da aftitalite ($K_3Na(SO_4)_2$), da glauberite ($Na_2Ca(SO_4)_2$), do niter (KNO_3) ou da thenardite (Na_2SO_4)¹². Os cristais destas eflorescências são dificilmente observáveis a olho nu, mas alguns deles podem ser observados com um microscópio escolar. A observação dessas eflorescências com o microscópio eletrónico de varrimento permite obter imagens (Fig. 4c) e informações químicas que podem ser utilizadas como elementos ilustrativos (que podem constituir elementos expositivos no local da ocorrência dos sais).

Por último, e numa perspectiva mais específica e avançada, os vários processos aqui referidos para as galerias das portas constituem um potencial exemplo, facilmente acessível, para a ilustração dos procedimentos da cartografia geotécnica de túneis.

¹¹ Agregados de sais observados na superfície dos materiais.

¹² Se bem que a consideração dos cristais destas ocorrências como minerais não seja pacífica (ver Alves, 2017), utilizam-se os nomes correspondentes a associações de composição química e estrutura cristalina de minerais. As fórmulas químicas indicadas são da “American Mineralogist Crystal Structure Database”, descrita em Downs & Hall-Wallace (2003) e disponível em <http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php>

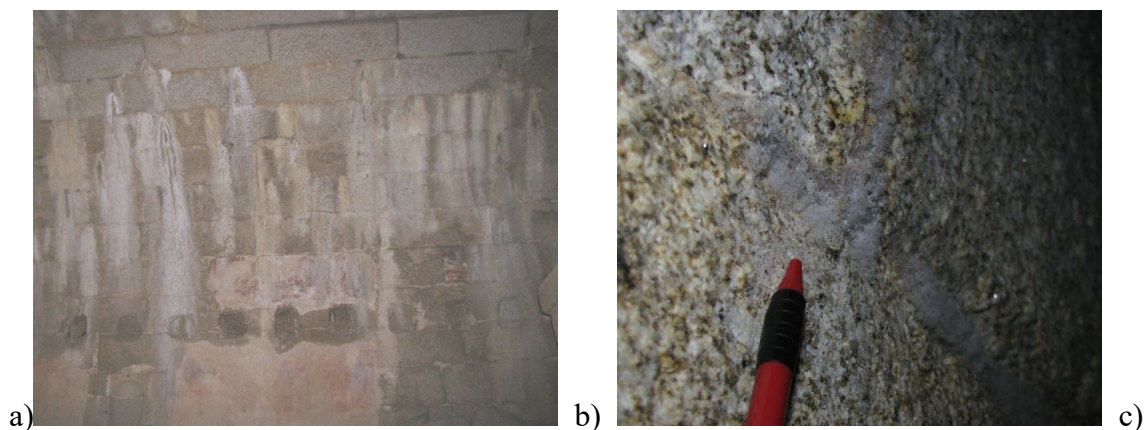


Fig. 4. Observação de processos de formação de produtos cristalinos no ambiente construído: a) depósitos de carbonato de cálcio; b) eflorescências de sais solúveis; c) estudo por microscopia eletrónica de varrimento de eflorescências salinas onde podem ser observados cristais com diversas formas numa área inferior a 1 milímetro quadrado.

BIOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A pressão urbanística nem sempre reserva os espaços verdes necessários para usufruto dos cidadãos. No entanto, os muros são omnipresentes em ambientes humanizados. De facto, estes surgem desde muito cedo na história da humanidade, em ambientes rurais, delimitando campos e propriedades e os primeiros povoamentos.

De acordo com Darlington (1981), os muros constituem mais de 10% da área habitável disponível numa cidade, o que lhes confere um elevado valor ambiental.

Há muitos tipos de muros, constituídos por variados materiais de construção, muitas técnicas, muitas gramáticas construtivas, de acordo com a localização, a duração pretendida, os materiais disponíveis, o preço, as funções. Há ainda que distinguir os muros de alvenaria seca, sem qualquer argamassa ou ligante a unir as pedras, e os muros de pedras argamassadas.

As argamassas podem ser fracas, como as constituídas por uma simples terra argilosa, saibro, ou por misturas desta com matérias orgânicas como o estrume, o sangue, óleos, ou mais fortes, quando a estas ou isoladamente se adiciona a cal (Paulo, 2006; Eires *et al.*, 2014). Ao longo do século XX assistiu-se a um crescente uso do cimento Portland, desenvolvido no século XIX, como argamassa na construção e manutenção dos muros (Teixeira e Belém, 1998). Sobre a tipologia dos muros e as gramáticas construtivas vale a pena a consulta de Casella (2003).

A colonização biológica da fortaleza de Almeida deverá ser quase tão antiga como a própria construção. De facto, ao fim de alguns anos, este tipo de estruturas começa por apresentar microrganismos litófilos e líquenes, ao que se seguem musgos, estabelecendo-se as primeiras plantas superiores, incluindo fetos, geralmente de pequeno porte, ao fim de 50 a 100 anos (Segal, 1969). Os líquenes são associações entre fungos e bactérias fotossintéticas ou cianobactérias (fotobiontes), os quais isoladamente não estariam em condições de prosperar na superfície da rocha, mas que juntam as suas forças e fraquezas para colonizar com sucesso ambientes muito agrestes como as superfícies rochosas. Há diversos tipos de líquenes, podendo ser classificados nos diferentes morfotipos - crustáceos, foliáceos e fruticulosos -, de acordo com a forma e estrutura do seu talo. Na Fig. 5 é possível observar líquenes da espécie *Xanthoria elegans* numa fachada da vila de Almeida.



Fig. 5. Exemplo de líquenes (*Xanthoria elegans*) em fachada da vila de Almeida.

Os musgos constituem um grupo muito antigo e primitivo de plantas, actualmente com mais de 14.000 espécies. A sua presença nos muros pode incluir já diferentes espécies ao fim de 4 ou 5 anos, em ambientes não muito secos, e inicialmente em superfícies rochosas horizontais, onde se acumulam mais facilmente as poeiras que ajudam a constituir o solo incipiente de que estes organismos necessitam (Darlington, 1981). Estes musgos e líquenes saxícolas, isto é, que habitam na superfície da rocha, interferem com esta, retirando dela minerais essenciais, graças a secreções ácidas que atacam os substratos. Simultaneamente criam condições que permitem que alguns pequenos animais, artrópodes, moluscos, e outros, possam já encontrar alimento e abrigo nestas superfícies rochosas anteriormente inóspitas (Sousa *et al.*, 2005).

As plantas superiores demoram geralmente mais tempo a instalar-se já que a sua ocorrência depende não só da existência de fraturas, anfractuosidades (onde se desenvolvem, por exemplo, rizomas de fetos) mas também da presença de um solo/substrato mais estruturado e consistente, de um meio por onde as raízes possam desenvolver-se e fixar-se que seja igualmente uma fonte de nutrientes e de água (Presland, 2008; Pocock, 2008). Assim, as plantas superiores instalam-se nas juntas dos muros argamassados, após as argamassas terem evoluído o suficiente para alcançar este estado de menor dureza e de alguma meteorização, ou usando um termo mais técnico depois de as argamassas terem adquirido bioreceptividade (Guilliete, 1995). Bioreceptividade, na definição deste autor, é a totalidade das propriedades do material que contribuem para o estabelecimento, ancoragem e desenvolvimento de fauna e/ou flora. Efetivamente, a presença de plantas numa estrutura complexa como uma muralha

depende, geralmente, não apenas da presença e propriedades de um material de suporte, mas do conjunto de condições que resultam da interação de todos os materiais, e da forma com estão dispostos na estrutura, ou seja, da bioreceptividade estrutural (Freitas, 2006).

As argamassas mais resistentes são as argamassas de cal e o cimento Portland. Estas argamassas, ricas em cálcio, apresentam-se bastante alcalinas, em novas, e a sua alcalinidade (pH) vai decaindo com o tempo para valores mais aceitáveis para algumas espécies de plantas.

Assim, na fortaleza de Almeida, pese o facto de as muralhas serem constituídas por rochas graníticas da região, rochas ácidas pelo seu elevado teor em sílica, e dos solos envolventes serem também eles ácidos, já que resultam da evolução das rochas regionais, as plantas superiores que habitam nos paramentos das muralhas são frequentemente basófilas e calcícolas (já que se especializaram em meios alcalinos ricos em cálcio). Não habitam a superfície das rochas, como os líquenes e os musgos, mas as juntas, pelo que se designam de casmófitas. Na Natureza estas plantas encontram-se em regiões calcárias, sendo rupícolas, isto é, crescendo nas fendas de rochas de reacção alcalina, como os calcários. Assim, em Almeida e numa multiplicidade de outros sítios e monumentos em Portugal e no mundo, temos edificações graníticas colonizadas por plantas das regiões calcárias. Tal implica que estas plantas possuam propágulos (ex. sementes) facilmente transportáveis a grandes distâncias e, de facto, a maioria das espécies de plantas que colonizam os muros possuem sementes pequenas e leves e facilmente dispersáveis pelo vento (anemocoria) (Lisa & Pascini, 1993). Há, no entanto, plantas superiores, colonizadoras de muros e monumentos, que sendo encontradas em rochas calcárias são também passíveis de serem encontradas em rochas ou solos ácidos, já que se mostram algo indiferentes à reacção do solo ou à quantidade de cálcio que eles apresentam. É o caso duma espécie casmófita encontrada nas muralhas da fortaleza de Almeida, *Umbilicus rupestris* ou umbigo-de-Vénus (Fig. 6) e de *Parietaria judaica* ou alfavaca-de-cobra e *Phagnalon saxatile* ou alecrim-dos muros, esta última nesta região muitas vezes interessante e intimamente associada a *Rumex scutatus* subsp *induratus* ou azeda-das-paredes, uma espécie comestível e muito diferente da sua associada. Estas espécies encontradas em edificações graníticas, estando entre as plantas recordistas de valores de pH no extremo alcalino habitável (cerca de 9) são encontradas em habitats

com pH tão baixo como 4,5 a 5,5 (Freitas, trabalho em curso) fazendo delas verdadeiras maravilhas da fisiologia vegetal, vivendo bem em mundos antagónicos que exigem respostas fisiológicas e adaptativas muito diferentes. Algumas espécies casmófitas são encantadoras pelas suas pequenas, mas múltiplas e duráveis flores e algumas possuem um histórico de utilização na medicina popular, sendo estudadas pelos seus compostos bioativos. Possuem ainda diferentes e interessantes estratégias para lidar com o excesso de cálcio nas argamassas, (Freitas, trabalho em curso). Raramente competem entre si.



Fig. 6. Exemplo de planta casmófito no património construído da vila de Almeida (*Umbilicus rupestris* ou umbigo-de-Vénus)

Em Portugal são raros os estudos da flora dos muros e mais raros ainda os levantamentos da flora das fortalezas e das muralhas. Essa situação é ainda mais de estranhar quando se atenta ao elevado número de fortalezas medievais e elevada biodiversidade de Portugal. Entre as raras exceções encontramos o trabalho de Mouga & Almeida (1997) que fizeram o levantamento quantitativo e qualitativo da flora das muralhas de Conímbriga, focando embora o seu controlo e eliminação.

Não há informação disponível sobre a vegetação que povoa as muralhas, por exemplo, da fortaleza de Valença, de Elvas, Marvão ou de Almeida, quatro fortalezas que apresentaram uma candidatura conjunta a património mundial pela UNESCO. Encontram-se alguns levantamentos florísticos, das diversas regiões do país, mas, por regra, limitam-se a fazer esses levantamentos na área das povoações, as quais podem incluir algumas plantas encontradas nas muralhas ou fortificações.

Internacionalmente a situação pode ser semelhante ou diferente, de acordo com a zona do globo em concreto. A título de exemplos podemos citar o caso do estudo da flora das muralhas e Catedral de Sevilha feito por Ortega *et al.*, (1988) para as quais citam 47 espécies, e o caso do estudo da vegetação da magnífica muralha romana de Lugo (Galiza) feita por Bujan *et al.* (1998) que conta com 108 espécies. No Reino Unido é de citar o levantamento feito por Gilbert (1996) de 11 cidades britânicas muralhadas. De referir a paixão britânica pelo estudo e conservação dos muros antigos, defendidos por lei, e da sua flora, referindo como exemplo a concorrida Sociedade Britânica de Liquenologia <http://www.britishlichensociety.org.uk/activities/churchyard-survey/churchyard-lichens>, com cerca de 650 membros (em Portugal as informações apontam para a existência de poucos especialistas e curiosos), a somar às muitas associações que, por todo o Reino Unido, se dedicam à conservação e restauro dos muros antigos e à identificação e conservação da sua flora e fauna. De salientar ainda as informativas publicações sobre a vegetação dos muros disponibilizadas pela *English Heritage*, como é o caso de http://www.english-heritage.org.uk/content/learn/conservation/2544404/LAN_-_Vegetation_on_walls.pdf, onde se realçam as suas múltiplas vantagens e desvantagens. Isto por parte de uma associação que gere mais de 400 sítios históricos, mantida com as contribuições públicas e de milhares de associados particulares.

O reduzido número de estudos encontrado entre nós justifica-se, entre outras razões, pela ideia de que a vegetação dos muros e dos monumentos é perniciosa, inestética, indesejável, uma contrariedade, onde plantas invasoras conspurcam e estragam a alvenaria histórica. Esta visão redutora assenta no princípio de que os paramentos não foram feitos para serem colonizadas e habitados. No trabalho de Quinta (2008), a autora cita as múltiplas e sucessivas épocas de construção da fortaleza que se sucederam ao longo de 3 séculos e também as obras de restauro e reabilitação que decorreram nas décadas de 30 até à década de 90 do século passado. Em todas são referidos os trabalhos de limpeza e arranque de ervas. Este tipo de “limpeza” é habitualmente executada sem qualquer critério, tratando por igual todas as espécies de plantas encontradas, removendo aquelas que, pelo seu porte e desenvolvimento, podem ser efetivamente prejudiciais às construções, mas não poupando também as verdadeiras plantas casmófitas que, já que os muros são ambientes extremos, estando sujeitos a

grandes flutuações térmicas e hídricas, são de pequeno porte e essencialmente herbáceas, não constituindo geralmente um perigo real para as edificações (Honeyborne, 1990). Pelo contrário, estas plantas, juntamente com os líquenes, conferem um carácter de vetustez, uma sensação de autenticidade, contrária à que se experimenta quando, após uma limpeza drástica, o monumento se apresenta como se fosse acabado de construir. É também necessário atender à presença de espécies raras, olhando para estes habitats também como locais com potencial interesse do ponto de vista da conservação dos recursos biológicos. É inegável que frequentemente surgem situações de elevado desenvolvimento de plantas (Fig. 7) e que podem ocorrer espécies com potencial destrutivo, como as figueiras (a partir de sementes transportadas pela avifauna), silvas e heras, estas ancoradas no solo, chegando a encontrar-se árvores de grande porte a crescer em cima de muros que permaneceram demasiado tempo sem os cuidados adequados, em monumentos com milhares de anos, ou onde climas tropicais facilitaram a degradação e a formação de solo atingiu níveis muito intensos (Pocock, 2008).



Fig. 7. Colonização excessiva de uma zona das cortinas da Fortaleza de Almeida.

A vegetação vigorosa pode alavancar e deslocar pedras, as raízes podem penetrar muito para o interior das estruturas, a vegetação quando seca e abundante é inestética e pode mesmo arder, com sérios riscos para o monumento (Mishra *et al.*, 1995; Lisci *et al.*) mas só a falta de conhecimentos e estudo detalhado, assim como a falta de enquadramento legal, permitem que se tratem todas por igual.

Importa também ter em conta que as plantas são apenas uma, entre as muitas ameaças, sendo muitas vezes listadas com um grau de ameaça inferior, por exemplo, ao

da circulação da água (Sousa, 2005), quer descendente, quer ascendente, por percolação, a qual controla, aliás, a colonização biológica.

A velocidade a que as sucessões ecológicas evoluem nos monumentos varia de acordo com uma multiplicidade de fatores edáficos, como as características e localização da estrutura e na estrutura, sendo o clima, e em especial a disponibilidade de água, determinantes (Gilbert, 1996). As propriedades dos materiais e estruturas vão-se modificando ao longo do tempo e a bioreceptividade pode ir aumentando ou diminuindo para uma determinada espécie ou grupo de espécies, continuando a dar-se uma progressão na sucessão biológica, em que a presença de certas espécies modifica o meio, criando condições para a colonização do material local por parte de espécies mais exigentes. Para além disso há variações sazonais bastante marcadas, fenológicas, nomeadamente com plantas anuais e vivazes, que tornam os muros diversos ao longo das estações do ano.

Dois dos fatores preponderantes na determinação das espécies dominantes num muro ou muralha são a orientação geográfica e a natureza da argamassa. Quinta (2008) refere que durante obras de restauro e reabilitação no século XX, operações de refecimento das juntas, ora com argamassas de cal hidráulica ora com cimento, conforme a conveniência e o estado dos conhecimentos sobre restauro e conservação à época. Em Almeida seria de todo o interesse estudar a relação entre o tipo de argamassa encontrado nas juntas de partes da fortaleza e o tipo (ex. espécies dominantes) e intensidade da colonização biológica. Tal como foi efectuado por Pocock (2008) para a muralha romana de Silchester (Reino Unido), a cartografia das argamassas sobreposta à das espécies colonizadoras poderia revelar dados bem úteis e interessantes. O mesmo se poderia dizer para a relação entre a orientação geográfica dos paramentos e as espécies presentes. Outra observação e estudo de relevo seria o de comparar a vegetação instalada nas superfícies horizontais com a das superfícies verticais, e dentro desta última na zona superior, média e inferior, que podem apresentar significativas variações (Segal, 1969; Darlington, 1981). Nas superfícies verticais o número é habitualmente mais reduzido. Nedelcheva & Vasileva (2009) encontraram 144 espécies nos muros de Malta, mas 30 destas espécies apenas nas superfícies verticais. Muitas vezes, no entanto, aí o número de espécies não ultrapassa as 15 (Segal, 1969).

O estudo do número e origem das espécies encontradas na fortaleza e a sua evolução ao longo do tempo seria um bom começo. O número de espécies encontrado nos muros é muito variável, podendo atingir as centenas, sendo a sua biodiversidade em geral muito elevada (Láníková & Lososová, 2009). No entanto, a maioria das espécies pode ser considerada de caráter incidental, muitas fugidas de áreas de cultivo, muitas exóticas (Duchoslav, 2002).

Ainda de interesse será avaliar a relação entre a acessibilidade das raízes das plantas ao solo contido entre os paramentos de baluartes e revelins e a colonização biológica observada. Finalmente, e sem esgotar os motivos de estudo e investigação, contrariamente ao imaginado, o número e importância das espécies de anfíbios, de répteis e de aves e de outros pequenos animais que se abrigam nestas estruturas (quando não “esterilizadas”, por exemplo pela aplicação indiscriminada de pesticidas) é também muito elevado e merece atenção e proteção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há um enorme potencial de informação no ambiente construído da Vila de Almeida, a aguardar estudos científicos detalhados, cujos resultados simplificados poderão ser apresentados em prospectos e desdobráveis, ensinados nas escolas locais, fornecidos em *sites* da *web* ou no turismo, com valorização das múltiplas vertentes e relações entre o património almeidense, construído e natural, a bem da sua conservação e divulgação. Estes procedimentos terão certamente impactes positivos na educação cívica e ambiental fomentando o turismo verde e do património e ainda, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre estes sistemas tão peculiares.

AGRADECIMENTOS

Esta comunicação foi desenvolvida no âmbito de atividades financiadas por Fundos Europeus de Investimento através do FEDER/COMPETE/POCI - Programa de Competitividade e Internacionalização, e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia; financiamento concedido às unidades:

- Lab2PT-Laboratório de Paisagens, Património e Território, projeto POCI-01-0145-FEDER-007528 e UID/AUR/04509/2013;

- CITAB - Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas, projeto POCI-01-0145-FEDER-006958 e UID/AGR/04033/2013;

- ISISE – ISISE – Instituto para a Sustentabilidade e Inovação em Engenharia Estrutural, projeto POCI-01-0145-FEDER-007633 e UID/ECI/04029/2013.

Agradecimentos são igualmente devidos à Câmara Municipal de Almeida pela colaboração prestada na realização deste trabalho, nomeadamente pela criação de condições de alojamento aos investigadores e pela amável ajuda dos seus colaboradores, nomeadamente Dra. Paula Sousa, Eng^a Lénia Fortunato e Diana Garcia.

Agradecimentos também a Flávio Dias pela colaboração na realização do trabalho de campo.

REFERÊNCIAS

AKBARI, K.; MAHMOUDI, J. e; GHANBARI, M. (2013) Simulation of ventilation effects on indoor radon. *Managem Environ Quality Intern J*, 24, 394–407.

ALVES, C. (2017). *Geoscience of the Built Environment: A Contribution for the Perspectives on the Anthropocene*. In *Horizons in Earth Science Research*, Volume 17, Veress, B. Szigethy, J. (Eds.). Hauppauge, EUA: Nova Science Publishers, Inc.

ARCE-CAMPO, A. (2016). *The São Francisco portal in Almeida: modelling, analysis and conservation*, Dissertação de Mestrado em Análise Estrutural de Monumentos e Construções Históricas, Universidade do Minho, <http://hdl.handle.net/1822/42852>

BUJAN M.; DIAZ, A.; CASCUDO, A.; IGLESIA, A. e; RIGUEIRO, A. (1998). Floral composition and occurrence of weeds on the old ramparts of Lugo (Galicia, Spain). *Comptes-rendus 6ème symposium Méditerranéen EWRS*, Montpellier, France, 13-15 Mai 1998. pp. 221-222 Maillet J. ed.

CÂNDIDO DE MEDEIROS, A.; PILAR, L. e; TEIXEIRA LOPES, J. V. Revisão por TEIXEIRA, C. (1959). *Carta geológica de Portugal na escala 1:50 000, Folha 18-B, Almeida*. Lisboa, Portugal: Serviços Geológicos de Portugal.

CASELLA, G. (2003). *Gramáticas de Pedra, Levantamento de Tipologias de Construção Murária*. Ed. Centro Regional de Artes Tradicionais, Porto.

DARLINGTON, A. (1981). *Ecolgy of Walls*. Heinemann Educational Books, 138 pp.

DOWNS, R.T. e; HALL-WALLACE, M. (2003). *The American Mineralogist Crystal Structure Database*. *Am Mineral*;88:247-250.

- DUCHOSLAV, M. (2002). Flora and vegetation of stony walls in East Bohemia (Czech Republic). *Preslia*, Praha, 74: 1–25.
- EIRES, R.; CAMÕES, A. e; JALALI, S. (2014). Materiais e técnicas antigas para melhorar a durabilidade dos edifícios em terra. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis 5, 6 e 7 de março de 2014. Guimarães, Portugal
- FIRMINO, A. (2015). Stones: Functionalities and sustainable landscapes. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(3), 189-196.
- FITZNER, B. e; HEINRICHS, K. (2002). Damage diagnosis on stone monuments – weathering forms, damage categories and damage indices. Understanding and managing stone decay, Prikryl R, Viles HA (ed), The Karolinum Press, p. 11–56. Disponível (setembro 2017) em http://www.stone.rwth-aachen.de/decay_diagnosis.pdf
- FONSECA, F.P. e; RAMOS, R.A.R. (2012). Heritage Tourism in Peripheral Areas: Development Strategies and Constraints, *Tourism Geographies*, 14:3, 467-493.
- FREITAS, A. (2006). Colonização de muros antigos da cidade de Braga por *Trachelium caeruleum* L.: um estudo de bioreceptividade e adaptação. Dissertação de mestrado, U.Minho. <http://hdl.handle.net/1822/7383>
- GILBERT, O. (1996). Rooted in Stone: The Natural Flora of Urban Walls. English Nature. Peterborough.
- GUILLETTE, O. (1995). Bioreceptivity: A new concept for building ecology studies. *The Science of the Total Environment* 167, 215-220.
- HAMMECKER, C. (1995). The importance of the petrophysical properties and external factors in the stone decay on monuments. *Pure and Applied Geophysics* 145:337-361.
- HAZEN, R. M., GREW, E. S., ORIGLIERI, M. J. e; DOWNS, R. T. (2017). On the mineralogy of the “Anthropocene Epoch.” *American Mineralogist*, 102(3), 595–611.
- HONEYBORNE, D. (1990). Weathering and decay of masonry. *In* Ashurst J, Dimes F (Eds.). *Conservation of Building and Decorative Stone* 1, Butterworth, Guildford, UK, 153-184.
- ICOMOS–ISCS/ International Council on Monuments and Sites - International Scientific Committee for Stone/ (2008). Illustrated glossary on stone deterioration patterns/ Glossário Ilustrado das Formas de Deterioração da Pedra (Versão Portuguesa patrocinada pelo ICOMOS Portugal). Disponível (setembro 2017) em http://iscs.icomos.org/pdf-files/Portuguese_glossary.pdf

- LAMAS, R.; MIRANDA, M.; NEVES, L.J.P.F. e; PEREIRA, A.J.S.C. (2015b). Radiogenic heat production from a deep borehole in the Beiras Granite (Almeida, Central Portugal). *Energy for Sustainability 2015 Sustainable Cities: Designing for People and the Planet*, Coimbra, 2015, pp. 1-5.
- LAMAS, R.; PEREIRA, A. E. e ; NEVES, L. (2015a). Avaliação do potencial de exalação em gás radão e atividade em ^{226}Ra em rochas graníticas hercínicas de uma sondagem profunda (Almeida - Portugal Central). *Comunicações Geol*, 102(1), 71-74
- LÁNÍKOVÁ, D. e; LOSOSOVÁ, Z. (2009). Rocks and Walls: Natural Versus Secondary Habitats. *Folia Geobot* 44, 263-280.
- LISA, M. e; PACINI, E. (1993). Plants Growing on the Walls of Italian Towns.1. Sites and Distribution. *Phyton* (Horn, Austria) 33, 1, 15-26.
- LISCI, M.; MONTE, M.; PACINI, E. (2003). Lichens and higher plants on stone: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation* 51, 1-17.
- LIU, Z. e; & HE, D. (1998). Special speleothems in cement-grouting tunnels and their implications of the atmospheric CO₂ sink. *Environmental Geology*, 35(4), 258–262.
- MISHRA, A.; JAIN, K. e; GARG, K. (1995). Role of higher plants in the deterioration of historic Buildings. *The Science of the Total Environment* 167, 375-392.
- MOUGA, T. e; ALMEIDA, M. (1997). Neutralisation of Herbicides. Effects on Wall Vegetation. *International biodeterioration & Biodegradation*, 40, 24, 141-149.
- MUÑOZ-VIÑAS, S. (2005). *Contemporary Theory of Conservation*. Oxford, RU: Elsevier.
- NEDELICHEVA A, VASILEVA A (2009). Vascular plants from the old walls in Kystendil (southwestern Bulgaria). *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 23, 1, 154-157.
- NÚÑEZ-GARCÍA, M. (2015). Evaluation of structural intervention in the Quartel das Esquadras, Almeida. Dissertação de Mestrado em Análise Estrutural de Monumentos e Construções Históricas, Universidade do Minho, <http://hdl.handle.net/1822/43848>
- ORTEGA, J.; APARICIO, M. e; GARCIA, J. (1988). Biodeterioration of the Cathedral of Seville. Acts from VIth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Torun. 1-8.
- PACHECO-TORGAL, F. (2012). Indoor radon: An overview on a perennial problem. *Build Environ.*, 58:270–277.

- PAULO, R. (2006). Caracterização de Argamassas Industriais. Dissertação Universidade de Aveiro, Dep. De Eng. Cerâmica e do Vidro.
- POCOCK, C. (2008). An investigation into plant species composition on the Roman wall in Silchester, Hampshire, UK. *Geoverse*, 1-18.
- POGGI, F.; FIRMINO, A. M. V.; AMADO, M. P. e; PINHO, F. F. S. (2015). Natural stone walls in vernacular architecture: what contribution towards Rural nZEB concept?" *Bulletin de la Société Géographique de Liège*. 65, 51-66.
- PRESLAND, J. (2008). The Flora of Walls: dry stone versus mortared. *BSBI News* 108, 7-11.
- QUINTA, A. (2008). A Fortaleza de Almeida – Uma perspectiva arquitectónica. Edição Câmara Municipal de Almeida.
- RUSKIN, J. (1889). *The Seven Lamps of Architecture*. Kent, RU: George Allen.
- SANJURJO-SÁNCHEZ, J. e; ALVES, C. (2011). Decay effects of pollutants on materials applied in the built environment. In *Environmental chemistry for a sustainable world, Vol 2: remediation of air and water pollution*, pp 47–121. Lichtfouse, E., Schwarzbauer, J., Robert, D. (Eds) E, , Berlim, Alemanha: Springer
- SANJURJO-SÁNCHEZ, J. e; ALVES, C. (2017a). Geologic materials and gamma radiation in the built environment. *Environmental Chemistry Letters*.
- SANJURJO-SÁNCHEZ, J. e; ALVES, C. (2017b). Sustainability of stone materials in the built environment of rural regions: a review. *Cad. Lab. Xeol. Laxe*, 39, 141-164.
- SEGAL, S. (1969). *Ecological Notes of Wall Vegetation*. Junk: The Hague, 353 pp.
- SIDDALL, R. (2014). Luxury lithics: decorative stone on bond street. *Urban Geology in London* No. 16. <http://www.ucl.ac.uk/~ucfbrxs/Homepage/walks/BondStreet.pdf>.
- SMITH, C.E. (1963). Lightweight-aggregate industry in Virginia. *Virginia Minerals*, 9(3), 1-6, https://www.dmme.virginia.gov/commercedocs/VAMIN_VOL09_NO03.pdf
- SOUSA, V.; PEREIRA, F. e; BRITO, J. (2005). Rebocos Tradicionais: Principais Causas de Degradação. *Engenharia Civil* 23, 5-18, UM.
- TEIXEIRA, G.; BELÉM, M. (1998). *Diálogos de Edificação, Estudo de Técnicas Tradicionais de Construção*, 3ª edição. CRAT- Centro Regional de Artes Tradicionais, Porto.

WÆRN, R. e; WINGÅRDH, G. (2015). What is architecture? and 100 other questions. Tradução para língua inglesa de “Vad är arkitektur och 100 andra jätteviktiga frågor” (KRAUSE, J., Trad.). Londres: Laurence King.

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

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