

Água-doce, água-salgada: património arqueológico em risco, num clima em mudança

Diniz, Mariana; Freitas, M^a.Conceição; Carvalho, Daniel, Almeida, Rui; Capelo, Jorge; Carvalho, Rosário; Carvalho, Palmira; Costa, Ana; Freitas, Joana; Garcia, César; Neves, César; Viegas, Catarina

Centro de Arqueologia da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa - UNIARQ

Sumário executivo

Perante os riscos ambientais que o Património Arqueológico enfrenta, agravados no quadro das alterações climáticas e dos eventos extremos, o projecto Água Doce/Água Salgada, seleccionou dois casos de estudos, o sítio de Vila Nova de São Pedro (VNSP) (Azambuja), ocupado ao longo do 3º milénio AC, e o sítio de Loulé Velho (LV) (Loulé), ocupado durante o período romano, cujas estruturas arquitectónicas estão respectivamente expostas, aos impactos da vegetação autóctone invasiva e das águas pluviais e aos fenómenos agravados de erosão costeira. Os trabalhos de campo, realizados por uma equipa multidisciplinar, concluem que as muralhas de calcário de VNSP estão severamente ameaçadas pela vegetação de tipo arbustivo e apesar da qualidade do ar – demonstrada pela variedade de líquenes no local – a degradação das estruturas pelo efeito das chuvas é visível. Em LV, o avanço rápido das águas do mar ameaça as estruturas que ainda restam do sítio, em risco de total desaparecimento.

Recomendações

- Monitorização periódica dos sítios, com controle (físico e químico) da vegetação;
- Acções de conservação/restauro sobre as estruturas arquitetónicas de pedra em risco de erosão;
- Monitorização da evolução da linha de costa em Loulé Velho;
- Acções de protecção das ruínas de Loulé Velho.

Destinatário(s) do policy brief

Ministérios, nomeadamente Cultura - PC, IP, Economia e Coesão Territorial, Educação, Ciência e Inovação – Secretaria de Estado da Ciência e Inovação; Comissões Coordenadoras de Desenvolvimento Regional (CCDR Lisboa e Vale do Tejo; CCDR Algarve), Câmara Municipal da Azambuja e Câmara Municipal Loulé e respectivas Juntas de Freguesia.

Introdução e Enquadramento do Problema

Pretende-se com este projecto monitorizar, em sítios arqueológicos, o impacto das alterações climáticas em curso, em particular o provocado pelos efeitos das águas da chuva e das águas do mar, obtendo informação multidisciplinar que permita antecipar cenários e riscos futuros,

contribuindo para a definição das melhores políticas de minimização de impactos, sobre o património. **ÁGUA DOCE/ÁGUA SALGADA – PATRIMÓNIO E RISCO CLIMÁTICO** da responsabilidade de Mariana Diniz e Maria Conceição Freitas, da Universidade de Lisboa



seleccionou dois casos de estudos, o sítio de Vila Nova de São Pedro (VNSP) (Azambuja), ocupado ao longo do 3º milénio AC, e o sítio de Loulé Velho (LV) (Loulé), ocupado durante o período romano, cujas estruturas arquitectónicas estão expostas, aos impactos da vegetação autóctone invasiva e das águas pluviais e aos fenómenos agravados de erosão costeira.

Os dois casos de estudo seleccionados: o povoado calcolítico de Vila Nova de São Pedro (Azambuja), monumento nacional desde 1971, e o sítio romano de Loulé Velho (Loulé), com diferentes localizações geográficas funcionam como pontos privilegiados de observação e laboratórios de ensaio de protocolos de salvaguarda de sítios sob ameaça. Água-doce, água-salgada: património arqueológico em risco, num clima em mudança assume-se assim como um projecto multidisciplinar que combina arqueólogos, geólogos e biólogos, com uma agenda comum na procura de conhecimento científico que permita enfrentar os desafios imensos que as alterações climáticas colocam aos sítios arqueológicos. A partir de uma metodologia global que implica

trabalho de campo, trabalho de laboratório e de arquivo, constrói-se um diagnóstico dos riscos imediatos e dos que, em consequência das alterações climáticas, pendem a curto, médio-prazo sobre os sítios, nomeadamente chuvas ácidas, crescimento descontrolado de vegetação invasiva, avanço das águas do mar, e propõe-se, num dossier de boas práticas a disponibilizar à Administração, medidas preventivas.

Os trabalhos de campo, realizados por uma equipa multidisciplinar, concluem que as muralhas de calcário de VNSP estão severamente ameaçadas pela vegetação de tipo arbustivo e apesar da qualidade do ar – demonstrada pela variedade de líquenes no local – a degradação das estruturas pelo efeito das chuvas é visível, ainda que a qualidade das águas pluviais recolhidas no sistema cársico sobre o qual o sítio se implanta, seja aceitável. Em LV, o avanço rápido das águas do mar, provocado pelo desequilíbrio da faixa costeira introduzido pela construção dos pontões, ameaça a integridade do sítio, em risco de total desaparecimento.

Análise / Principais Resultados

No quadro do projecto foram realizadas as seguintes acções destinadas à produção de um diagnóstico de risco nos sítios através de:

- trabalho de arquivo, com inventário da documentação escrita e iconográfica (mapas, fotografias), que regista as alterações da linha de costa em LV e das transformações da paisagem em VNSP.

- recolha e análise da composição química das águas pluviais do nível freático subjacente ao sítio de VNSP; primeira identificação dos tipos de líquenes existentes; inventário e caracterização das espécies vegetais presentes; selecção de áreas para perfuração geoarqueológica para reconstrução da evolução ambiental e do impacto antrópico no território.

- a construção de algoritmos e de análises de dados exploratórias para os sítios arqueológicos de VNSP para a vegetação endémica e LV para as alterações da linha de costa.

São resultados principais deste projecto:

1. Análise e reconhecimento da evolução da vegetação em VNSP e mitigação do seu crescimento.

Em Vila Nova de São Pedro, povoado ocupado ao longo do 3º milénio AC, implantado numa região calcária, sobre um afluente da margem direita do Baixo Tejo, a avaliação do carácter dissolvente da água doce (precipitação, escorrência e subterrânea) sobre as estruturas arquitectónicas construídas em calcários e argamassas, foi um dos objectivos nucleares do projecto, através da recolha e análise laboratorial das águas de precipitação, escorrência e subterrânea do aquífero desenvolvido no sistema cársico sobre o qual o sítio se implanta.

Ao mesmo tempo, a caracterização das dinâmicas da paisagem envolvente e da dimensão, no Tempo longo, do impacto antrópico, através da desflorestação, da actividade agrícola, e do mais recente



abandono rural, justifica a realização de sondagens geo-arqueológicas e obtenção de colunas longas de sedimentos no vale da Ribeira de Almoester, que corre a Oeste do sítio arqueológico e cuja análise permitiu, entre outros aspectos, avaliar o peso, entre outras espécies do ***Quercus coccifera* L.**, vulgo carrascos, na história da vegetação regional. Definir as melhores estratégias para controlar esta ameaça vegetal, onipresente nos climas mediterrâneos e com tendência de crescimento - dada a esperada subida de temperaturas - foi também um dos objectivos deste projecto.

Com recurso a imagens de satélite e de algoritmos de visão computacional construídos para o efeito, foi possível explorar o sítio arqueológico de VNSP visto através de uma altitude fixa de 500 m e da mesma área ~1km², durante os meses de Julho entre 2016 e 2022. Através da distinção entre as zonas que possuem vegetação versus as que não possuem e comparando a sua evolução ao longo deste período de tempo, foi possível construir visualizações de dados que demonstram **o declínio da vegetação e o seu controlo a partir do momento em que se realizam campanhas de escavações arqueológicas com periodicidade anual, com uma diminuição de cerca de 17% no início do processo.**

Foi ainda possível criar um exercício de previsão da evolução da expansão de *Quercus coccifera* L. e do seu impacto nas estruturas pétreas de VNSP. Através de métricas relacionadas com o tamanho das raízes, da sua taxa de crescimento e da resistência do calcário das estruturas, chegou-se à conclusão que num espaço de 5 anos, o crescimento das raízes de *Quercus coccifera* L. embutidas nas estruturas pétreas constitui um cenário de danos irreversíveis, caso não seja controlado.

Ainda no âmbito da vegetação endémica, foram detectadas uma grande diversidade de espécies de líquenes que cobrem os blocos pétreos expostos. Neste caso em concreto, foi constatado que estes servem como uma camada de proteção do material calcário e que não devem ser limpos nem removidos.

As análises aos furos estão ainda em curso e os seus resultados darão dados fundamentais para a reconstrução das dinâmicas ambientais

do Holoceno, dado que a profundidade atingida c. de 10-12m é altamente promissora nesse aspeto.

2. Erosão da linha de costa impacta o património costeiro e medidas de prevenção

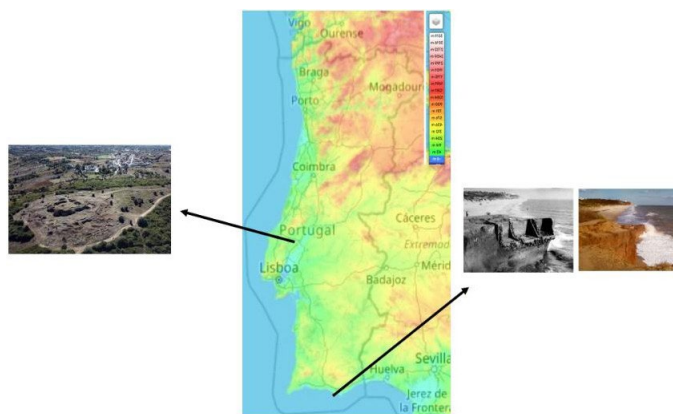
O sítio de Loulé Velho, ocupado durante o período romano e antiguidade tardia, localiza-se hoje na arriba de uma praia, na costa Sul algarvia e encontra-se ameaçado pelo avanço das águas do mar, a água salgada, avanço conectado com o aquecimento global. Neste caso, foram objectivos do projecto a monitorização detalhada da alteração da linha de costa e do impacto crescente que esta foi exercendo sobre o sítio arqueológico, em risco de desaparecimento.

A realização de sondagens geo-arqueológicas e obtenção de colunas de sedimentos no paleo-estuário, a recolha em arquivo de informação histórica e de registos fotográficos recentes documentou, a partir da reconstrução digital da área envolvente, a velocidade de erosão da linha de costa e tornou clara a urgência de medidas pro-activas de defesa do património costeiro, em particular em área de enorme vulnerabilidade como a do limite ocidental da Ria Formosa.

A identificação da linha de costa através de imagens de satélite e de documentação histórica permitiu compreender o avanço do mar e o recuo da área do areal, de um modo inexorável. Muito embora seja possível chegar a esta conclusão, as causas, métricas e modelos preditivos que possam ser inferidos, usados ou construídos padecem de uma falta crónica de dados (como já constatado em Santos et al 2017).

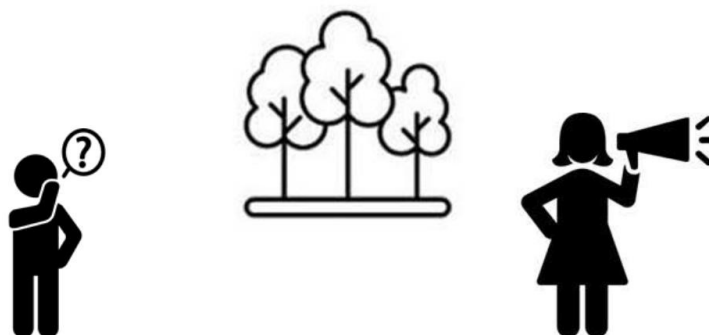
Para este efeito, criámos um modelo de risco baseado nos dados disponíveis, com a exposição de drivers climáticos, vulnerabilidades físicas e janelas temporais. Com isto, é possível entender que apenas com um modelo multimodal e interdisciplinar se pode realizar a proteção e a mitigação de riscos em património cultural em zonas costeiras.

Figura 1 – Localização de VNSP (à esquerda) e LV (à direita).



Fonte: Equipa do projeto.

Figura 2 – Fases da metodologia do projeto: da construção de questões, à ida ao terreno e a elaboração de recomendações.



Fonte: Equipa do projeto.

Recomendações e Tomada de Decisões

As recomendações do Projecto Água Doce/Água Salgada serão expostas com as conclusões das análises efetuadas e propostas as seguintes medidas para minimizar os impactos das alterações climáticas e dos efeitos adversos que estas impõem ao património arqueológico.

Boas Práticas em VNSP

1. Controlo da vegetação: O controle semestral da vegetação autóctone, invasiva, através de protocolos de manutenção dos sítios que incluem acções de monda física e química, tendo em vista a preservação das estruturas e do controle do risco de incêndio com a diminuindo a biomassa;
2. Modelos de monitorização: Para um controlo eficaz recomendamos que estas metodologias de visão computacional sejam utilizadas para a



monitorização do sítio, especialmente quando não é possível a deslocação ao terreno. Isto permitirá que, com dados abertos, seja possível criar uma abordagem preliminar e alocar atenção e recursos às áreas mais afetadas ou descontroladas;

3. Modelar a redução de espécies autóctones de comportamento dominante: é necessário documentar e compreender a extensão da flora “invasora” e as suas consequências para o património arqueológico, compreendendo as particularidades de cada sítio. Uma análise que explore vários tipos de dados e os conjuga permite que se possam construir modelos preditivos simples e chegar a um período de tempo (e.g., 5 anos) em que é necessário agir.

Isto permitirá criar uma estratégia de gestão do património arqueológico baseada em decisões com dados e atuação no terreno.

4. Preservação de espécies benignas às estruturas arqueológicas: através de uma identificação, monitorização e preservação de espécies vegetais que beneficiem a conservação dos próprios sítios arqueológicos, como é o caso dos Líquenes que servem como barreira protetora em VNSP.

5. Análises periódicas à qualidade das águas pluviais: A monitorização das águas pluviais é um aspecto fundamental que deve ser gerido em vista à preservação da boa qualidade dos solos e da salubridade de VNSP, quer a nível de trabalhos arqueológicos quer à fruição cultural do próprio local e envolventes.

Boas Práticas em LV

1. Monitorização da evolução da linha de costa em Loulé Velho: A linha de costa deve ser monitorizada de um ponto de vista

multidisciplinar e com recurso a vários tipos de dados que sejam complementares. Nesse âmbito, é necessário articular a arqueologia com a geologia, hidrologia, arquivística - para além de uma componente tecnológica de sistemas de informação geográfica, visão computacional e modelos preditivos. Esta recomendação assume-se como fundamental pois é crucial que se criem dados de maior qualidade e de fluxo constante, para as ações serem realizadas dentro de janelas temporais curtas.

2. Articulação com os trabalhos de alimentação artificial da linha de costa: A alimentação artificial da linha de costa tem de ter em conta os pontos estratégicos relacionados com o património arqueológico, nomeadamente estruturas e as suas envolventes, pois estas próprias servem de estações de monitorização da qualidade das medidas de conservação da costa. Os sítios arqueológicos servem aqui como elementos a serem protegidos, mas igualmente como veículos de uma proteção alargada da costa.

3. Conservação e restauro periódico das estruturas pétreas: as estruturas devem ser alvo de ações de conservação específicas dentro dos danos que os drivers climáticos ou vulnerabilidades físicas podem trazer, dentro das devidas janelas temporais. 4. Construção de modelos de risco: os dados recolhidos devem ser imediatamente utilizados para a construção de modelos de risco, que vão orientar as políticas e operacionalizar a gestão da costa e do património arqueológico existente. Estes modelos devem possuir uma camada local mas também serem construídos de modo a serem partilháveis, reutilizáveis e

adaptados à complexidade dos drivers e vulnerabilidades existentes.

5. Elaboração de digital twins: A monitorização deste tipo de sítios deve ser assegurada pela construção de digital twins, ou seja, pela captação de dados através de sensores, em tempo real ou intervalos pré-definidos, do que

acontece ao sítio arqueológico. Esta ferramenta digital representa uma boa prática internacional no âmbito da proteção dos sítios arqueológicos, pelo que a sua implementação em zonas de risco é crucial.

Conclusão

Do projecto Água Doce/Água Salgada – Património e Risco Climático conclui-se da urgente necessidade de políticas comuns e concertadas entre a comunidade científica e os Policy makers na salvaguarda e preservação do património arqueológico, hoje em risco face às alterações climáticas e aos eventos extremos. Iniciando-se com o inventário e diagnóstico de riscos que impendem sobre o património arqueológico, identificando um

conjuntos de medidas – a ser levadas a cabo por diferentes organismos da Administração pública – para garantir a preservação para o Futuro de um património em risco, esta tipologia de projectos pode ainda hierarquizar ameaças e propor medidas preventivas e/ou reactivas, calendarizadas a curto, médio e longo prazo, garantindo com a sua manutenção, o usufruto para gerações futuras.

Referências

Convenção de La Valetta - <https://www.coe.int/en/web/culture-and-heritage/vallettaconvention>

FIGUEIREDO, A. e MARTINVILLE, S. (2024). Impacto Ambiental e das Mudanças Climáticas na Preservação do Património Arqueológico Costeiro em Zonas de Arriba, (Portugal): Um Estudo Abrangente e Urgente. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 15.

HOLLESEN, J. (2022). Climate change and the loss of archaeological sites and landscapes: a global perspective. *Antiquity*. 96. 1-14. [10.15184/aqy.2022.113](https://doi.org/10.15184/aqy.2022.113). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7492858>

SANTOS, F.D. LOPES, A.M., MONIZ, G. RAMOS, L., TABORDA, R., 2017. Grupo de Trabalho do Litoral: Gestão da Zona Costeira: O desafio da mudança. Filipe Duarte

SANTOS, G. e LOPES, A. (Eds). Lisboa (ISBN: 978-989-99962-1-2).

SHYDLOVSKYI, P., TELIZHENKO, S.; IVAKIN, V. (2022). Archaeological Heritage as a Target during War. *The European Archaeologist*, 74, 36–43. Unesco - <https://www.unesco.org/en>

UZUNEL, A. (2023). Earthquakes and Archaeological Heritage Sites: The Case of February 6 Earthquakes Depremier ve Arkeolojik Miras Alanları: 6 Şubat Depremleri Örneği. *Uluslararası Tarih Araştırmaları Dergisi*. 7. 10.47088/utad.1308570.

VV.AA (2025) - Salvaguarda do Património Arqueológico Costeiro em Risco. Eds. Património Cultural, IP e Riksantikvaren.



COMO CITAR ESTE DOCUMENTO

Diniz, Mariana.; Freitas, M.^a Conceição; Carvalho, Daniel, Almeida, Rui; Capelo, Jorge; Carvalho, Rosário; Carvalho, Palmira; Costa, Ana; Freitas, Joana; Garcia, César; Neves, César; Viegas, Catarina (2026). *Água-doce, água-salgada: património arqueológico em risco, num clima em mudança*. S4P-25 Policy Brief 8047/2025. PLANAPP – Centro de Planeamento e de Avaliação de Políticas Públicas.

CONTACTO

science4policy@planapp.gov.pt

COPYRIGHT

© PLANAPP, 2026



[Ciência para as políticas públicas](#)



[PLANAPP](#)



[Newsletter](#)



[PLANAPP](#)



[@planapp_](#)



[PLANAPP podcasts](#)



Este *policy brief* foi desenvolvido no âmbito do Science4Policy 2026 (S4P-25): Concurso de Estudos de Ciência para as Políticas Públicas, uma iniciativa do Centro de Planeamento e de Avaliação de Políticas Públicas (PLANAPP), em colaboração com a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), financiada pelo Plano de Recuperação e Resiliência de Portugal. Linha temática S4P-25/23: Cenários climáticos e impactos esperados em Portugal sobre o património cultural (arqueológico e arquitetónico).

O conteúdo é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula nem compromete o PLANAPP nem a FCT.