

# Variabilidade climática e adaptação humana durante o Plistocénico Superior - Um projeto multidisciplinar para o estudo do registo terrestre no baixo Vale do Rio Côa (nordeste de Portugal)

Luca A. DIMUCCIO<sup>1,2</sup> Lúcio CUNHA<sup>1</sup>, Thierry AUBRY<sup>2,3</sup>, Nelson RODRIGUES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Coimbra, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), Departamento de Geografia e Turismo, FLUC, Coimbra, Portugal ([luca@ci.uc.pt](mailto:luca@ci.uc.pt))

<sup>2</sup> UNIARQ - Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Lisboa, Portugal

<sup>3</sup> Côa Parque, Fundação para a Salvaguarda e Valorização do Vale do Côa, Vila Nova de Foz Côa, Portugal

<sup>4</sup> Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências da Terra, Coimbra, Portugal

## Resumo

Este projeto propõe uma abordagem integrada (multi/interdisciplinar) baseada em análises estratigráficas, sedimentológicas, geoquímicas, geomorfológicas, arqueológicas, zoo-arqueológicas e geocronológicas de vários arquivos continentais, tais como formas e depósitos, a partir de um conjunto de sítios ao ar-livre distribuídos ao longo do baixo Vale do Rio Côa e nas áreas de planalto adjacentes (nordeste de Portugal). A maioria destas formas e depósitos contém informações relevantes sobre a evolução climática do último período glacial, à escala local/regional, bem como vestígios arqueológicos que nos permitem compreender os comportamentos humanos coevos. A investigação proposta, e agora em curso, tem como objetivo desenvolver um modelo evolutivo da região do baixo Vale do Rio Côa e deduzir os fatores ambientais condicionantes para essa evolução, nomeadamente o clima e as mudanças nos ecossistemas. Pretende-se caracterizar a ocupação humana do Plistocénico final e reconstituir a distribuição geográfica (local/regional) das fontes de matérias-primas e escolhas tecnológicas. A variabilidade tipo-tecnológica da produção lítica do neandertal e do homem anatomicamente moderno será utilizada para avaliar os sistemas e as estratégias de exploração no tempo e assim compreender as sociedades e os comportamentos das populações humanas de caçadores-coletores paleolíticos. Os dados do projeto permitirão definir melhor a cronologia da transição entre os neandertais e os homens anatomicamente modernos e inferir sobre a sua territorialidade e organização social no contexto ambiental em que viviam. O conhecimento produzido pode trazer dados científicos originais e valiosos úteis para apoiar o planeamento territorial, a gestão ambiental e o turismo (e.g., através da exploração do património natural/cultural e da diversificação das ofertas turísticas), a fim de contribuir para a definição das estratégias a adotar para um desenvolvimento local/regional mais integrado e sustentável. Por isso, os resultados e as conclusões serão transmitidos às entidades interessadas - públicas e privadas - envolvidas na gestão, planeamento, conservação, cultura, educação e com responsabilidades económicas e sociais.

**Palavras-chaves:** formas e depósitos fluviais; último período glacial; Paleolítico; exploração da herança cultural.

## Abstract

This project proposes an integrated multi/interdisciplinary approach based on stratigraphical, sedimentological, geochemical, geomorphological, archaeological, zoo-archaeological, and geochronological analyses of various continental archives, such as landforms and deposits, from a set of open-air sites distributed across the lower Côa River Valley and surrounding plateau areas (northeast Portugal). Most of those landforms and deposits contain relevant information concerning the climate evolution of last glacial period at local/regional scale, as well as archaeological remains that allow us to understand about coeval human behaviours. The proposed research, and now ongoing, aims to develop an evolutionary model for the lower Côa River Valley region and deduce the environmental forcing factors for such evolution, namely climate and ecosystem changes. We intend to characterize the late Pleistocene human occupation and to reconstruct the geographical range (local/regional) of lithic raw material supply and choices. Typo-technological variability of neanderthal and anatomical modern human lithic production will be used to assess exploitation systems and strategies through time and to understand the societies and behaviours of Palaeolithic hunter-gatherer's human populations. The project's data will allow to define better the chronology of the transition between neanderthal and anatomical modern humans and to infer on territoriality and social organization in its environmental context. Finally, the results and conclusions will be transferred to public/private stakeholders with management, planning, conservation, culture, education, economic and social responsibilities. The knowledge produced can bring to the forefront original and valuable scientific data useful to support territorial planning, environmental management, and tourism (e.g., through the exploration of the natural/cultural heritage and the diversification of tourism offers), to contribute for the definition of the strategies to adopt for a more integrated and sustainable local/regional development. Therefore, the results and conclusions will be transferred to stakeholders - public and private - with management, planning, conservation, culture, education, economic and social responsibilities.

**Keywords:** fluvial landforms and deposits; last glacial period; Palaeolithic; cultural heritage exploration.

## Introdução

A Professora Maria da Assunção Araújo alcançou a sua jubilação enquanto docente da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. No momento de colaborar na justa homenagem que lhe é prestada, pretendemos revisitar aqueles que foram alguns dos seus temas de trabalho, a nível da investigação e do ensino, nas várias décadas ao serviço da Universidade portuguesa.

Conhecida, sobretudo, pelos seus trabalhos de Geomorfologia acerca da franja costeira do norte de Portugal, a Professora Maria da Assunção Araújo trabalhou em vários outros domínios da Geomorfologia, mas cultivou também aproximações interdisciplinares à Geologia e Arqueologia, na busca de um conhecimento holístico e integrado, com recurso a métodos e técnicas das diferentes disciplinas e capaz de proporcionar uma leitura paleoambiental que justificasse as paisagens e os territórios atuais.

Assim, entendem os autores deste texto que o projeto de investigação multidisciplinar que têm em curso sobre “*Climate and human adaptation during the Last Glacial Period in the Coa Valley region (Portugal)*” (Acrónimo: CLIMATE@COA; Referência: COA/CAC/003/2019; página-web oficial: <https://climatecoa.com/>) poderia ser não só um modo de recordar o seu trabalho, mas também de homenagem à Professora, ao seu percurso académico e à sua vida.

## Contexto da investigação

Em Portugal, as flutuações climáticas do Pleistocénico Superior (Cohen et al., 2013), mais particularmente as dos estágios isotópicos marinhos (MIS) 4, 2 e 1 (Lisiecki & Raymo, 2005), são bem conhecidas a partir do registo marinho na margem continental ibérica ocidental e incluem vários eventos de alterações climáticas seculares abruptas (Lebrato et al., 1995, 2009; Huber et al., 2006; Skinner & Elderfield, 2007; Sanchez Goñi & Harrison, 2010). Em particular, a pronunciada instabilidade climática que caracteriza o último período glacial, no intervalo de ca. 80-12 ka, compreende várias fases distintas de arrefecimento (estadial) e aquecimento (interstadial) (Dansgaard et al., 1984).

Durante as fases estadiais ocorreram os chamados eventos de Heinrich (HE), que correspondem a episódios de descargas maciças e repetidas de gelo dos mantos do hemisfério norte, com o transporte de detritos levados pelo gelo e depositados a causa do derretimento dos icebergs (Heinrich, 1988; Bond et al., 1993; Faust et al., 2021). No Atlântico Norte foram identificados seis HE (6 a 1) a cada 7000-10 000 anos, sendo que o HE 1 corresponde ao atual período interglacial Holocénico (Sanchez Goñi et al., 2000; Sanchez Goñi & Harrison, 2010; Morlote-Plaza et al., 2017). Essas ocorrências de arrefecimento, a uma escala milenar, são geralmente coincidentes com os estádios maiores e mais duradouros nas carotagens de gelo da Groenlândia (Bond et al., 1993), embora no centro-norte do Atlântico a chegada de icebergs possa ter atrasado o início da fase fria em várias centenas de anos (Barker et al., 2015). Mais detalhadamente, os HE mostram uma estrutura trifásica, com um desfasamento entre a queda nas

temperaturas da superfície do mar e as mudanças na temperatura na baixa atmosfera das massas de terra adjacentes, reveladas por uma correlação entre o arrefecimento inicial do oceano e a persistência de um clima ainda ameno e húmido no sudoeste da Europa. A fase fria associada ao HE, que pode durar até 3000 anos, é denominada stadial de Heinrich (HS) (Sanchez Goñi & Harrison, 2010). Durante os HE, o litoral da Ibéria ocidental constituía a fronteira sul da frente polar e das massas de água polares, bem como a área de degelo das frotas de icebergs. Deste modo, contrariamente à circulação atmosférica e oceânica interestaduais, nestes períodos a região não teve a influência de águas subtropicais e do seu efeito moderador sobre o clima terrestre. Isto significa que a Ibéria ocidental terá sido propensa ao registo das alterações extremas na influência climática sobre os ecossistemas continentais e as comunidades humanas (Naughton et al., 2007; Sanchez Goñi & Harrison, 2010; Sánchez Goñi et al., 2020; e referências neles incluídas).

Vários períodos climáticos com condições relativamente mais quentes, conhecidos como ciclos de Dansgaard-Oeschger (D-O), que geralmente tiveram uma duração de 500-2000 anos (Dansgaard et al., 1984), ocorreram entre os HE, consistindo num amplo (7-16°C) e rápido (dentro de algumas décadas) aquecimento seguido por uma descida progressiva das temperaturas e por um arrefecimento final abrupto (Wolff et al., 2010). O aquecimento rápido inicial é conhecido como evento D-O (Sanchez Goñi & Harrison, 2010; Sanchez Goñi et al., 2008). O evento de aquecimento rápido inicial e o período de progressiva descida das temperaturas (no conjunto com duração entre os 100 e 2600 anos) identificam o interstadial da Groenlândia (GI), enquanto o evento de arrefecimento final abrupto corresponde a fase stadial da Groenlândia (GS) (Wolff et al., 2010; Rasmussen et al., 2014).

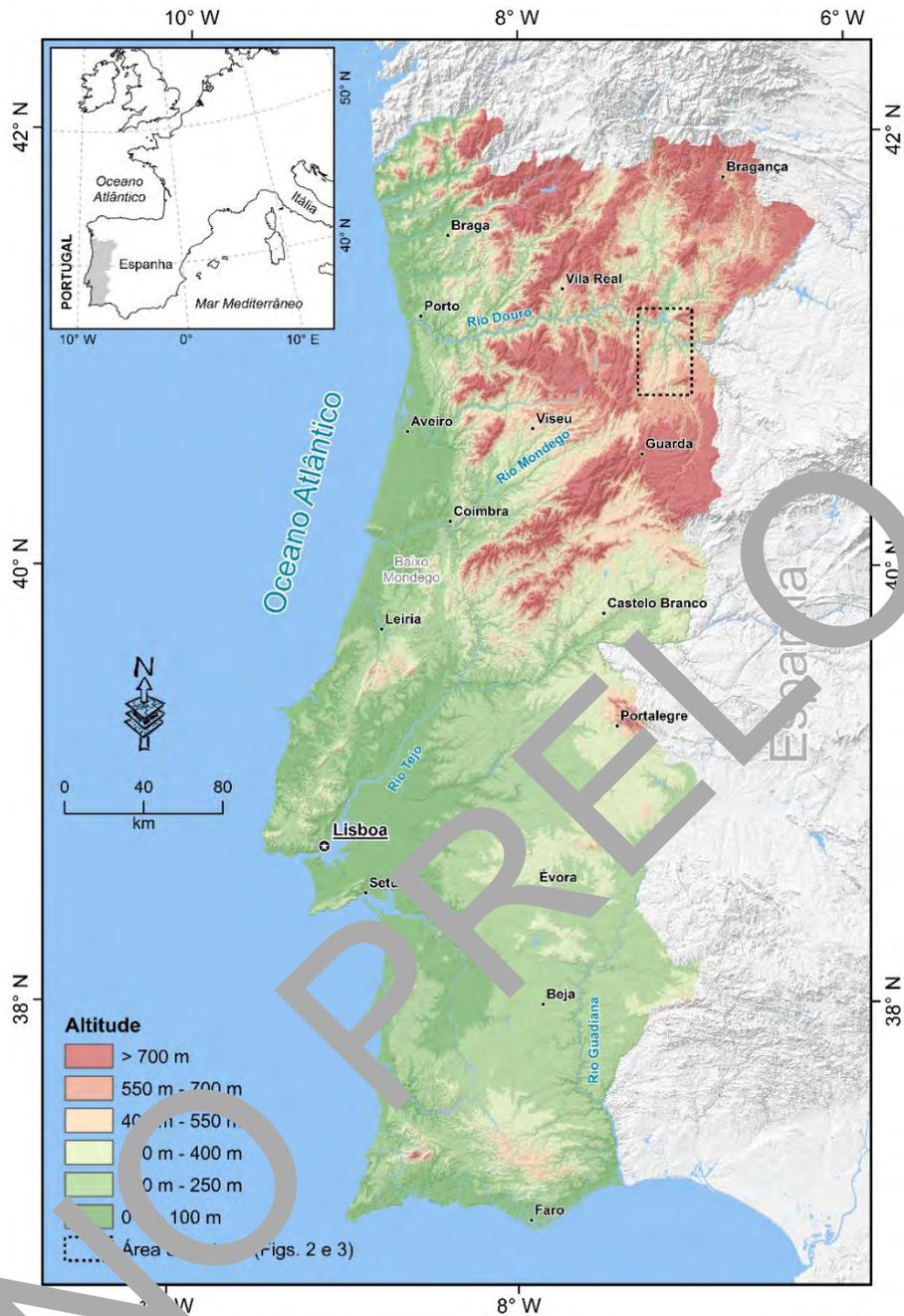
As condições continentais rapidamente oscilam entre ambientes frios-áridos e quentes-húmidos no curso destas oscilações climáticas estáveis-interstadiais seculares. Essas grandes e rápidas mudanças climáticas que caracterizam o último período glacial, registadas numa variedade de arquivos marinhos e continentais em todo o mundo, têm um impacto reconhecido nas zonas bioclimáticas (Combourieu Nebout et al., 2002; Queiral & Tegel, 2002; Carrión et al. 2008, 2010; Gonzalez-Samperiz et al., 2010) e, possivelmente, na dinâmica demográfica e padrões de povoamento dos caçadores-coletores do Paleolítico Médio e do Paleolítico Superior da Península Ibérica (Angelucci, 2002a, 2002b; d'Errico & Sánchez Goñi, 2003; Banks et al., 2008; Aubry et al., 2011, 2014a, 2015; Bradtmoller et al., 2012; Schmidt et al., 2012; Pereira & Benedetti, 2013; Bicho et al., 2017; Sánchez Goñi, 2020; entre outros).

Geralmente, para a elaboração de modelos climáticos do último período glacial da Ibéria, à escala milenar, tem-se recorrido às sequências de pólen dos fundos oceânicos e a algoritmos computacionais (Sánchez Goñi et al., 2018; e referências neles incluídas). No entanto, durante as últimas décadas, realizaram-se progressos consideráveis no estudo das alterações paleoclimáticas a partir também dos registos terrestres preservados nas turfeiras de montanha e nos espeleotemas de cavidades cársticas. Assim sendo, e desde a identificação dos ciclos milenários de aquecimento repentinos (D-O) e das fases de arrefecimento (HE) associadas a detritos de gelos flutuantes no Atlântico Norte, a investigação científica no campo da paleoclimatologia do Quaternário têm dedicado tempo e dinheiro no entendimento da expressão regional dessa variabilidade. Neste contexto, na região centro de Portugal

(Baixo Mondego e envolventes - Figura 1), com base no estudo geológico/geomorfológico e arqueológico do registo preservado em grutas/abrigos do Maciço de Sicó (Cunha, 1991; Cunha et al., 2014, 2020), modelos de correlação entre mudanças climáticas e comportamento humanos têm sido propostos para explicar as discontinuidades observadas entre as sequências que contêm ocupações tardias do Paleolítico Médio e do início do Paleolítico Superior (Aubry et al., 2011). Em particular, este registo endocársico forneceu as evidências de uma discontinuidade estratigráfica erosiva recorrente, datada de ~29,5-32 ka BP (durante o HE 3), que parece relacionar-se com os impactos das mudanças climáticas na paisagem (Aubry et al., 2011). Estes dados parecem concordar com o que é conhecido também noutros sítios arqueológicos de Portugal (Zilhão, 1997, 2006; Zilhão & Almeida, 2002; Angelucci, 2002b; Angelucci & Zilhão, 2009), Espanha (Mallol et al., 2012) e França (Aubry et al., 2012a, 2014a). Foi também avançado um modelo de base climática com vista à explicação de uma dispersão tardia dos homens anatomicamente modernos, da persistência das últimas populações neandertais e das diferenças cronológicas entre os dados a norte e a sul dos Pirenéus (d'Errico & Sánchez-Gómez, 2003; Zilhão, 2006; Sepulchre et al., 2007; Banks et al., 2008), interpretado como sendo o impacto direto do HE 4 (~40-38 ka BP) na distribuição das populações dos grandes ungulados.

Se o registo terrestre estiver incompleto e grande parte dele tiver sido apagado, a preservação de restos faunísticos e de artefactos humanos permite estabelecer uma sequência cronológica e paleoambiental refinada pelo uso de vários métodos de datação e uma correlação com os padrões de comportamento humano definidos por utensílios líticos, matéria prima e tecnologias. Em Portugal, estudos anteriores sobre as fontes e produção de conjuntos artefactuais líticos do Paleolítico Médio e do Paleolítico Superior revelaram a utilização de fontes locais e regionais, bem como o transporte de sílex e de rochas siliciosas de grão fino a partir do centro da Península Ibérica, bem como desde a Orla Meso-Cenozoica Ocidental de Portugal (Gameiro et al., 2008; Aubry et al., 2014b, 2015, 2016a, 2016b; Matias, 2016).

O contexto ambiental da ocupação humana é frequentemente inferido a partir de vestígios faunísticos associados a indústrias líticas. Mediante os rácios isotópicos de carbono e azoto do colagénio ósseo é uma técnica bem estabelecida para a reconstrução de dietas antigas (Saragoça et al., 2016). Métodos apoiados nos isótopos de estrôncio e a amostragem sequencial de esmalte têm sido usados para reconstituir o biogeograma de espécies migratórias a partir das presas de grandes mamíferos e para distinguir entre espécies migratórias contemporâneas e espécies não migrantes, no mesmo local, a fim de melhor compreender a seleção de locais de recolha e os comportamentos de predação (Britton et al., 2011). O método de análise estatística multivariada, usando táxons, presença/ausência e abundância, foi aplicado para definir a seleção de presas relacionada com a dinâmica sazonal nos contextos de transição do Paleolítico Médio para o Paleolítico Superior do sul da França (Discamps et al., 2011). Dados de vestígios faunísticos, antracológicos e arqueológicos foram utilizados para propor um quadro geral para os MIS 3 e o MIS 2 no centro de Portugal (Zilhão, 1997, 2006; Antunes, 2000; Davis, 2002; Figueiral & Terral, 2002; Queiroz et al., 2002; Moreno-Garcia & Pimenta, 2002; Brugal & Valente, 2007; Haws, 2012).



**Figura 1** - Modelo hipsométrico de Portugal e localização geográfica da área de estudo (baixo Vale do Rio Côa). O modelo digital de elevação, com uma resolução geométrica de 25 x 25 m de pixel, foi construído utilizando curvas de nível, pontos cotados e linhas de águas vetorizadas a partir das Cartas Militares de Portugal em escala 1:25 000 (Série M888, Eds. 3 e 4 – 2002) (IGeoE, 2003). Relevo em sombreado retirado de *Global Imagery and Shaded Relief, Europe and Africa* (Copyright © 2001-2008 ESRI).

Apesar de todos estes dados, o impacto exato dos HE nos sistemas terrestres, a avaliação da diferenciação latitudinal de seu impacto e o seu faseamento, bem como a correlação entre os períodos de relativa estabilização, com formação de solos, e os eventos D-O, ainda não estão suficientemente estabelecidos. A obtenção de uma cronologia precisa dos D-O e dos HE é fundamental para ligar de forma consistente a dinâmica dos processos atmosféricos, oceânicos e terrestres (geomorfológicos e sedimentares) que ocorrem a uma escala milenar de alta frequência. Para além disso, toda a questão

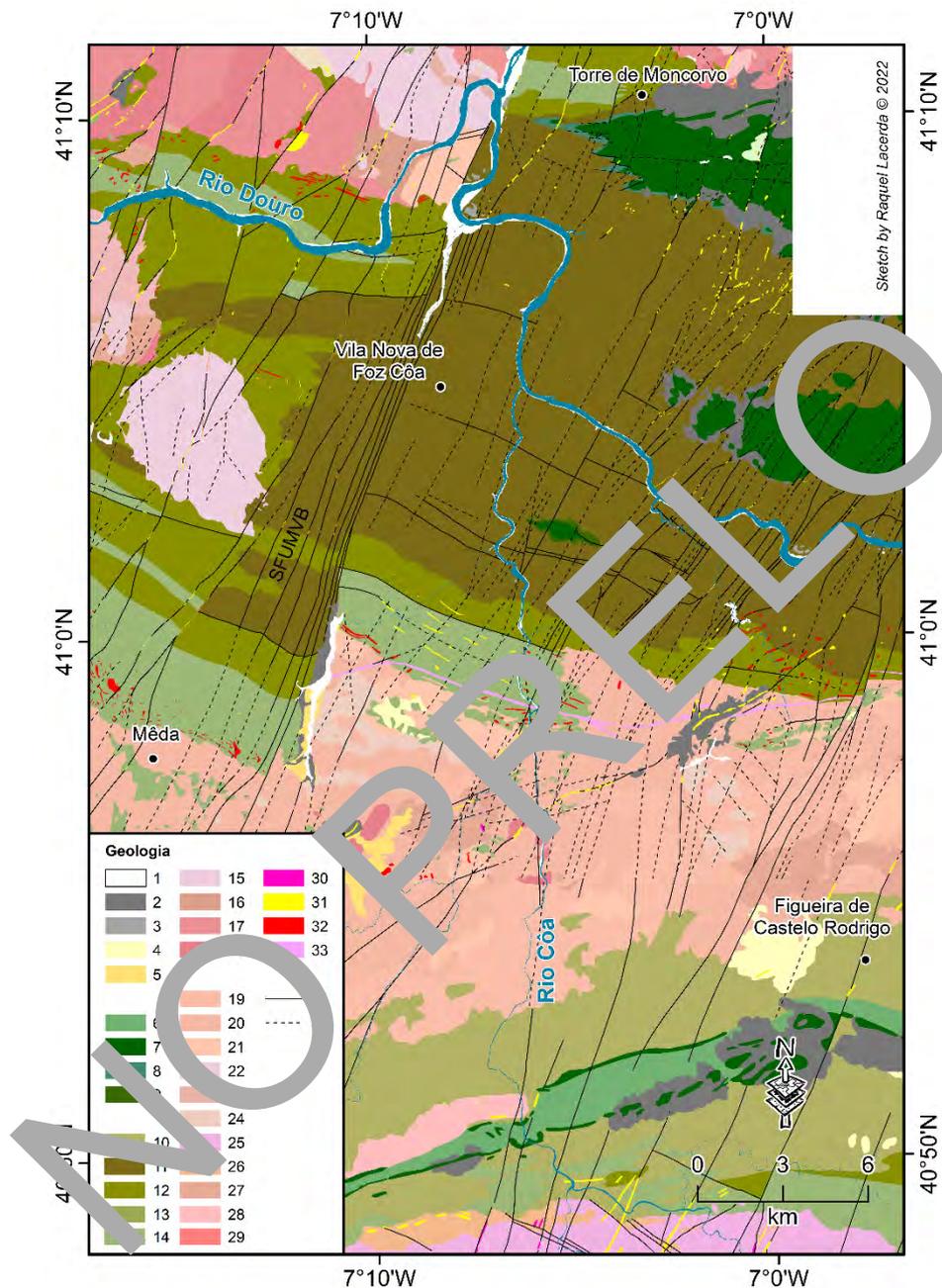
relativa à transição do Paleolítico Médio para o Paleolítico Superior tem estado excessivamente dependente dos arquivos cársicos, devendo agora ser investigada também noutros contextos geomorfológicos, entre os quais se destacam os contextos fluvial e de planalto.

Com o Projeto CLIMATE@COA (COA/CAC/0031/2019), financiado pela Fundação para a Ciências e Tecnologia (FCT), pretende-se adquirir e estudar novos dados, através do trabalho de campo e de laboratório, do registo terrestre (natural e cultural) preservado no baixo Vale do Rio Côa (nordeste de Portugal) e nas áreas planálticas adjacentes (Figura 1). Uma abordagem multi/pluridisciplinar, integrada e integradora, baseada em análises estratigráficas, sedimentológicas, geoquímicas, geomorfológicas, arqueológicas, zoo-arqueológicas e geocronológicas dos arquivos continentais, tais como formas e depósitos, permitirá a reconstituição detalhada das variações climáticas locais/regionais e dos comportamentos dos caçadores-recolectores durante o Plistocénico final, possibilitando a elaboração de um quadro cronológico para as evidências arqueológicas cognitivas dos neandertais e dos homens anatomicamente modernos no seu contexto ambiental.

#### **Enquadramento geológico, geomorfológico e arqueológico da área de estudo**

O Rio Côa, com a nascente da primeira cabeceira local na Serra das Mesas, no concelho do Sabugal, é um afluente situado na margem esquerda do Rio Douro, com direcção de desenvolvimento essencialmente S-N. O baixo vale deste rio (que corresponde à área de estudo - Figura 2) está inserido na região do “Alto Douro”, geologicamente localizado no sector norte da zona geotectónica centro Ibérica e corresponde a parte do Maciço Hespérico (i.e., o fragmento mais contínuo e ocidental do socal varisco europeu que identifica um conjunto morfoestrutural, à escala da Península Ibérica, com origem no arrasamento da cadeia varisca; Ribeiro et al., 1979; Ribeiro, 1981, 2013; entre outros). Nesta área afloram essencialmente rochas metassedimentares, todas fortemente dobradas e fraturadas (xistos/filitos grauvaques, metagrauvaques e quartzitos), com intrusões de rochas plutónicas (diversas categorias petrográficas de granitos), do Precâmbrico ao Ordovícico (Silva & Ribeiro, 1991; Ribeiro, 2001). Os afloramentos de granitos e metassedimentos são atravessados por filões de rochas básicas indiferenciadas, quartzo, pegmatitos e/ou riólitos, no seguimento das estruturas tectónicas regionais principais. Sobre este substrato existem ainda depósitos de cobertura siliciclástica (sobretudo arenitos e conglomerados), do Paleogénico ao Quaternário, que também preenchem algumas depressões topográficas de clara origem tectónica (Ferreira, 1971, Cabral, 1995; Pereira, 1998). Trata-se de (1) arenitos arcósicos do Paleogénico e Miocénico, depositados numa fase anterior à génese destas depressões e correlativos de uma drenagem regional para a bacia cenozoica do Douro (endorreica), (2) de sedimentos essencialmente conglomeráticos, correlativos de fases tectónicas neogénicas, e (3) de depósitos de terraços fluviais, já do final do Pliocénico/Plistocénico, associados com a organização de

uma rede fluvial com escoamento para oeste em direção ao Oceano Atlântico (Cunha et al., 2019a; Daveau, 2020; e referências neles incluídas).

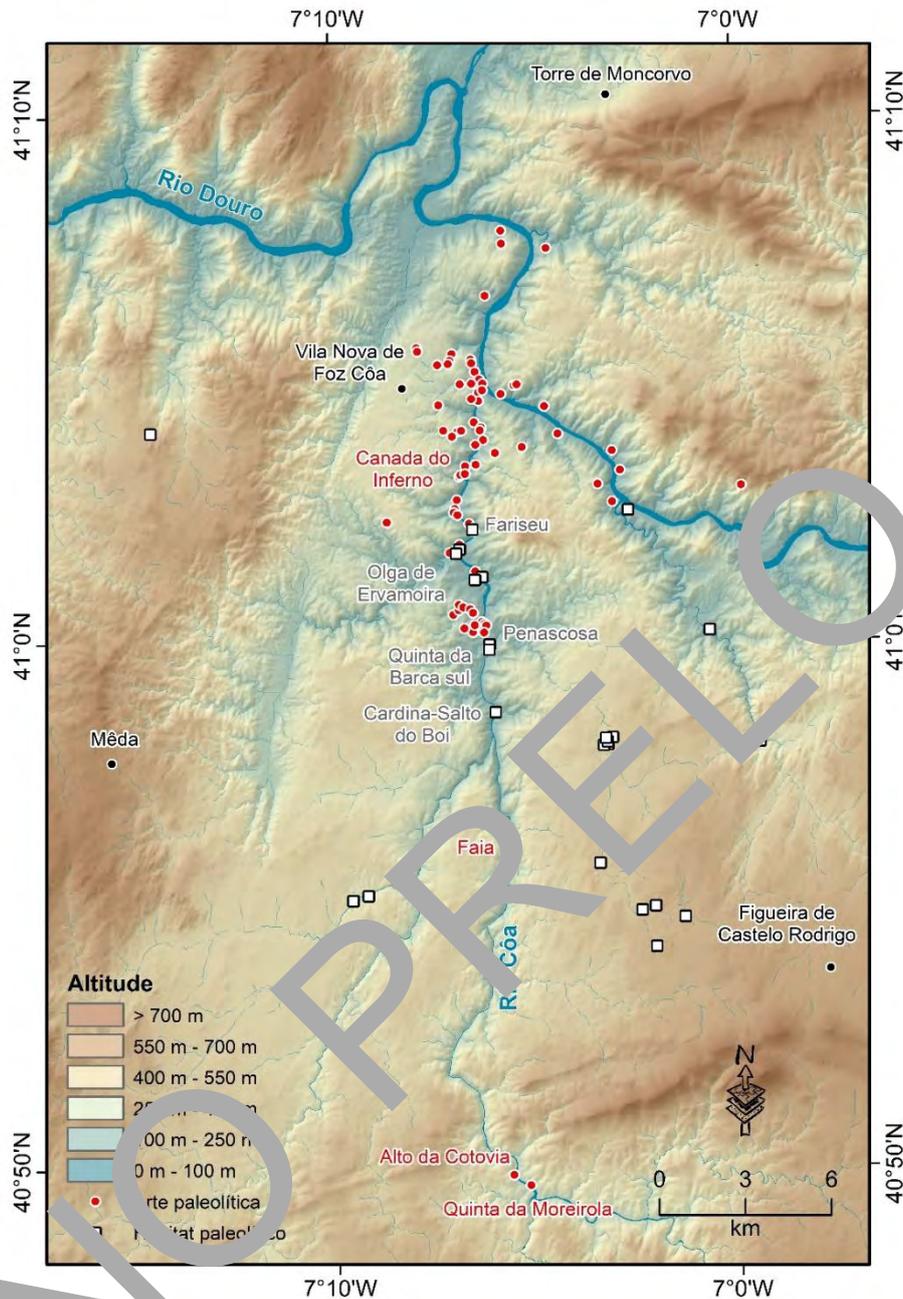


**Figura 2** - Enquadramento geológico da região do baixo Vale do Rio Côa. Base cartográfica de acordo com Silva & Ribeiro (1991) e Ribeiro (2001). Coberturas siliciclásticas do Cenozoico = (1) Aluviões; (2) Depósitos de vertente; (3) Terraços fluviais; (4) Depósito do tipo “raña”; (5) Arcoses de Vilarça. Ordovícico = (6) Formação (Fm.) de Sto. Antão; (7) Fm. de Poiares-Castelo Rodrigo; (8) Fm. de Quinta da Ventosa; (9) Fm. de São Gabriel. Precâmbrico a Câmbrio = (10) Fm. de Excomungada; (11) = Fm. de Desejosa; (12) = Fm. de Pinhão; (13) Fm. de Ervedosa do Douro; (14) Fm. de Rio Pinhão. Granitoides hercínicos = (de 15 a 29). Filões e massas = (30) Rochas básicas; (31) = Quartzito; (32) = Aplito - pegmatítico; (33) Pórfiro granítico e riolítico. Estruturas tectónicas = (34) Falha; (35) Falha incerta. SFUMVB = sistema de falhas Unhais-Manteigas-Vilarça-Bragança.

A estrutura tectónica regional mais importante que atravessa a área de estudo corresponde a uma porção do sistema de falhas Unhais-Manteigas-Vilariça-Bragança (Figura 2), considerada como a maior estrutura tectónica tardi-Varisca do nordeste Português, reativada durante a orogenia alpina, com orientação NNE-SSW e cinemática predominantemente horizontal, do tipo deslizante esquerda, a que se junta também uma componente vertical (e.g., Ribeiro, 1974; Cabral, 1995; Jabaloy et al., 2002; De Vicente et al., 2011, 2018).

O relevo da área de estudo apresenta-se bastante irregular de um ponto de vista topográfico, sendo o resultado de uma evolução longa e complexa, ditada, sobretudo, pela tectónica de fraturação e pela erosão diferencial relacionada com os processos de incisão fluvial do Rio Douro e dos seus tributários esquerdos, a partir de uma superfície geralmente aplanada. De um ponto de vista estritamente geomorfológico, o baixo Vale do Rio Côa situa-se no rebordo setentrional e mais ocidental da chamada “Meseta Ibérica” (i.e., a justaposição de extensas superfícies de peneplanagem do Cenozoico - *vide* Ferreira, 1978, 1991) e limitada ocidentalmente pelo acidente tectónico de Unhais-Manteigas-Vilariça-Bragança. Pequenas colinas residuais, atualmente salientes na paisagem, encontram-se a leste da estrutura tectónica principal já referida e estão frequentemente associadas a afloramentos de quartzitos. Aqui, a superfície da “Meseta” apresenta-se deformada e mergulha para NW, sendo cortada por uma rede hidrográfica profundamente incisa, materializada através dos afluentes do Rio Douro que escoam algumas centenas de metros abaixo dos planaltos adjacentes (Rochette Cordeiro et al., 1996). A maior parte destas linhas de água estão relacionadas com as principais estruturas tectónicas da região mostrando um desenvolvimento essencialmente retilíneo orientado NNE-SSW e, subordinadamente, ENE-WSW, NW-SE e N-S (sendo esta última orientação a do baixo Vale do Rio Côa).

Na década de 1990, a descoberta da arte rupestre paleolítica ao ar livre na região do baixo Vale do Rio Côa, com uma rara concentração de painéis gravados, foi sem dúvidas um passo fundamental na Arqueologia Ibérica (Zilhão, 1997). Nesta altura, a construção de uma barragem, que resultaria na submersão dos painéis gravados, motivou a discussão acerca da importância artística e científica destas gravuras rupestres no panorama nacional, mas também com importantes repercussões no contexto internacional. Com movimentos políticos e sociais, que se estabeleceram em torno da defesa e da preservação deste inestimável património cultural, foram a chave para suspender a construção da dita barragem, permitindo assim a constituição do Parque Arqueológico do Vale do Côa (hoje Fundação) cujo principal intento foi (e continua a ser) de permitir o estudo, a preservação, a gestão e a musealização do património da região. A classificação dos núcleos de gravuras rupestres como Património Mundial da UNESCO ocorreu em 1998. Neste momento são conhecidas mais de mil e trezentas rochas gravadas (Zilhão, 1997; Aubry et al., 2012b, Reis, 2014). Dessas, mais de quinhentos painéis em xistos/filitos, localizados ao longo dos últimos ca. 20 km do Rio Côa, na proximidade da confluência com o Rio Douro (Figura 3), contêm gravuras rupestres do Paleolítico Superior.



**Figura 3** - Localização dos sítios paleolíticos (conhecidos) com arte rupestre ao ar livre e de *habitat* no baixo Vale do Rio Côa, de acordo com o inventário de Reis (2014).

Para além disso, os depósitos aluviais e coluviais preservados nos sítios escavados pelas equipas de arqueólogos da Fundação Côa Parque (e.g., Cardina-Salto do Boi, Quinta da Barca Sul, Penascosa, Fariseu, Olga de Ervamoira - Figura 3) têm fornecido informações de alta resolução sobre os processos sedimentares, os ambientes deposicionais e os comportamentos dos caçadores-recolectores durante o Plistocénico final, a uma escala local e regional (Aubry, 2009; Aubry et al., 2010, 2012b, 2016a, 2016b, 2017, 2020a, 2020b; Dimuccio et al., 2018, 2019, 2021).

### Plano e métodos

Como foi dito, este projeto visa desenvolver uma perspetiva científica integrada sobre o impacto das oscilações climáticas do último período glacial na adaptação cultural humana ocorrida no oeste da Península Ibérica, com base no estudo do registo terrestre bem preservado longe das áreas costeiras.

O estudo dos mecanismos das mudanças climáticas locais e da possível adaptação humana é uma área de pesquisa de grande interesse científico e público. Como tal, é promovido através de programas de investigação internacionais, europeus e nacionais. A compreensão desses mecanismos depende em grande parte dos resultados de projetos internacionais com o objetivo de reconstituir as mudanças climáticas a partir dos registos marinhos. Por outro lado, nas últimas décadas, os cientistas tomaram consciência de que os depósitos terrestres, apesar de descontínuos, oferecem arquivos sedimentares (continentais) de resolução fina e com significado estratigráfico substancial. No entanto, os projetos internacionais baseados numa abordagem direta multi/interdisciplinar desses arquivos permanecem escassos. Além disso, é importante levar em consideração que a preservação do registo geoarqueológico está claramente condicionada pelas características geológicas e geomorfológicas locais e regionais, que respondem de forma diferente a fatores ambientais externos como o clima, a tectónica e as variações do nível de base. Assim, para além da importância aplicada deste estudo, ele pode também contribuir para prever o impacto nas mudanças climáticas em curso nos sistemas regionais e locais.

O projeto CLIMATE@COA propõe um estudo inovador e ambicioso, cujos principais desafios são reconstituir e estabelecer a ligação entre ambientes passados e a adaptação das sociedades de caçadores-recolectores do Paleolítico Médio e do Paleolítico Superior a partir de análises geológicas, geomorfológicas, geoquímicas, geo-(zoo-)arqueológicas e geocronológicas aplicadas a um conjunto de áreas-chave (à escala regional) e sítios ao ar livre (escala local) distribuídos pelo baixo Vale do Rio Côa e áreas circunvizinhas de planalto. Os principais objetivos e metodologias para os alcançar são os seguintes:

a) Construção de uma base de dados cronoestratigráfica e seu significado paleoambiental. Para compreender a complexidade da evolução da região do baixo Vale do Rio Côa, e para identificar a relação entre os processos sedimentares, as alterações climáticas, o ambiente e o comportamento humano, deve ser utilizada uma abordagem analítica multiescalar para combinar estudos à escala regional (ao nível dos vales encaixados e dos antigos planaltos) com estudos à escala local dos sítios ao ar livre em áreas-chave específicas devidamente escolhidas. Será estabelecido um inventário preciso e atualizado das sequências arqueo-estratigráficas terrestres atribuídas ao Paleolítico Médio e ao Paleolítico Superior. Os sítios ao ar livre escolhidos e as sequências sedimentares relacionadas, bem como escavações de locais novos e conhecidos, serão descritos detalhadamente no campo de um ponto de vista geológico, geomorfológico e arqueológico. Um exaustivo programa de amostragem sedimentológica, micromorfológica, geoquímica e geocronológica também será executado durante o

trabalho de campo, seguido das respetivas análises laboratoriais (Figuras 4 e 5). Este estudo permitirá reconstituir a origem dos sedimentos, os processos de acreção e erosão e os fatores paleoambientais (nomeadamente o clima) que influenciaram essa evolução, de forma a inferir a evolução de pormenor das formas do relevo e avaliar a degradação e preservação diferencial dos vestígios arqueológicos. O objetivo é estabelecer um quadro cronoestratigráfico sólido da sedimentação terrestre e das fases erosivas para cada local escolhido, que possa vir a ser correlacionado com as oscilações paleoclimáticas já conhecidas no registo marinho.

b) Definição da tecnologia da utensilagem lítica das sociedades de caçadores-recolectores do Paleolítico Médio e do Paleolítico Superior e das áreas de aprovisionamento de matérias-primas, integrada num quadro cronoestratigráfico. Esta abordagem baseia-se no levantamento de fontes potenciais de matéria-prima em Portugal e na Espanha central, definição da sua petrografia incluindo a caracterização macro/mesoscópica e microscópica, bem como no estudo tecnológico sistemático de coleções líticas. Um novo programa extensivo de análises mineralógicas, espectroscópicas e de geoquímica elementar será desenvolvido para caracterizar as fontes de sílex e de outras rochas silíceas de grão fino recolhidas em afloramentos geológicos, a fim de comparar com os resultados analíticos obtidos nos artefactos arqueológicos. Esses dados ajudarão a definir as áreas de recolha e o deslocamento de recursos através dos territórios, a fim de reconstituir comportamentos humanos e redes sociais. Além disso, as análises arqueozoológicas, mineralógicas, espectroscópicas e químicas de restos faunísticos permitirão uma melhor compreensão da biogeografia animal do passado, para o entendimento da seleção de sítios de recolha e dos comportamentos humanos de predação ao longo do tempo.

c) Integração de todos os dados recolhidos num sistema de informação geográfica (SIG). Serão aplicados procedimentos de classificação probabilística, juntamente a técnicas de atribuição de pesos com base em redes neurais artificiais, a fim de elaborar: (1) uma linha de tempo precisa das condições paleoclimáticas; (2) um conjunto de modelos cartográficos paleoambientais, que serão utilizados para testar a correlação entre dados climáticos, extensão geográfica cultural, mudanças ambientais e adaptação cultural na região do baixo Vale do Rio Côa.

d) Transferência de informações para os *stakeholders* (públicos e privados) envolvidos na modelação e planeamento das mudanças climáticas do presente, bem como na conservação e gestão do património cultural e da paisagem. No final do projeto será organizado um workshop. Uma página-web oficial já permite o acesso aos registos e conclusões desta investigação (<https://climatecoa.com/>). Todos os materiais produzidos (cartografia, artigos científicos internacionais e nacionais, bem como dissertações académicas) serão disponibilizados ao Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas de Portugal (ICNF), às câmaras municipais, às associações de desenvolvimento local, às escolas e aos agentes económicos locais. Uma exposição itinerante com os principais resultados, em formato gráfico e escrito, adequada ao público em geral, será organizada no final do projeto nos museus locais.



**Figura 4** - Exemplos de atividades de campo e de laboratório atualmente em curso no sítio arqueológico da Cardina-Salto do Boi (para a localização do sítio veja a Figura 3). (a) Visão geral do sítio (proteção do corte principal); (b) recolha de amostras para serem datadas com a técnica da luminescência ótica estimulada; (c) recolha de amostras para determinar a suscetibilidade magnética; (d) conjunto de amostras antes de serem enviadas para a determinação da composição geoquímica elementar num laboratório da especialidade.

#### Relevância científica e resultados esperados

A investigação proposta pode ser considerada inédita e original na medida em que integra diferentes abordagens para um mesmo contexto e com o mesmo objetivo geral, que é o de detetar, relacionando, comportamentos culturais e sinais climáticos, sendo que tradicionalmente estas abordagens têm sido consideradas separadamente. Além disso, esta investigação irá colmatar uma importante lacuna no conhecimento, uma vez que os registos climáticos terrestres do Plistocénico Superior em Portugal são escassos. De facto, é bem conhecida a importância dos registos terrestres (e.g., fluvial, planalto, cársico) para reconstituir as mudanças climáticas e o seu impacto na população humana, mas, em Portugal, estes estudos têm-se restringido essencialmente às sequências do Holocénico e à demonstração do controlo tectónico durante o final do Pliocénico/Plistocénico (Aubry et al., 1997, 2001, 2006; Almeida et al., 2006a, 2006b; Cunha et al., 2019b). Poucos projetos visaram estabelecer a influência das condicionantes geológicas e geomorfológicas na acumulação, conservação e deslocamento pós-

deposicional de vestígios arqueológicos. Além disso, as datações absolutas para o registo terrestre do Plistocénico Superior são também ainda escassas em Portugal (Aubry et al., 2010; 2020a; Cunha et al., 2019a, 2019b).



**Figura 5** - Exemplos de atividades de campo e de laboratório atualmente em curso no sítio arqueológico do Fariseu (para a localização do sítio ver a Figura 3). (a) recolha de amostras para o estudo micromorfológico da sucessão sedimentar provisoriamente atribuída ao Tardiglaciár e ao Dryas recente; (b) amostras recolhidas no campo; (c) prontas, depois de completamente envolvidas em bandas com gesso, para serem enviadas ao laboratório da especialidade que confeciona as lâminas delgadas; (d) análise ao microscópio fotográfico das lâminas de micromorfologia.

Assim, a relevância e a maior realização científica do projeto residem na sua contribuição para: (i) adquirir e relacionar dados geo-arqueológicos, que permitem inferir condicionantes ambientais nas comunidades humanas e os seus impactos na paisagem; (ii) comparar o registo terrestre estudado com os dados climáticos e ambientais disponíveis dos sedimentos marinhos do oeste da Península Ibérica (e.g., Naughton et al., 2009; Rasmussen et al., 2014; Tzedakis et al., 2018), relacionando os domínios oceanográfico e atmosférico com o domínio terrestre, esclarecendo os ciclos e os processos paleoambientais milenares; (iii) comparar os resultados com os registos terrestres bem documentados da Europa (Moreno et al., 2014; Comas-Bru et al., 2019; Bajo et al., 2020; e referências neles incluídas), relacionando diferentes faixas climáticas; (iv) dar contributos para prever o impacto de diferentes cenários de mudanças climáticas globais à escala regional.

Em termos de resultados esperados, estes podem ser assim discriminados:

- construção de uma base de dados geoespacial precisa e atualizada para as sequências arqueo-estratigráficas do Plistocénico Superior da região do baixo Vale do Rio Côa, à escala local e regional;
- elaboração de um mapa geomorfológico de detalhe do baixo Vale do Rio Côa e das zonas planálticas envolventes (a escala de 1:50 000) que permita desenvolver um modelo morfogenético para cada área-chave escolhida e respetivos locais arqueológicos ao ar livre;
- caracterização geral da ocupação humana do Plistocénico final no baixo Vale do Rio Côa e nas zonas planálticas envolventes, juntamente a avaliação dos processos de formação de cada local ao ar livre escolhido e das condições paleoambientais relacionadas;
- reconstituição da abrangência geográfica (local/regional) do sistema de abastecimento da indústria lítica e enquadramento das escolhas de matérias-primas, da variabilidade tipotecnológica da produção lítica dos neandertais e dos homínidos anatomicamente modernos e do sistema e estratégias de exploração ao longo do tempo;
- inferir sobre as mudanças sincrónicas e diacrónicas na biogeografia e ecologia animal - distribuição de espécies, padrões de mortalidade relacionados com a idade, composição anatómica de acumulações ósseas, tamanhos e assemblagens, vias tafonómicas, assim como compreender os comportamentos e as estratégias de subsistência das populações humanas de caçadores-coletores paleolítico;
- definição das fases de evolução geológica/geomorfológica e da ocupação humana/animal, no baixo Vale do Rio Côa, para o Plistocénico Superior, num quadro geocronológico mais preciso e detalhado.

#### **Considerações finais**

O projeto CLIMATE@COA está a ser desenvolvido por uma equipa pluridisciplinar com vasta experiência no trabalho de campo e de laboratório, bem como com um profundo conhecimento dos processos naturais e humanos que determinam a formação e a preservação do registo arqueo-estratigráfico Paleolítico. Considerando que as mudanças climáticas de longo prazo podem ter os efeitos mais profundos na sociedade humana, a capacidade desta equipa para olhar os processos de longo prazo é um passo importante na aquisição de dados climáticos modernos que, geralmente, remontam a apenas algumas centenas de anos. Na constituição desta equipa, salientam-se as publicações e os projetos internacionais já realizados em colaboração [e.g., os projetos CAVE (PTDC/CTE-GIX/117608/2010), PALÆOCÔA (PTDC/EPH-ARQ/0326/2014) e PALEORESCUE (PTDC/HAR-ARQ/30779/2017) - só para citar aqueles financiados pela FCT] o que demonstra a sua capacidade para desenvolver investigação científica coordenada e qualificada em contextos geográficos (Portugal, França, Espanha e Itália) e

geomorfológicos (e.g., cársico e fluvial) distintos. O conhecimento produzido, assim como o desenvolvimento de ferramentas para cartografar, avaliar e gerir a paisagem cultural da região do baixo Vale do Rio Côa podem contribuir para criar condições para um uso económico sustentável deste território e do seu património natural e cultural, estimulando o desenvolvimento local nas áreas rurais, por exemplo, através da revitalização das informações científicas e dos conteúdos dos museus locais.

### **Agradecimentos**

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto «CLIMATE@COA - COA/CAC/0031/2019».

### **Bibliografia**

- Almeida, M., Dimuccio, L.A., Aubry, T., Neves, M.J., Cunha, L., 2006a. Enquadramento geomorfológico e crono-cultural do sítio arqueológico da Gândara do Outil 1. 2.º Congresso Nacional de geomorfologia. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos 3, Coimbra, Portugal, pp. 205-210.
- Almeida, M., Aubry, T., Neves, M.J., 2006b. O Sítio da Gândara do Outil 1: um novo indício da presença Aurinhacense no Ocidente Peninsular? IV Congresso de arqueologia peninsular, O Paleolítico. Promontoria Monográfica 6, Faro, Portugal, pp. 419-431.
- Angelucci, D. E., 2002a. The Geoarchaeological Context. In: Portrait of the Artist as a Child. Zilhão (J.), Trinkaus (Eds.). Portrait of the artist as a Child. The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its Archaeological Context. Instituto Português de Arqueologia, Trabalhos de Arqueologia 22, pp. 58-61.
- Angelucci, D.E., 2002b. The Lagar Velho rock-shelter (lapedo, Leiria, Portugal): stratigraphic record and environment during the Oxygen Isotope stage 2. 1.º Congresso Nacional de geomorfologia. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos 1, Lisboa, Portugal, pp. 35-37.
- Angelucci, D.E., Zilhão, J., 2009. Stratigraphy and Formation Processes of the Upper Pleistocene Deposit at Gruta da Oliveira, Almonda Karstic System, Torres Novas, Portugal. *Geoarchaeology: An International Journal* 24, No. 3, 277-310.
- Antunes, M. T., 2000. Gruta da Figueira Brava: Pleistocene marine mammals. *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa. Classe de Ciências*, XXXVIII, 245-258.
- Aubry, T. 2009 (editor). 200 séculos da história do Vale do Côa: incursões na vida quotidiana dos caçadores-artistas do Paleolítico. *Trabalhos de Arqueologia* 52, 511 p., IGESPAR IP, Lisboa.
- Aubry, T., Fontugne, M., Moura, M.H., 1997. Les occupations de la grotte de Buraca Grande depuis le Paléolithique supérieur et les apports de la séquence holocène à l'étude de la transition

Mésolithique/Néolithique au Portugal. Bulletin de la Société Préhistorique Française 1997/Tome 94, No. 2, 182-190.

- Aubry, T., Brugal, J.-P., Chauvière, F.X., Figueiral, I., Moura, M.H., Plisson, H., 2001. Modalités d'occupation au Paléolithique supérieur dans la grotte de Buraca Escura (Redinha, Pombal, Portugal). *Revista Portuguesa de Arqueologia* 4, No. 2, 19-46.
- Aubry, T., Almeida, M., Neves, M.J., 2006. The Middle-to-Upper Palaeolithic transition in Portugal: An Aurignacian phase or not? Proceeding of the Symposium "Towards a definition of the Aurignacian", Lisbon, Portugal. In: O. Bar-Yosef and J. Zilhão (eds.). *Trabalhos de Arqueologia*, 45, pp. 95-108.
- Aubry, T., Dimuccio, L.A., Bergadà, M.M., Sampaio, J.D., Sellami, F., 2010. Palaeolithic engravings and sedimentary environments in the Côa River Valley (Portugal): implications for the detection, interpretation and dating of open-air rock art. *Journal of Archaeological Science* 37, 306–3319.
- Aubry, T., Dimuccio, L.A., Almeida, M., Neves, M.J., Angelucci, D., Cunha, L., 2011. Palaeoenvironmental forcing during the Middle-Upper Palaeolithic transition in Central-Western Portugal. *Quaternary Research* 75 (1), pp. 66-79.
- Aubry, T., Dimuccio, L.A., Almeida, M., Buylaert, J.-P., Fontana, L., Higham, C., Liard, M., Murray, A., Neves, M.J., Peyrouse, J.-B., Bertrand, W., 2012a. Stratigraphic and technological evidences from the Middle Palaeolithic-Châtelperronian-Aurignacian record at the Bordes-Fitte rockshelter (Roches d'Abilly site, Central France). *Journal of Human Evolution* 62, pp. 116-137. (doi:10.1016/j.jhevol.2011.10.009)
- Aubry, T., Luís, L., Dimuccio, L.A., 2012b. Nature vs. Culture: present-day spatial distribution and preservation of open-air rock art in the Côa and Douro River Valleys (Portugal). *Journal of Archaeological Science* 39, 848–866.
- Aubry, T., Dimuccio, L.A., Buylaert, J.-P., Liard, M., Murray, A., Jørkov Thomsen, K., Bertrand, W., 2014a. Middle-to-Upper Palaeolithic site formation processes at the Bordes-Fitte rockshelter (Central France). *Journal of Archaeological Science* 52, pp. 436-457. (doi:10.1016/j.jas.2014.09.013)
- Aubry, T., Llach, J.M., Matias, H., 2014b. Matérias-primas das ferramentas em pedra lascada da Pré-história do Centro e Nordeste de Portugal. In Dinis, P.A.; Gomes, A.; Monteiro Rodrigues, S., eds. *Disponibilidade de materiais geológicos: abordagens sobre o Quaternário de Portugal*. Coimbra: Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário, 2014. ISBN 978-989-97140-2-1. p 165-192.
- Aubry, T., Luis, L., Llach, J.M., Matias, H., 2015. Adaptation to resources and environments during the Last Glacial Maximum by hunter-gatherer societies in Atlantic Europe. *Journal of Anthropological Research* 71, 523-544 (doi: /10.3998/jar.0521004.0071.404)
- Aubry, T. Barbosa, A.F., Luís L., Santos, A.T., Silvestre, M. 2016a. Quartz use in the absence of flint: Middle and Upper Palaeolithic raw material economy in the Côa Valley (North-eastern Portugal). *Quaternary International* 424: 113-129. (doi: 10.1016/j.quaint.2015.11.067)

- Aubry, T., Gameiro, C., Llach, J.M., Luís, L., Matias, H., do Pereira, T., 2016b. Upper Palaeolithic lithic raw material sourcing in Central and Northern Portugal as an aid to reconstructing hunter-gatherer societies. *Journal of Lithic Studies* 3(2). (doi: 10.2218/jls.v3i2.1436)
- Aubry, T., Dimuccio, L.A., Moura, H., 2017. Paleoambientes e Culturas do Paleolítico Superior no Centro e Norte de Portugal: Balanço e Perspetivas de Investigação. *Estudos do Quaternário*. 17, 29-43.
- Aubry, T., Santos, A.T., Luís, L., Barbosa, A.F., Silvestre, M., 2020a. Fluvial dynamics and palaeolithic settlement: new data from the Côa Valley (Portugal). *Comptes Rendus Palevol* 19, 117–135.
- Aubry, T., Dimuccio, L.A., Barbosa, A.F., Luís, L., Santos, A.T., Silvestre, M., Thomsen, K.J., Rades, E., Autzen, M., Murray, A.S., 2020b. Timing of the Middle-to-Upper Palaeolithic transition in the Iberian inland (Cardina-Salto do Boi, Côa Valley, Portugal). *Quaternary Research* 98, 81-101.
- Bajo, P., Drysdale, R.N., Woodhead, J.D., Hellstrom, J.C., Hodell, D., Ferrerri, P., Walker, A.H.L., Zanchetta, G., Rodrigues, T., Wolff, E., Tyler, J., Frisia, S., Spötl, C., Fallick, A.E. Persistent influence of obliquity on ice age terminations since the Middle Pleistocene transition. *Science* 367, 1235–1239.
- Banks W.E., d’Errico F., Peterson A.T., Kageyama M., Sima L., Sánchez-Gómez M., 2008. Neanderthal Extinction by Competitive Exclusion, *PLoS ONE*, t. 3(12), 39–42.
- Barker, S., Chen, J., Gong, X., Jonkers, L., Knorr, G., Thornalley, D., 2017. Icebergs not the trigger for North Atlantic cold events. *Nature* 520, 323–330.
- Bicho, N., Cascalheira, J., Marreiros, J., Pereira, T., 2007. Rapid climatic events and long term cultural change: The case of the Portuguese Upper Palaeolithic. *Quaternary International* 428, 3-16.
- Bond, G.C., Broecker, W., Johnsen, S., McManis, J., Labeyrie, L., Jouzel, J., Bonani, G., 1993. Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature* 365, 143-147.
- Bradtmoller, M., Pastors, A., Wünniger, B., Weniger, G.-C., 2012. The repeated replacement model: rapid climate change and population dynamics in Late Pleistocene Europe. *Quaternary International* 267–268, 38e40.
- Britton, E., Grimes, V., Steele, T.E., McPherron, S., Soressi, S., Kelly, T.E., Jaubert, J., Hublin, J.-J., Richards, M., 2011. Strontium isotope evidence for migration in late Pleistocene Rangifer: Implications for Neanderthal hunting strategies at the Middle Palaeolithic site of Jonzac, France. *Journal of Human Evolution*.
- Brugal, J.-P., Valente, M. J., 2007. Dynamics of large mammalian associations in the Pleistocene of Portugal. In Bicho, N.F., (Ed.), *From the Mediterranean basin to the Portuguese Atlantic Shore: Papers in Honor of Anthony Marks*. Promontória Monográfica 7, Universidade do Algarve, Faro, pp. 15-28.
- Cabral, J., 1995. Neotectónica em Portugal Continental. *Mem. Inst. Geol. Min.* 31.
- Carrión, J.S., Finlayson, C., Fernández, S., Finlayson, G., Allué, E., López-Sáez, J.A., López-García, P., Gil-Romera, G., Bailey, G., González-Sampériz, P., 2008. A coastal reservoir of biodiversity for

- Upper Pleistocene human populations: palaeoecological investigations in Gorham's Cave (Gibraltar) in the context of the Iberian Peninsula. *Quaternary Science Reviews* 27, 2118–2135.
- Carrión, J.S., Fernandez, S., Gonzalez-Samperiz, P., et al., 2010. Expected trends and surprises in the Lateglacial and Holocene vegetation history of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 162, 458e475.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., & Fan, J. X. (2013). The ICS International Chronostratigraphic Chart. *International Union of Geological Sciences*, 36(3), 199–204.
- Comas-Bru, L., Harrison, S.P., Werner, M., Rehfeld, K., Scroxton, N., Veiga-Pires, C., SISAL working group members, 2019. Evaluating model outputs using integrated global speleothem records of climate change since the last glacial. *Climate of the Past* 15, 1557-1579.
- Combourieu Nebout, N., Turon, J.-L., Zahn, R., Capotondi, L., Londeix, L., Pakke, K. Z. 2012. Enhanced aridity and atmospheric high-pressure stability over the western Mediterranean during the North Atlantic cold events of the past 50 k.y. *Geology* 30, 863–866.
- Cunha, L., 1991. As Serras Calcárias de Condeixa-Sicó-Alvaiázere. Estudo de Geomorfologia. Ph.D. Thesis, Universidade de Coimbra, I.N.I.C., collection de Géographie physique.
- Cunha, L., Dimuccio, L.A., 2014. Karstic landforms and processes in the limestone massifs of the central Portugal. The particular case of the Sicó Massif. [Formas e processos cársicos nos maciços calcários do centro de Portugal. O caso particular do maciço de Sicó]. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 15 (4), 673-685.
- Cunha, L., Dimuccio, L.A., Paiva, I., 2015. The Sicó Massif: Morphostructural Aspects, Hydrology and Karstification. In: G. Vieira, G., Zêzere, J.L., Moura, C., (eds.), *Landscapes and Landforms of Portugal, World Geomorphological Landscapes*, 211-227.
- Cunha, P.P., A.A. Martins, A.A. Gomes, A. et al., 2019a. Mechanisms and age estimates of continental-scale endorheic to exorheic drainage transition: Douro River, Western Iberia, Global and Planetary Change.
- Cunha, P.P.; Martins, A.A.; Buyalant, J.; Murray, A.S.; Gouveia, M.P.; Font, E.; Pereira, T.; Figueiredo, S.; Moura, C.; Bridgland, D.R.; Yang, P.; Stevaux, J.C.; Mota, R., 2019b. The Lowermost Tejo River Terrance at Foz do Enxarrique, Portugal: A Palaeoenvironmental Archive from c. 60–35 ka and Its Implications for the Last Neanderthals in Westernmost Iberia. *Quaternary* 2019, 2, 3.
- d'Errico, F., Sánchez Goñi, M.F., 2003. Neanderthal extinction and the millennial scale climatic variability of OIS 3. *Quaternary Science review* 22, 769-788.
- Dansgaard, W., Johnsen, S., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Hammer, C.U., Oeschger, H., 1984. North Atlantic climatic oscillations revealed by deep Greenland ice cores. In: Hansen, J.E., Takahashi, T. (Eds.), *Climate Processes and Climate Sensitivity*. American Geophysical Union, Washington DC, pp. 288–298.
- Daveau, S., 2020. The Longroiva and Vilarica Depressions: Two Narrow Tectonic Basins with Different Impacts on the Human Occupation. In: G. Vieira, G., Zêzere, J.L., Moura, C., (eds.), *Landscapes and Landforms of Portugal, World Geomorphological Landscapes*, 163-174.

- Davis, S. J. M., 2002. The mammals and birds from the Gruta do Caldeirão, Portugal. *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 5(2), 29-98.
- De Vicente, G., Cloetingh, S., Van Wees, J.D., Cunha, P.P., 2011. Tectonic classification of Cenozoic Iberian foreland basin. *Tectonophysics* 502, 38-61.
- De Vicente, G., Cunha, P.P., Muñoz-Martín, A., Cloetingh, S.A.P.L., Olaiz, A., Vegas, R., 2018. The Spanish-Portuguese Central System: Na Example of Intense Intraplate Deformation and Strain Partitioning. *Tectonics* 37, 4444-4469.
- Dimuccio, L., Cunha, L., & Aubry, T. 2018. Évolution géomorphologique et registre archéologique de la basse vallée du Côa (Portugal) [poster]. In Vème Colloque de l'AFGP - Géographie Physique et Société : des risques naturels au patrimoine naturel, Coimbra.
- Dimuccio, L.A., Aubry, T., Bergadà, M.M., Rodrigues, N., Cunha, L. (2019). Field analysis and Late-Pleistocene fluvial depositional environments in the Cardina-Salto (Cabo Boi archaeological site (Côa Valley, Portugal), in: Vieira, A., Gomes, A.A., Dimuccio, L., Garçon, R., Telles, V. (Eds.), *Geomorfologia 2019: Que Futuro Para a Geomorfologia? Associação Portuguesa de Geomorfólogos (Publicações; 9)*, Guimarães, pp. 167-170.
- Dimuccio, L.A., Aubry, T., Cunha, L., Rodrigues, N., 2021. CLIMATE@COA project: Climate and human adaptation during the Last Glacial Period in the Côa Valley region (Portugal). EGU-6295, Abstract EGU General Assembly 2021.
- Discamps, E., Jaubert, J., Bachelier F. 2011. Human and environmental constraints: deciphering the variability of large game procurement from Mousterian to Aurignacian times (MIS 5-3) in southwestern France. *Quaternary Science Reviews* 30, 2755-2775.
- Faust, D., Antoine, P., Heinrich, H., 2021. Heinrich Events. *Quaternary Research*, 101, 1-3.
- Ferreira, A.B., 1971. O reborde ocidental da Meseta e a depressão tectónica da Longroiva. *Finisterra* 6 (12), 196-217. Lisboa.
- Ferreira, A.B., 1978. Planaltos e montanhas do norte da Beira. *Mem. Cent. Estud. Geogr.* 4, Lisboa.
- Ferreira, A.B., 1993. Neotectonics in Northern Portugal, a geomorphological approach. *Z. Geomorph NF, Mon-Bd* 82, 7-85.
- Figueiral, I., Terral, J. F., 2002. Late Quaternary refugia of Mediterranean taxa in the Portuguese Estremadura: charcoal based paleovegetation and climatic reconstruction. *Quaternary Science Reviews*, 21, 549-558.
- Gameiro, C., Aubry, T., Almeida, F., 2008. L'exploitation des matieres premieres lithiques au Magdalénien Final en Estremadura Portugaise: donnees sur les sites de lapa dos coelhos et de l'Abry 1 de Vale dos Covões. In: Aubry, T., Almeida, F., Araújo, A.C., Tiffagom, M., (Eds.), *Space and Time: Which Diachronies, Which Synchronies, Which Scales? / Typology Vs Technology*, Archaeopress Publishers of British Archaeological Reports (Verlag), BAR International Series 1831, V. 21, pp. 57-67.
- Gonzalez-Samperiz, P., Leroy, S.A.G., Carrion, J.S., Fernandez, S., García-Anton, M., Gil-García, M.J., Uzquiano, P., Valero-Garces, B., Figueiral, I., 2010. Steppes, savannahs, forests and

- phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian Peninsula. *Review of Palaeobotany and Palynology* 162, 427e457.
- Haws, J., 2012. Paleolithic socionatural relationships during MIS 3 and 2 in central Portugal. *Quaternary International*. <https://doi:10.1016/j.quaint.2011.10.003>.
- Heinrich, H., 1988. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the northeast Atlantic ocean during the past 130,000 years. *Quaternary Research* 29, 142-152.
- Huber, C., Leuenberger, M., Spahni, R., Fluckiger, J., Schwander, J., Stocker, T.F., Johnsen, S., Landais, A., Jouzel, J., 2006. Isotope calibrated Greenland temperature record over Marine Isotope Stage 3 and its relation to CH<sub>4</sub>. *Earth and Planetary Science Letters* 243, 504–519.
- IGeoE, 2003. *Cartas Militar de Portugal, Série M888, Escala 1:25000*. Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.
- Jabaloy, A., Galindo-Zaldívar, J., González-Lodeiro, F., 2002. Palaeostress evolution of the Iberian Peninsula (Late Carboniferous to present-day). *Tectonophysics* 347, 159–186.
- Lebreiro, S.M., Moreno, J.C., Mac Cave, I.N., Weaver, P.P.E., 1995. Evidence of Heinrich Event Layers of Portugal (Tore Seamount, 39° N, 12°W). *Marine Geology* 131, 47–56.
- Lebreiro, S.M., Voelker, A.H.L., Vizcaino, A., Abrantes, F.G., Alt-Epping, U., Junco, S., Thouveny, N., Grácia, E., 2009. Sediment instability on the Portuguese continental margin under abrupt glacial climate changes (last 60 kyr). *Quaternary Science Reviews* 28, 3211-3223.
- Lisiecki, L., & Raymo, M. E. (2005). A Pliocene–Holocene record of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}O$  records. *Paleoceanography*, 20, A11–3.
- Mallol, C., Hernández, C.M., Machabán, J., 2011. The significance of stratigraphic discontinuities in Iberia Middle-to-Upper Palaeolithic transitional sites. *Quatern. Int.* 275, 4-13.
- Matias, H., 2016. Raw material sourcing in the Middle Paleolithic site of Gruta da Oliveira (Central Limestone Massif, Estremadura, Portugal). *Journal of Lithic Studies* 3 (2) (doi: 10.2218/jls.v3i2.1452)
- Moreno-García, M., Pinheiro, C., 2002. The Paleofaunal Context. In Zilhão, J., Trinkaus, E. (Eds.), *Portrait of the Artist as a Child: The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its Archaeological Context*. *Trabalhos de Arqueologia*, 22, Instituto Português de Arqueologia, Lisboa, pp. 112-131.
- Moreno, A., Svensson, A., Brooks, J.S., Connor, S., Engels, S., Fletcher, W., Genty, D., Heiri, O., Labuhn, I., Prsoiu, A., Peyron, O., Sadori, L., Valero-Garcés, B., Wulf, S., Zanchetta, G. data contributors, 2014. A compilation of Western European terrestrial records 60-8 ka BP: towards and understanding of latitudinal climatic gradients. *Quaternary Science Reviews* 106, 167-185.
- Morlote-Plaza, M., Rey, D., Santos, J.F., Ribeiro, S., Heslop, D., Bernabeu, A., Mohamed, K.J., Rubio, B., Martins, V., 2017. Southernmost evidence of large European Ice Sheet-derived freshwater discharges during the Heinrich Stadials of the Last Glacial Period (Galician Interior Basin, Northwest Iberian Continental Margin), *Earth and Planetary Science Letters* 457, 213-226.

- Naughton F., Sanchez Goñi, M.F., Desprat, S., Turon, J.-L., Duprat, J., Malaizé, B., Joli, C., Cortijo, E., Drago, T., Freitas, M.C., 2007. Present-day and past (last 25 000 years) marine pollen signal off western Iberia. *Marine Micropaleontology* 62, 2, 91-114.
- Naughton, F., Sánchez Goñi, M.F., Kageyama, M., Bard, E., Duprat, J., Cortijo, E., Desprat, S., Malaizé, B., Joly, C., Rostek, F., Turon, J.-L., 2009. Wet to dry climatic trend in north-western Iberia within Heinrich events. *Earth and Planetary Science Letters* 284, 329–342.
- Pereira, D.M.I., 1998. Sedimentologia e estratigrafia do Cenozóico de Trás-os-Montes oriental (NE Portugal). Tese de doutoramento na Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Pereira, T., Benedetti, M., 2013. A model for raw material management as a response to local and global environmental constraints. *Quaternary International* 318, 19e32.
- Queiroz, P., van Leeuwen, W., Mateus, J., 2002. The Paleovegetation Context. In Zilhão, J., Trinkaus, E., (Eds.), *Portrait of the Artist as a Child: The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its Archaeological Context*. *Trabalhos de Arqueologia*, 22. Instituto Português de Arqueologia, Lisboa, pp. 92-111.
- Rasmussen, S.O., Bigler, M., Blockley, S.P., Junier, T., Buchardt, S.L., Clausen H.P., Cvijanovic, I., Dahl-Jensen, D., Johnsen, S. J., Fischer, H., Gkinis, V., Chylevic, M., Hoek, V.Z., Lowe, J.J., Pedro, J.B., Popp, T., Seierstad, I.K., Steffensen, J.P., Svensson, A., Vallelongo, P., Vinther, B.M., Walker, M.J., Wheatley, J.J., Winstrup, M., 2014. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on tree-ring-dated Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 106, 14-28.
- Reis, M., 2014. "Mil rochas e tal...!" Inventário dos sítios da arte rupestre do Vale do Côa (conclusão). *Portugalia*. Porto. 35, pp. 17-59.
- Ribeiro, A., 1974. Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes oriental. *Mem. Serv. Geol. Port.* 24 (N. Série) Lisboa.
- Ribeiro, A., 1981. A geotransverse through the Variscan fold belt in Portugal. In: Zwart, H.J., Dornsiepen, U.F. (Eds.), *The Variscan orogen in Europe* *Geol. Mijnbouw* 60, 41-44.
- Ribeiro, A., 2013. Evolução tectónica de Portugal; os ciclos ante-mesozóicos. In: DIAS, R., ARAÚJO, A., TEIXEIRA, P., KULLBERG, J.C., (Eds.), *Geologia de Portugal*, Escola Editora, V. II, 15-57.
- Ribeiro, A., Antunes, M.T., Ferreira, M.P., Rocha, M.P., Soares, A.F., Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D., Monteiro, J.H., 1979. *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Serviço Geológico de Portugal, Lisbon.
- Ribeiro, M.L., 2001. Carta geológica simplificada do Parque Arqueológico do Vale do Côa, escala 1: 80 000. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa.
- Rochette Cordeiro, A.M., Rebelo, F., 1996. Carta geomorfológica do Vale do Côa a jusante de Cidadelhe. *Cadernos de Geografia* 15, 11-33.
- Sánchez Goñi M.F., 2020. Regional impacts of climate change and its relevance to human evolution. *Evolutionary Human Sciences*, 2, 1-27.

- Sánchez Goñi M.F., Turon, J.L., Eynaud, F., Gendreau, S., 2000. European Climatic Response to Millennial-Scale Changes in the Atmosphere-Ocean System during the last glacial Period. *Quaternary Research* 54, 394-403.
- Sánchez Goñi, M.F., Landais, A., Fletcher, J.W., Naughton, F., Desprat, S., Duprat, J., 2008. Contrasting impacts of Dansgaard-Oeschger events over a western European latitudinal transect modulated by orbital parameters. *Quaternary Science Reviews* 27, 1136-1151.
- Sanchez Goñi, M.F., Harrison, S.P., 2010. Millennial-scale climatic variability and vegetation changes during the last glacial: concepts and terminology. *Quaternary Science Reviews* 29, 2823-2827.
- Sanchez Goñi, M. F., Desprat, S., Danialu, A.-L., Bassinot, F. C., Polanco-Martinez, J. M., Harrison, S. P., & ACER (2017). The ACER pollen and charcoal database: A global resource to document vegetation and fire response to abrupt climate changes during the last glacial period. *Earth System Science Data*, 9, 679–695
- Sanchez Goñi, M. F., Desprat, S., Fletcher, W. J., Morales del Molino, C., Naughton, F., Oliveira, D., ... Zorzi, C. (2018). Pollen from the deep-sea: A breakthrough in the mystery of the Ice Ages. *Frontiers in Plant Science*, 9.
- Saragoça, P., Maurer, A-F., Šoberl, L., da Conceição Lopes, M., Alencim, R., Leandro, I., Umbelino, C., Fernandes, T., Valente, M.J., Ribeiro, S., Santos, J.F., Monteiro, A., Barrocas, C.D., 2016. Stable isotope and multi-analytical investigation of Monte da Capelinha: A Late Antiquity population in southern Portugal. *Journal of Archaeological Science: Reports* 9, 728-742.
- Schmidt, I., Bradtmoller, M., Kehl, M., Fustöcher, A., Hafelmaier, Y., Weninger, B., Weniger, G.-C., 2012. Rapid climate change and variability of settlement patterns in Iberia during the Late Pleistocene. *Quaternary International* 271, 179e204.
- Sepulchre, P., Ramstein, G., Kageyama, M., Vanhaeren, M., Krinner, G., Sánchez-Goñi, M.-F., d'Errico, F., 2007. H4 abrupt event and late Neanderthal presence in Iberia. *Earth and Planetary Science Letters* 258, 283-292.
- Silva, A.F., Ribeiro, M.L., 1991. Carta Geológica de Portugal em escala 1: 50 000 e Notícia explicativa da Folha 15-A: Vila Nova de Foz Côa. Serviço Geológico de Portugal, Lisboa.
- Skinner, L.C., Elderfield, H., 2007. Rapid fluctuations in the deep North Atlantic heat budget during the last glacial period. *Paleoceanography* 22, PA1205.
- Tzedakis, P.C., Drysdale, R.N., Margari, V., Skinner, L.C., Meniel, L., Rhodes, R.H., Taschetto, A.S., Hodell, D.A., Crowhurst, S.J., Hellstrom, J.C., Fallick, A.E., Gromalt, J.O., McManus, J.F., Martrat, B., Mokeddem, Z., Parrenin, F., Regattieri, E., Roe, K., Zanchetta, G., 2018. Enhanced climate instability in the North Atlantic and southern Europe during the Last Interglacial. *Nature communications* 9, 4235.
- Wolff, E. W., Chappellaz, J., Blunier, T., Rasmussen, S. O., & Svensson, A. C. (2010). Millennial-scale variability during the last glacial: The ice core record. *Quaternary Science Reviews*, 29, 2828–2838.
- Zilhão, J., 1997. O Paleolítico superior da Estremadura portuguesa, 2 Volumes, Lisboa, Ed. Colibri.

Zilhão, J., 2006. Chronostratigraphy of the Middle-to-Upper Paleolithic Transition in the Iberian Peninsula. «Pyrenae», 37 (1), p. 7-84.

Zilhão, J., Almeida F., 2002. The archaeological framework. In: Zilhão, J., Trinkaus, E., (Eds). Portrait of the Artist as a Child. The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho. IPA, Trabalhos de Arqueologia 22, 29-57.

NO PRELO