

# Variabilidade climática e adaptação humana durante o último período glacial: um projeto multidisciplinar na região do Vale do Côa (nordeste de Portugal)

Climate variability and human adaptation during the Last Glacial Period: a multidisciplinary project in the Côa Valley region (northeast Portugal)

Luca A. Dimuccio <sup>\*1</sup>, Thierry Aubry <sup>\*\*2</sup>, Nelson Rodrigues <sup>\*\*\*3</sup>  
e Lúcio Cunha <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

<sup>2</sup>Côa Parque, Fundação para a Salvaguarda e Valorização do Vale do Côa, Vila Nova de Foz Côa & UNIARQ - Centro de Arqueologia da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>3</sup>Universidade de Coimbra, Centro de Geociências, Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, Portugal

<sup>4</sup>Universidade de Coimbra, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), Departamento de Geografia e Turismo, FLUC, Coimbra, Portugal

---

## Resumo

O Projeto «CLIMATE@COA – COA/CAC/0031/2019» propõe uma abordagem integrada multidisciplinar baseada em análises estratigráficas, sedimentológicas, geoquímicas, geomorfológicas, arqueológicas, zoo-arqueológicas e geocronológicas de vários arquivos terrestres (formas e depósitos) a partir de um conjunto de sítios ao ar-livre distribuídos ao longo do vale fluvial 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, bem como vestígios arqueológicos que nos permitem compreender os comportamentos humanos coevos. A investigação proposta tem como objetivo desenvolver um modelo evolutivo da região do Vale do 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 das fontes de matérias-primas e escolhas técnicas. A variabilidade tipo-tecnológica da produção lítica do Neandertal e do Homem Anatomicamente Moderno (HAM) 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 o HAM e inferir sobre a sua territorialidade e organização social no contexto ambiental em que viviam. O conhecimento produzido pode trazer dados científicos originais, valiosos e 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 e regional mais integrado e sustentável.

*Palavras-chave:* Formas e depósitos fluviais. Último Período Glacial. Paleolítico. Exploração da herança cultural.

## Abstract

The Project «CLIMATE@COA – COA/CAC/0031/2019» proposes an integrated multidisciplinary approach based on stratigraphical, sedimentological, geochemical, geomorphological, archaeological, zoo-archaeological, and geochronological analyses of various continental archives (landforms and deposits) from a set of open-air sites distributed across the fluvial valley of the Côa River and surrounding plateau areas (northeast Portugal). Most of those landforms and deposits contain relevant information concerning the climate evolution of the Last Glacial Period and archaeological remains that allow us to understand coeval human behaviours. The proposed

---

\*Email: [luca@ci.uc.pt](mailto:luca@ci.uc.pt)

\*\*Email: [thierryaubry@arte-coa.pt](mailto:thierryaubry@arte-coa.pt)

\*\*\*Email: [nelsonr@dct.uc.pt](mailto:nelsonr@dct.uc.pt)

\*\*\*\*Email: [luciogeo@ci.uc.pt](mailto:luciogeo@ci.uc.pt)

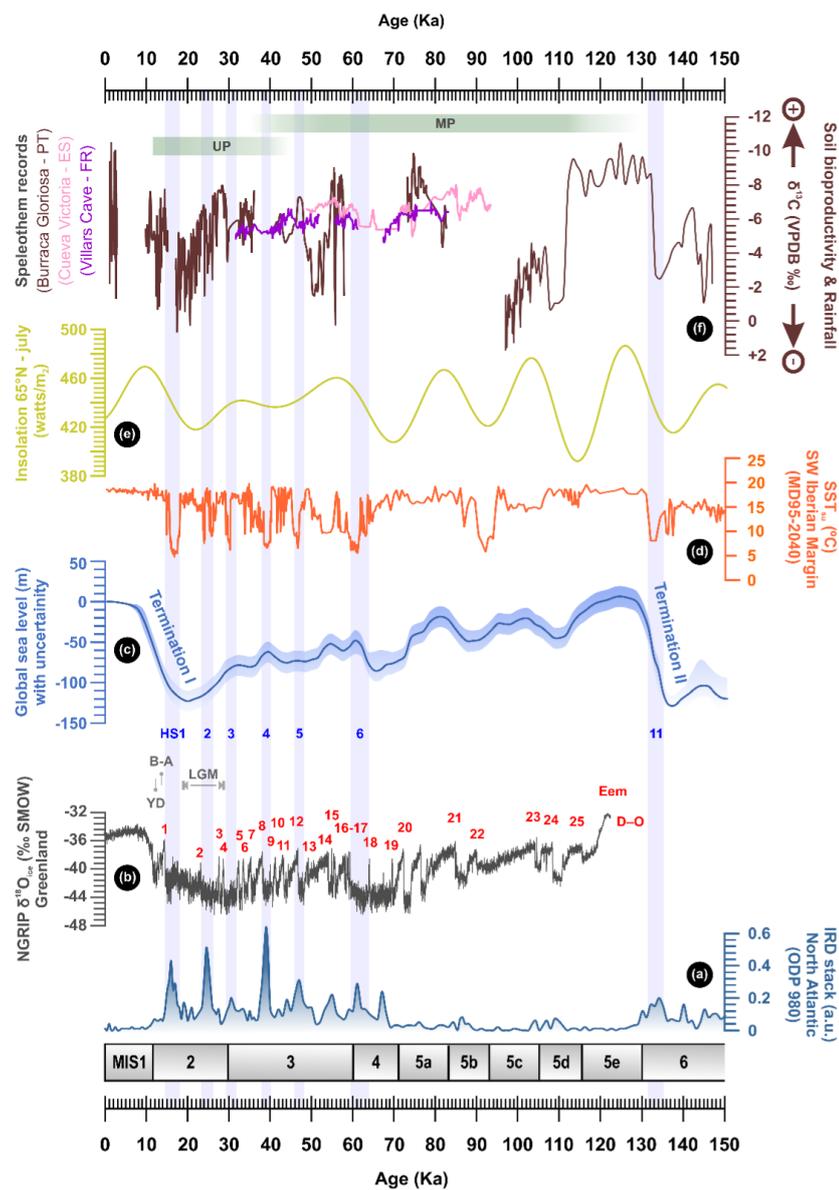
research aims to develop an evolutionary model for the Côa Valley region and deduce the environmental factors forcing such evolution, namely climate and ecosystem changes. We intend to characterise the late Pleistocene human occupation and reconstruct the geographical range of lithic raw material supply and choices. Typo-technological variability of lithic production of Neanderthal and Anatomically Modern Human (AMH) will be used to assess exploitation systems and strategies through time and to understand the societies and behaviours of Palaeolithic hunter-gatherer human populations. The project's data will allow us to better define the chronology of the transition between Neanderthal and AMH and to infer territoriality and social organisation in its environmental context. 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 to the definition of the strategies to adopt for a more integrated and sustainable local/regional development.

*Keywords:* Fluvial landforms and deposits. Last Glacial Period. Palaeolithic. Cultural heritage exploration.

## 1. Introdução

Em Portugal, as flutuações climáticas do Plistocénico Superior (Cohen et al., 2013), mais particularmente as dos Estádios Isotópicos Marinheiros (MIS – *Marine Isotope Stage*) 5a-d, 4, 3 e 2 (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 (e.g. Huber et al., 2006; Lebreiro et al., 1995, 2009; Sánchez Goñi, 2022; Sánchez Goñi & Harrison, 2010; Singh et al., 2023; Skinner & Elderfield, 2007) (Figura 1). Em particular, a pronunciada instabilidade climática que caracteriza o Último Período Glaciar, no intervalo de ~116-11.7 ka, compreende várias fases distintas de arrefecimento (estadial ou estádios) e de aquecimento (interestadial ou interestádios) (Dansgaard et al., 1984). Durante as fases estadiais ocorreram os chamados Eventos de Heinrich (HE – *Heinrich Events*), que correspondem a episódios de descargas maciças e repetidas de gelo dos mantos do hemisfério norte, com o transporte de detritos levados pelo gelo (IRD – *Ice-Rafted Debris*) e depositados por causa do derretimento dos icebergs (Bond et al., 1993; Faust et al., 2021; Heinrich, 1988; Toucanne et al., 2022b). Em particular, durante o Último Período Glaciar foram identificados seis HE a cada 7000-10000 anos no Atlântico Norte (Morlote-Plaza et al., 2017; Sánchez Goñi & Harrison, 2010; Sánchez Goñi et al., 2000). Essas ocorrências de arrefecimento, a uma escala milenar, são geralmente coincidentes com os estádios maiores e mais duradouros identificados nos carotes 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 Estadial de Heinrich (HS – *Heinrich Stadial*) (Barker et al., 2009; Sánchez Goñi & Harrison, 2010) (Figura 1). Durante os HE, o litoral da Ibéria ocidental constituía a fronteira sul da frente polar e das massas de águas polares, bem como a área de degelo das frotas de icebergs. Deste modo, contrariamente à circulação atmosférica e oceânica interestadiais, 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; Sánchez Goñi, 2020; Sánchez Goñi & Harrison, 2010; e referências neles incluídas).

Vários períodos climáticos relativamente mais quentes, conhecidos como ciclos de Dansgaard-Oeschger (D-O), que geralmente tiveram uma duração de 500-2000 anos, ocorreram entre os HE, consistindo num amplo (de 7 a 16°C) e rápido (algumas décadas) aquecimento seguido por uma descida progressiva das temperaturas e por um arrefecimento final abrupto (Dansgaard et al., 1984; Johnsen et al., 1992; Wolff et al., 2010). O aquecimento rápido inicial é conhecido como Evento D-O (*Dansgaard-Oeschger Event*) (Landais et al., 2022; Sánchez Goñi & Harrison, 2010; Sánchez Goñi et al., 2008). O evento de aquecimento rápido inicial e o período de progressiva descida das tempera-



**Figura 1.** Comparação entre diferentes *proxys* paleoclimáticos, à escala milenar, que provêm da carotagem dos sedimentos dos fundos marinhos e das calotas de gelo, assim como de alguns registos terrestres, para os últimos 150 ka. (a) Concentração de detritos levados pelo gelo (IRD), em unidade arbitrária (a.u.), detetados na sondagem marinha ODP (*Ocean Drilling Program*) 980. (b) Registo isotópico  $\delta^{18}O_{ice}$  do núcleo de gelo da Groenlândia utilizado como *proxy* qualitativo das variações de temperatura no carote NGRIP (NGRIP Members, 2004). D-O = Evento de aquecimento Dansgaard-Oeschger (Landais et al., 2022; Rasmussen et al., 2014). As faixas verticais identificam o Estádial de Heinrich (HS) de 6 a 1, assim como o HS11 (Sánchez Goñi, 2022). (c) Reconstituição da evolução do nível global do mar (Waelbroeck et al., 2002). Em paleoclimatologia com o termo “*Termination*” (ou deglaciação) se identifica o período durante um ciclo climático em que há uma transição relativamente rápida entre climas totalmente glaciares para climas totalmente interglaciares (Palacios et al., 2022b). Ao final do Estádial Isotópico Marinho (MIS) 2 corresponde a “*Termination I*” que inclui três eventos climáticos abruptos bem conhecidos: o Estádial de Heinrich (HS) 1, o Interestádial de Bølling–Allerød (B-A) e o Estádial do Dryas recente (YD). A “*Termination II*” ocorre no final do MIS6, interrompida apenas pelo HS11 (Palacios et al., 2022a). LGM = Último Máximo Glaciar (*s.l.*), definido como o intervalo mais recente em que as camadas de gelo globais atingiram o seu volume máximo durante a última glaciação (Toucanne et al., 2022a). Eem = Eemiano (penúltimo período interglaciar) (Hoffman et al., 2017). (d) As contagens do censo de foraminíferos planctónicos são utilizadas para inferir as variações de temperatura da superfície do mar no verão (SST<sub>su</sub>) na sondagem marinha MD95-2040 (Salgueiro et al., 2010). (e) Variabilidade da insolação de julho aos 65°N (Berger & Loutre, 1991). (f) Variabilidade isotópica  $\delta^{13}C$  registada em espeleotemas e utilizada como *proxy* para a bioprodutividade dos solos e das precipitações. Villars cave é uma cavidade cársica no sul da França (Genty et al., 2010, 2003, 2006), Cueva Victoria no sudeste da Espanha (Budsky et al., 2019) e Buraca Gloriosa no centro de Portugal (Denniston et al., 2018). Identifica-se a transição entre o Paleolítico Médio (MP) e o Paleolítico Superior (UP) (Zilhão, 2023).

turas (no conjunto com duração entre os 100 e 2600 anos) identificam o Interestadial da Groenlândia (GI – *Greenland Interstadial*), enquanto o evento de arrefecimento final abrupto corresponde à fase Estadial da Groenlândia (GS – *Greenland Stadial*) (de acordo com as definições do projeto INTIMATE (Rasmussen et al., 2014). Cerca de 25 eventos de D-O ocorreram durante o Último Período Glaciar (Figura 1). Os mecanismos associados aos eventos D-O ainda não estão totalmente esclarecidos, embora se tenha atribuído um papel fundamental às variações da Circulação Oceânica Meridional Atlântica (AMOC – *Atlantic Meridional Oceanic Circulation*) desencadeadas pelo degelo dos icebergues e pelos inputs de água doce que lhe estão associados, bem como ao gelo marinho do Ártico (Bond et al., 1992; Menviel et al., 2014; Vettoretti & Peltier, 2016). As condições continentais rapidamente oscilaram entre ambientes frios-áridos e quentes-húmidos no curso destas oscilações climáticas estadiais-interestadiais seculares. Essas grandes e rápidas mudanças climáticas que caracterizam o Último Período Glaciar, registadas numa variedade de arquivos marinhos (sedimentos oceânicos) e terrestres (lagoas, espeleotemas, loess e paleosolos) em todo o mundo, assim como nos carotes das calotes de gelo da Groenlândia e da Antártica, têm um impacto reconhecido nas zonas bioclimáticas (Carrion et al., 2008, 2010; Combourieu Nebout et al., 2002; Deplazes et al., 2013; Figueiral & Terral, 2002; Gonzalez-Samperiz et al., 2010) e, possivelmente, na dinâmica, demografia e padrões de povoamento dos caçadores-coletores do Paleolítico Médio e do Paleolítico Superior da Península Ibérica (Angelucci, 2002a, 2002b; Aubry et al., 2015, 2014a, 2011; Banks et al., 2008; Bicho et al., 2017; Bradtmoller et al., 2012; d'Errico & Sánchez Goñi, 2003; Pereira & Benedetti, 2013; Sánchez Goñi, 2020; Schmidt et al., 2012; Zilhão, 2021, 2023) e referências neles incluídas.

Geralmente, para a elaboração de modelos climáticos do Último Período Glaciar da Ibéria, à escala milenar, tem-se recorrido às sequências polínicas dos fundos marinhos (Naughton et al., 2009; Roucoux et al., 2001; Sánchez Goñi et al., 2008, 2000, 2018) e a algoritmos computacionais (Izumi et al., 2023; Malmierca-Vallet et al., 2023; Woillez et al., 2013). 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 (recorrendo ao pólen) e nos espeleotemas de cavidades cársticas (Budsky et al., 2019; Corrick et al., 2020; Denniston et al., 2018; Genty et al., 2010, 2003, 2006; Peral et al., 2024). A composição isotópica  $\delta^{18}O$  e  $\delta^{13}C$  das concreções calcíticas das grutas responde as variações na precipitação, temperatura ou nas características do solo ligadas ao coberto vegetal (Fairchild & Baker, 2012). Assim sendo, 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 tem dedicado tempo e dinheiro para entender a expressão regional dessa variabilidade (Naughton et al., 2022).

Neste contexto, na região centro de Portugal (Baixo Mondego e envolventes – Figura 2), com base no estudo geológico/geomorfológico e geoarqueológico do registo preservado em grutas e abrigos-sob-rocha do Maciço de Sicó (Cunha, 1991; Cunha & Dimuccio, 2014; Cunha et al., 2020), modelos de correlação entre mudanças climáticas e comportamento humano 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 endocárstico forneceu as evidências de uma discontinuidade estratigráfica erosiva recorrente, datada de ~29,5-32 ka (durante o HS3), que parece relacionar-se com os impactos das mudanças climáticas na paisagem (Aubry et al., 2011). Estes dados concordam com o que é conhecido também noutros sítios arqueológicos de Portugal (Angelucci, 2002b; Angelucci & Zilhão, 2009; Zilhão, 2006, 1997, 2023; Zilhão & Almeida, 2002; Zilhão et al., 2021a, 2021b), Espanha (Mallol et al., 2012) e França (Aubry et al., 2014a, 2012a). Foi também avançado um modelo de base climática com vista à explicação de uma dispersão tardia do Homem Anatomicamente Moderno (HAM), da persistência das últimas populações neandertais e das diferenças cronológicas entre os dados a norte e a sul dos Pirenéus (Banks et al., 2008; d'Errico & Sánchez Goñi, 2003; Sepulchre et al., 2007; Zilhão, 2006, 2021), interpretadas como sendo o impacto direto do HS4 (~40-38 ka) 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, matérias-primas 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 e desde a Orla Meso-Cenozoica Ocidental (Aubry et al., 2015, 2022, 2014b, 2016a, 2016b; Gameiro et al., 2008; Matias, 2016).

O contexto ambiental da ocupação humana é frequentemente inferido a partir de vestígios faunísticos associados a indústrias líticas. Medir 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 a biogeografia 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; Linscott et al., 2023). 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 MIS3 e MIS2 no centro de Portugal (Antunes, 2000; Brugal & Valente, 2007; Davis, 2002; Figueiral & Terral, 2002; Haws, 2012; Haws et al., 2020; Moreno-García & Pimenta, 2002; Queiroz et al., 2002; Zilhão, 2006, 1997, 2023).

Apesar de existirem 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 – a 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 (grutas e abrigos), devendo agora ser investigada também noutros contextos geomorfológicos de ar livre, 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), estão a ser obtidos e estudados novos dados, através do trabalho de campo e de laboratório, do registo terrestre (natural e cultural) preservado no Vale do Côa (nordeste de Portugal) e nas áreas planálticas adjacentes (Figura 2). Uma abordagem multidisciplinar, integrada e integradora, baseada em análises estratigráficas, sedimentológicas, geoquímicas, geomorfológicas, arqueológicas, zoo-arqueológicas e geocronológicas dos arquivos terrestres, tais como formas e depósitos, permitirá a reconstituição detalhada das variações climáticas locais e regionais e dos comportamento dos caçadores-recolectores durante o Plistocénico final, possibilitando a elaboração de um quadro cronológico para as evidências arqueológicas cognitivas dos neandertais e dos HAM no seu contexto ambiental.

## 2. Enquadramento geológico, geomorfológico e arqueológico da área de estudo

O Rio Côa, com a nascente da primeira cabeceira localizada 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 3), geologicamente localiza-se no sector norte da Zona Geotectónica Centro Ibérica e corresponde a parte do Maciço Hespérico (*i.e.*, o fragmento mais contínuo e ocidental do soco varisco europeu que identifica um conjunto morfostrutural, à escala da Península Ibérica, com origem no arrasamento da cadeia varisca) (Ribeiro, 2013, 1981; Ribeiro et al., 1979; 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 (Ribeiro, 2001; Silva &

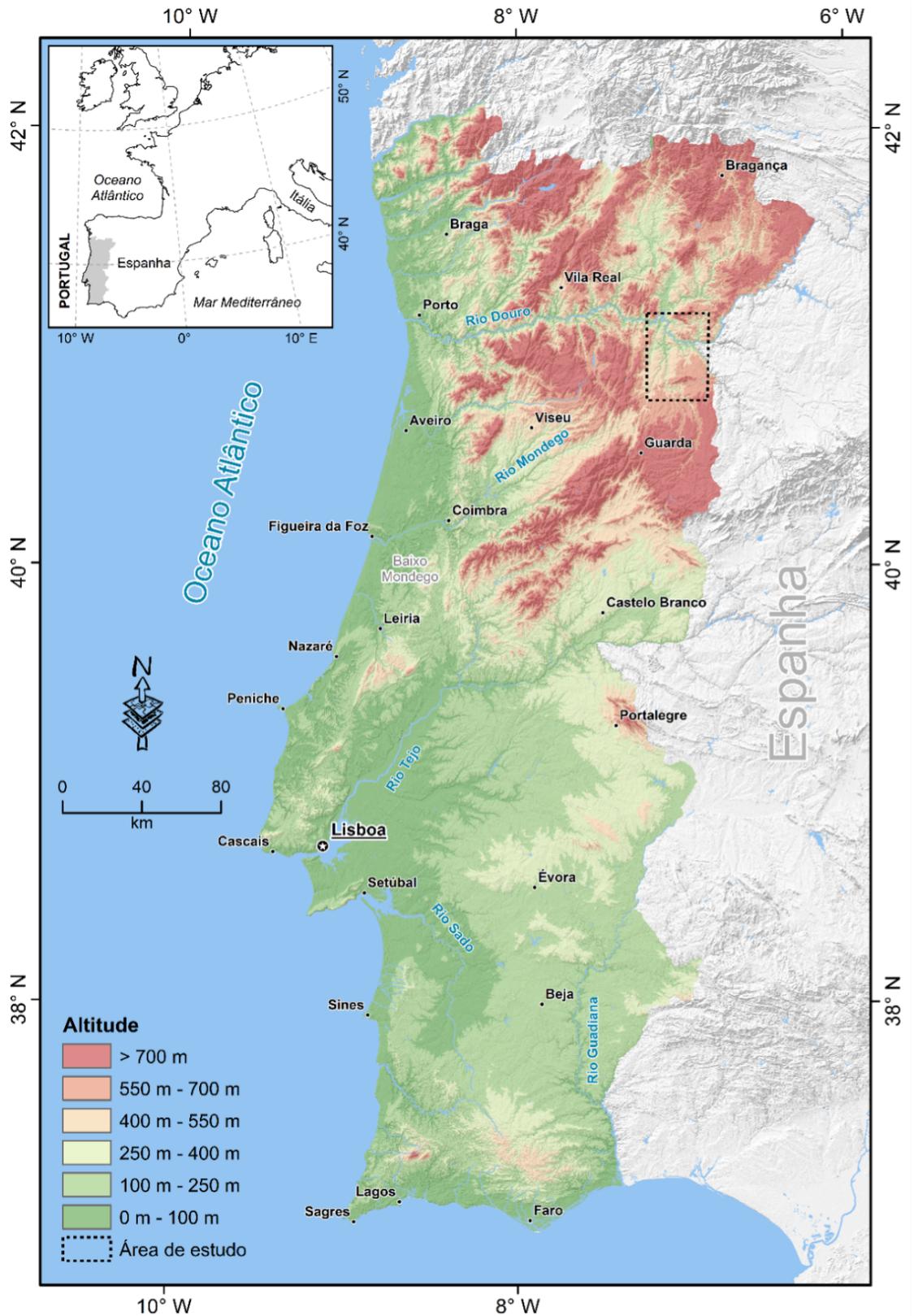


Figura 2. Esboço hipsométrico de Portugal e localização geográfica da área de estudo (baixo Vale do Rio Côa). O modelo digital de elevação, com uma resolução geométrica de 25 x 25 m de pixel, foi construído utilizando curvas de nível, pontos cotados e linhas de águas vetorizadas a partir das Cartas Militares de Portugal em escala 1:25000 (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).

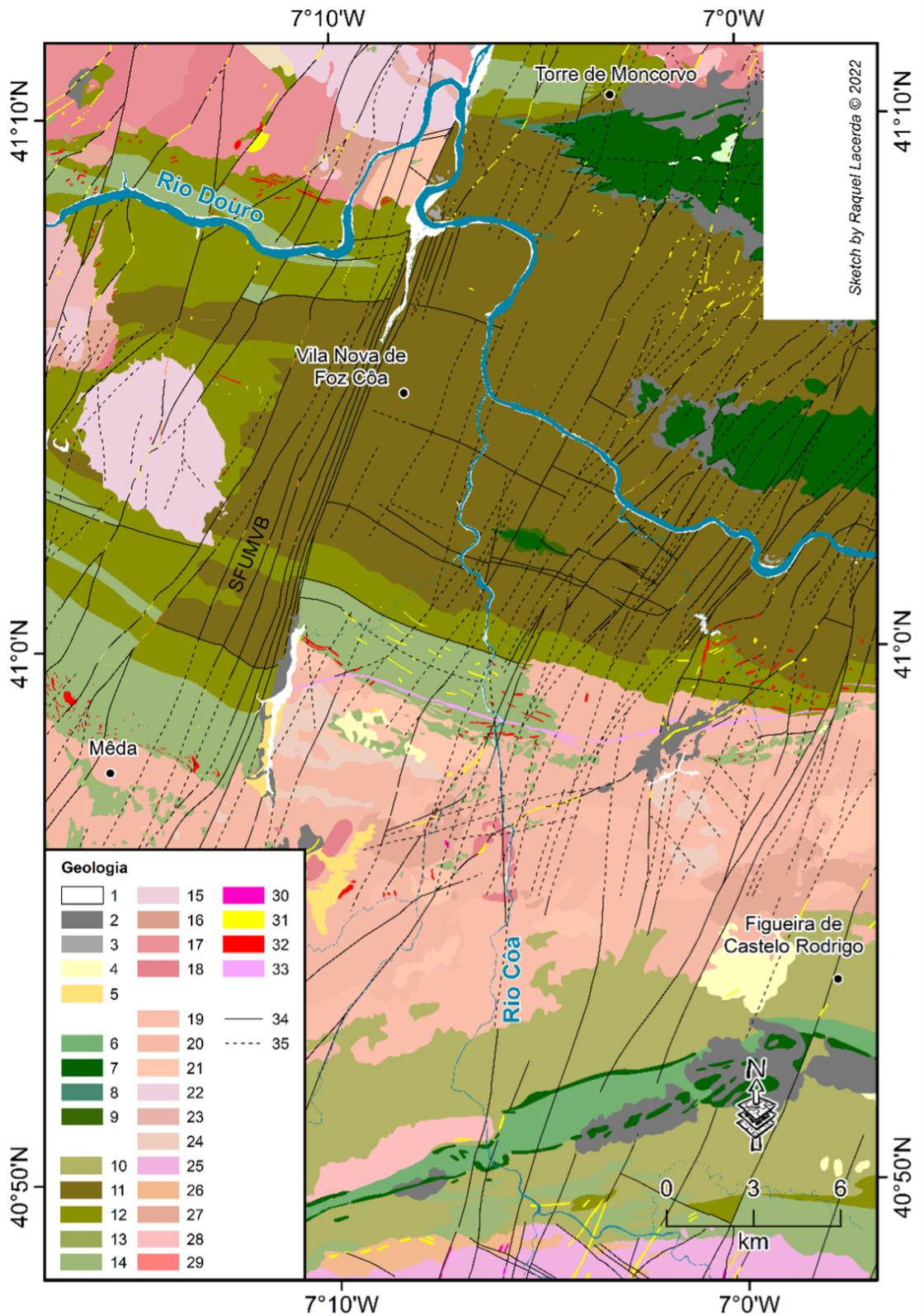


Figura 3. Enquadramento geológico da região do baixo Vale do Côa. Base cartográfica de acordo com Silva & Ribeiro (1991) e Ribeiro (2001). Coberturas siliciclásticas do Cenozoico: (1) Aluviões; (2) Depósitos de vertente; (3) Terraços fluviais; (4) Depósito do tipo "raña"; (5) Arcoses de Vilariça. Ordovício: (6) Formação (Fm.) de Sto. Antão; (7) Fm. de Poiães-Castelo Rodrigo; (8) Fm. de Quinta da Ventosa; (9) Fm. de São Gabriel. Precâmbrico a Câmbrico: (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-Vilariça-Bragança.

Ribeiro, 1991). 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 (Cabral, 1995; Daveau, 2020; Ferreira, 1971; Pereira, 1997). 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 Sedimentar do Douro (endorreica), (2) de sedimentos essencialmente conglomeráticos, correlativos de fases tectónicas neogénicas, e (3) de depósitos de terraços fluviais, já francamente do Quaternário, associados à organização de uma rede fluvial com escoamento para oeste em direção ao Oceano Atlântico (Biot, 1946, 1949; Cunha et al., 2019b; Feio & Daveau, 2004; Ferreira, 1978; Pais et al., 2012; Pereira, 1997; Ramos & Ramos, 2020; Silva et al., 2017; e referências neles incluídas). 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 3), 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. Cabral, 1995; De Vicente et al., 2018, 2011; Jabaloy et al., 2002; Ribeiro, 1974).

O relevo 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 Vale do Côa situa-se no rebordo setentrional e mais ocidental da chamada “Meseta Ibérica” (*i.e.*, a justaposição de extensas superfícies de peneplanação do Cenozoico) (vide Ferreira, 1991, 1978) 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. Localmente, 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 & Rebelo, 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 Côa) (Figuras 3 e 4).

Na década de 1990, a descoberta da arte rupestre paleolítica ao ar livre na região do Vale do Côa, com uma rara concentração de painéis gravados, foi sem dúvida um passo fundamental na Arqueologia Ibérica (Zilhão, 1997) (Figura 4). Nesta altura, a construção de uma barragem, que resultaria na submersão dos painéis gravados, motivou uma acesa discussão acerca da importância artística e científica destas gravuras rupestres no panorama nacional, mas também com importantes repercussões no contexto internacional. Os 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 inscrição dos núcleos de arte rupestre e de dois sítios de ocupação humana (Salto do Boi e Quinta da Ervamoira) como Património Mundial da UNESCO ocorreu em 1998. Neste momento são conhecidas mais de mil e trezentas rochas gravadas (Aubry et al., 2012b; Reis, 2014; Zilhão, 1997). Mais de quinhentos painéis em xistos/filitos, localizados ao longo dos últimos ~20 km do Rio Côa, na proximidade da confluência com o Rio Douro, contêm gravuras rupestres do Paleolítico Superior. 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 4) 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;

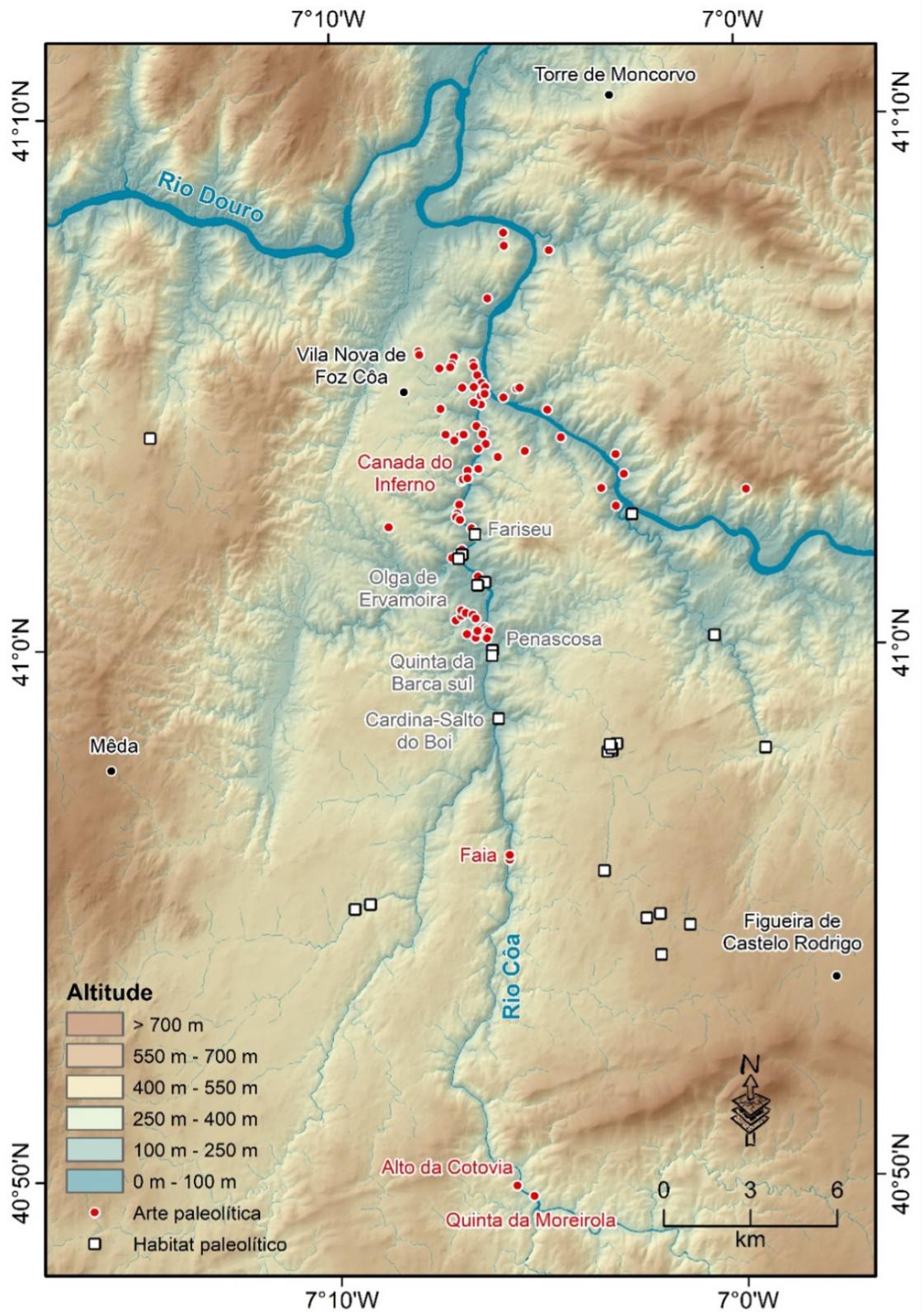


Figura 4. Localização dos sítios paleolíticos (conhecidos) com arte rupestre ao ar livre e de habitat no baixo Vale do Côa, de acordo com o inventário de Reis (2014).

Aubry et al., 2022, 2020b, 2012b, 2010, 2017, 2016a, 2020a, 2016b; Dimuccio et al., 2018; Dimuccio et al., 2021, 2019).

### 3. Plano e método

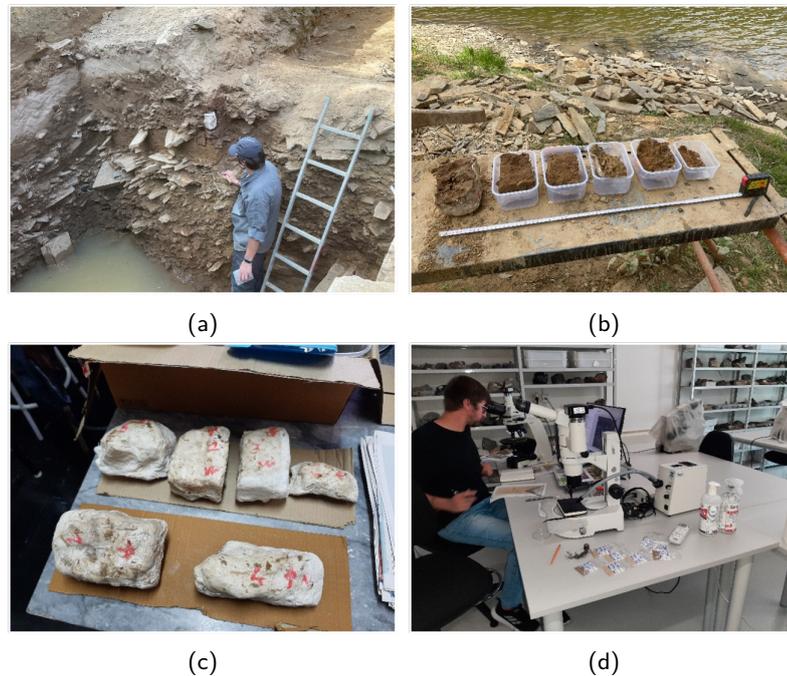
Como foi dito, este projeto visa desenvolver uma perspetiva científica integrada sobre o impacto das oscilações climáticas do Último Período Glaciar na adaptação cultural humana ocorrida no oeste da Península Ibérica, com base na análise do registo fluvial bem preservado e longe das áreas costeiras. 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 de resolução fina e com significado estratigráfico substancial. No entanto, os projetos internacionais baseados numa abordagem direta multidisciplinar desses arquivos continuam a ser 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 globais em curso nestes sistemas locais e regionais.

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

- i. Construção de uma base de dados cronoestratigráfica e seu significado paleoambiental. Para compreender a complexidade da evolução da região do Vale do 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 onde se combinam os estudos à escala regional (ao nível dos vales encaixados e dos antigos planaltos) com os estudos à escala local dos sítios ao ar livre em áreas-chave 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 5 e 6). 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 modo a inferir a evolução de pormenor das formas de 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, sobretudo, no registo marinho.
- ii. 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 potenciais fontes de matéria-prima em Portugal e na Espanha central, definição da sua petrografia, incluindo a caracterização mesoscópica e microscópica, bem como no estudo tecnológico sistemático de coleções líticas. Um novo programa extensivo de análises



**Figura 5.** Exemplos de atividades de campo e de laboratório atualmente em curso no sítio arqueológico da Cardina-Salto do Boi (para a localização do sítio ver a Figura 4). (a) Visão geral do sítio (proteção do corte principal); (b) recolha de amostras para serem datadas com a técnica da luminescência ótica estimulada (OSL – *Optically Stimulated Luminescence*); (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.



**Figura 6.** Exemplos de atividades de campo e de laboratório atualmente em curso no sítio arqueológico do Fariseu (para a localização do sítio ver a Figura 4). (a) Recolha de amostras para o estudo micromorfológico da sucessão sedimentar provisoriamente atribuída ao Tardiglacial e ao Dryas recente; (b) amostras recolhidas no campo e (c) prontas, depois de completamente envolvidas em gesso, para serem enviadas ao laboratório da especialidade que confeciona as lâminas delgadas; (d) análise ao microscópio petrográfico das lâminas de micromorfologia.

mineralógicas, espectroscópicas e de geoquímica elementar será desenvolvido para caracterizar as fontes de sílex e de outras rochas siliciosas 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 isotópicas 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.

- iii. Integração de todos os dados recolhidos num Sistema de Informação Geográfica (SIG). Serão aplicados procedimentos de classificação probabilística, juntamente com técnicas de atribuição de pesos com base em redes neurais artificiais, a fim de elaborar: (a) uma linha de tempo precisa das condições paleoclimáticas; (b) 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 Vale do Côa.
- iv. 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. Uma página-web oficial já permite o acesso aos registos e primeiras 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, pensada para o público em geral, será organizada no final do projeto nos museus locais e nacionais.

#### 4. 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 territorial 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, litoral, 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/início do Plistocénico (Almeida et al., 2006b, 2006a; Aubry et al., 1997, 2006, 2001; Cunha et al., 2019a). 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 ainda são escassas em Portugal (Aubry et al., 2020b, 2010; Cunha et al., 2019a, 2019b). Assim, a relevância e a maior realização científica do projeto residem na sua contribuição para: (i) adquirir e relacionar dados geoarqueológicos, 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 (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 (e.g., Bajo et al., 2020; Comas-Bru et al., 2019; Moreno et al., 2014), 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 arqueológico-estratigráficas do Plistocénico Superior da região do Vale do Côa, à escala local e regional;
- elaboração de um mapa geomorfológico de detalhe de áreas amostra no baixo Vale do Côa e das zonas planálticas envolventes (a escala de 1:50000) 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 Vale do Côa e nas zonas planálticas envolventes, juntamente com avaliação dos processos de formação de cada local ao ar livre escolhido e das condições paleoambientais relacionadas;
- reconstituição da abrangência geográfica (local e regional) do sistema de abastecimento da indústria lítica e enquadramento das escolhas de matérias-primas, da variabilidade tipo-tecnológica da produção lítica dos neandertais e do HAM 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 à idade, composição anatómica de acumulações ósseas, tamanhos de assemblagens e vias tafonómicas, assim como compreender os comportamentos e as escolhas de subsistência das populações humanas de caçadores-coletores paleolíticos;
- definição das fases de evolução geológica/geomorfológica e da ocupação humana/animal, no Vale do Côa, para o Plistocénico Superior, num quadro geocronológico mais preciso e detalhado.

## 5. 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 arqueológico 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 obtenção 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 (cársico e fluvial) distintos. O conhecimento produzido, assim como o desenvolvimento de ferramentas para cartografar, avaliar e gerir a paisagem cultural da região do Vale do 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.

## 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». A investigação está a ser desenvolvida no Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT), financiado por fundos nacionais através da FCT com a referência UIDB/04084/2020\_UC.

Os autores deste texto prepararam-no inicialmente para o Livro de Homenagem à Doutora Maria de Assunção Araújo. Assim, pretendemos visitar 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 à 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.

## Bibliografia

- Almeida, M., Aubry, T., & Neves, M. J. (2006a). 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 02*, 419–431.
- Almeida, M., Dimuccio, L., Aubry, T., Neves, M., & Cunha, L. (2006b). Enquadramento geomorfológico e crono-cultural do sítio arqueológico da Gândara do Outil I. *2º Congresso Nacional de Geomorfologia. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, 205–210.
- Angelucci, D. E. (2002a). The Geoarchaeological Context. Em J. Zilhão & Trinkaus (Ed.), *Portrait of the Artist as a Child. The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its Archaeological Context* (pp. 58–91, Vol. 22). Instituto Português de Arqueologia.
- Angelucci, D. (2002b). The Lagar Velho rock-shelter (Lapedo, Leiria, Portugal): stratigraphic record and palaeoenvironment during the Oxygen Isotope stage 2. *1º Congresso Nacional de Geomorfologia. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, 35–48.
- Angelucci, D., & 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(3), 277–310.
- Antunes, M. T. (2000). Gruta da Figueira Brava: Pleistocene marine mammals. *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa. Classe de Ciências*, 38, 245–258.
- Aubry, T. (Ed.). (2009). *200 séculos da história do Vale do Côa: incursões na vida quotidiana dos caçadores-artistas do Paleolítico* (Vol. 52). IGESPAR IP.
- Aubry, T., Almeida, M., & Neves, M. (2006). The Middle-to-Upper Palaeolithic transition in Portugal: An Aurignacian phase or not? Em O. Bar-Yosef & J. Zilhão (Ed.), *Proceeding of the Symposium "Towards a definition of the Aurignacian"* (pp. 95–108, Vol. 45).
- Aubry, T., Barbosa, A., Gameiro, C., Luís, L., Santos, A., & Silvestre, M. (2022). Far from flint: Inferring land-use and social networks from Middle and Upper Palaeolithic lithic assemblages (Cardina-Salto do Boi, Côa Valley, Portugal). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 42, 103385.
- Aubry, T., Barbosa, A., Luís, L., Santos, A., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.067>
- Aubry, T., Brugal, J.-P., Chauvière, F., Figueiral, I., Moura, M., & Plisson, H. (2001). Modalités d'occupation au Paléolithique supérieur dans la grotte de Buraca Escura (Redinha, Pombal, Portugal). *Revista Portuguesa de Arqueologia*, 4(2), 19–46.
- Aubry, T., Dimuccio, L., Almeida, M., Buylaert, J.-P., Fontana, L., Higham, T., Liard, M., Murray, A., Neves, M., 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, 116–137. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2011.10.009>
- Aubry, T., Dimuccio, L., Almeida, M., Neves, M., Angelucci, D., & Cunha, L. (2011). Palaeoenvironmental forcing during the Middle-Upper Palaeolithic transition in Central-Western Portugal. *Quaternary Research*, 75(1), 66–79.
- Aubry, T., Dimuccio, L., Barbosa, A., Luís, L., Santos, A., Silvestre, M., Thomsen, K., Rades, E., Autzen, M., & Murray, A. (2020a). Timing of the Middle-to-Upper Palaeolithic transition in the Iberian inland (Cardina-Salto do Boi, Côa Valley, Portugal). *Quaternary Research*, 98, 81–101.
- Aubry, T., Dimuccio, L., Bergadà, M., Sampaio, J., & 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, 3306–3319.
- Aubry, T., Dimuccio, L., 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, 436–457. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.09.013>
- Aubry, T., Dimuccio, L., & 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., Fontugne, M., & Moura, M. (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*, 94(2), 182–190.
- Aubry, T., Gameiro, C., Llach, J., Luis, L., Matias, H., & do Pereiro, 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). <https://doi.org/10.2218/jls.v3i2.1436>
- Aubry, T., Llach, J., & Matias, H. (2014b). Matérias-primas das ferramentas em pedra lascada da Pré-história do Centro e Nordeste de Portugal. Em P. Dinis, A. Gomes & S. Monteiro Rodrigues (Ed.), *Proveniência de materiais geológicos: abordagens sobre o Quaternário de Portugal* (pp. 165–192). Associação Portuguesa para o Estudo do Quaternário.
- Aubry, T., Luís, L., & Dimuccio, L. (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., Luís, L., Llach, J., & 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. <https://doi.org/10.3998/jar.0521004.0071.404>
- Aubry, T., Santos, A., Luís, L., Barbosa, A., & Silvestre, M. (2020b). Fluvial dynamics and palaeolithic settlement: new data from the Côa Valley (Portugal). *Comptes Rendus Palevol*, 19, 117–135.
- Bajo, P., Drysdale, R., Woodhead, J., Hellstrom, J., Hodell, D., Ferretti, P., Voelker, A., Zanchetta, G., Rodrigues, T., Wolff, E., Tyler, J., Frisia, S., Spötl, C., & Fallick, A. (2020). Persistent influence of obliquity on ice age terminations since the Middle Pleistocene transition. *Science*, 367, 1235–1239.
- Banks, W., d'Errico, F., Peterson, A., Kageyama, M., Sima, A., & Sánchez-Goñi, M. (2008). Neanderthal Extinction by Competitive Exclusion. *PLoS ONE*, 3(12), 39–72.
- Barker, S., Chen, J., Gong, X., Jonkers, L., Knorr, G., & Thornalley, D. (2015). Icebergs not the trigger for North Atlantic cold events. *Nature*, 520, 333–338.
- Barker, S., Diz, P., Vautravers, M., Pike, J., Knorr, G., Hall, I., et al. (2009). Interhemispheric Atlantic seesaw response during the last deglaciation. *Nature*, 457(7233), 1097–1102.
- Berger, A., & Loutre, M. (1991). Insolation Values for the Climate of the Last 10 Million Years. *Quaternary Science Reviews*, 10(4), 297–317.
- Bicho, N., Cascalheira, J., Marreiros, J., & Pereira, T. (2017). Rapid climatic events and long-term cultural change: The case of the Portuguese Upper Paleolithic. *Quaternary International*, 428, 3–16.
- Biro, P. (1946). Contribution à l'étude morphologique que de la région de Guarda. *Bulletin des Études Portugaises, Lisboa*, 1–47.
- Biro, P. (1949). Les surfaces d'érosion du Portugal Central e Septentrional. *Rapport de la Commission pour la Cartographie des Surfaces d'Aplanissement, Louvain*, 9–116.
- Bond, G., Broecker, W., Johnsen, S., McManus, J., Labeyrie, L., Jouzel, J., & Bonani, G. (1993). Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature*, 365, 143–147.
- Bond, G., Henrich, H., Broecker, W., Labeyrie, L., McManus, J., Andrews, J., et al. (1992). Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic Ocean during the last glacial period. *Nature*, 360(6401), 245–249.
- Bradtmoeller, M., Pastoors, A., Weninger, B., & Weniger, G.-C. (2012). The repeated replacement model: rapid climate change and population dynamics in Late Pleistocene Europe. *Quaternary International*, 247, 38–49.
- Britton, K., Grimes, V., Steele, T., McPherron, S., Soressi, S., Kelly, T., Jaubert, J., Hublin, J.-J., & Richards, M.-P. (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. Em N. Bicho (Ed.), *From the Mediterranean basin to the Portuguese Atlantic Shore: Papers in Honor of Anthony Marks* (pp. 15–28). Universidade do Algarve.
- Budsky, A., Wassenburg, J., Mertz-Kraus, R., Spötl, C., Jochum, K., Gibert, L., & Scholz, D. (2019). Western Mediterranean Climate Response to Dansgaard/Oeschger Events: New Insights From Speleothem Records. *Geophysical Research Letters*, 46, 9042–9053.
- Cabral, J. (1995). *Neotectónica em Portugal Continental* (Vol. 31).
- Carrión, J., 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, 458–475.

- Carrión, J., Finlayson, C., Fernández, S., Finlayson, G., Allué, E., López-Sáez, J., 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.
- 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., Werner, M., Rehfeld, K., Scroton, N., Veiga-Pires, C., & working group members, S. (2019). Evaluating model outputs using integrated global speleothem records of climate change since the last glacial. *Climate of the Past*, 15, 1557–1579.
- Combouret, N., Turon, J.-L., Zahn, R., Capotondi, L., Londeix, L., & Pahnke, K. (2002). 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.
- Corrick, E., Drysdale, R., Hellstrom, J., Capron, E., Rasmussen, S., Zhang, X., et al. (2020). Synchronous timing of abrupt climate changes during the last glacial period. *Science*, 369(6506), 963–969.
- Cunha, L. (1991). *As Serras Calcárias de Condeixa-Sicó-Alvaiázere. Estudo de Geomorfologia* [tese de dout., Universidade de Coimbra]. I.N.I.C., Collection de Géographie Physique.
- Cunha, L., & Dimuccio, L. (2014). Karstic landforms and processes in the limestone massifs of the central Portugal. The particular case of the Sicó Massif. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(4), 673–685.
- Cunha, L., Dimuccio, L., & Paiva, I. (2020). The Sicó Massif: Morphostructural Aspects, Hydrology and Karstification. Em G. Vieira, J. Zêzere & C. Moura (Ed.), *Landscapes and Landforms of Portugal, World Geomorphological Landscapes* (pp. 211–227).
- Cunha, P., Martins, A., Buylaert, J., Murray, A., Gouveia, M., Font, E., Pereira, T., Figueiredo, S., Ferreira, C., Bridgland, D., Yang, P., Stevaux, J., & Mota, R. (2019a). The Lowermost Tejo River Terrace at Foz do Enxarrique, Portugal: A Palaeoenvironmental Archive from c. 60–35 ka and Its Implications for the Last Neanderthals in Westernmost Iberia. *Quaternary*, 2(3).
- Cunha, P., Martins, A., Gomes, A., et al. (2019b). Mechanisms and age estimates of continental-scale endorheic to exorheic drainage transition: Douro River, Western Iberia. *Global and Planetary Change*.
- Dansgaard, W., Johnsen, S., Clausen, H., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N., Hammer, C., & Oeschger, H. (1984). North Atlantic climatic oscillations revealed by deep Greenland ice cores. Em J. Hansen & T. Takahashi (Ed.), *Climate Processes and Climate Sensitivity* (pp. 288–298). American Geophysical Union.
- Daveau, S. (2020). The Longroiva and Vilariça Depressions: Two Narrow Tectonic Basins with Different Impacts on the Human Occupation. Em G. Vieira, J. Zêzere & C. Moura (Ed.), *Landscapes and Landforms of Portugal, World Geomorphological Landscapes* (pp. 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., & Cunha, P. (2011). Tectonic classification of Cenozoic Iberian foreland basin. *Tectonophysics*, 502, 38–61.
- De Vicente, G., Cunha, P., Muñoz-Martín, A., Cloetingh, S., Olaiz, A., & Vegas, R. (2018). The Spanish-Portuguese Central System: an Example of Intense Intraplate Deformation and Strain Partitioning. *Tectonics*, 37, 4444–4469.
- Denniston, R., Houts, A., Asmerom, Y., Wanamaker, A. J., Haws, J., Polyak, V., Thatcher, D., et al. (2018). A Stalagmite Test of North Atlantic SST and Iberian Hydroclimate Linkages over the Last Two Glacial Cycles. *Climate of the Past*, 14(12), 1893–1913.
- Deplazes, G., Lückge, A., Peterson, L., Timmermann, A., Hamann, Y., Hughen, K., Röhl, U., Laj, C., Cane, M., Sigman, D., & Haug, G. (2013). Links between tropical rainfall and North Atlantic climate during the last glacial period. *Nature Geoscience*, 6, 213–217.
- d'Errico, F., & Sánchez Goñi, M. (2003). Neanderthal extinction and the millennial scale climatic variability of OIS 3. *Quaternary Science Review*, 22, 769–788.
- Dimuccio, L., Cunha, L., & Aubry, T. (2018). Évolution géomorphologique et registre archéologique de la basse vallée du Côa (Portugal) [poster]. *Vème Colloque de l'AFGP – Géographie Physique et Société: des risques naturels au patrimoine naturel*.
- Dimuccio, L., Aubry, T., Bergadà, M., Rodrigues, N., & Cunha, L. (2019). Facies analysis and Late-Pleistocene fluvial depositional environments in the Cardina-Salto do Boi archaeological site (Côa Valley, Portugal). Em A. Vieira, A. Gomes, L. Dimuccio, R. Garcia & V. Teles (Ed.), *Geomorfologia 2019: Que*

*Futuro Para a Geomorfologia? Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos* (pp. 167–170).

- Dimuccio, L., 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 General Assembly Abstracts, EGU-6295*.
- Discamps, E., Jaubert, J., & Bachelier, F. (2011). Human choice 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.
- Fairchild, I., & Baker, A. (2012). *Speleothem Science. From Process to Past Environments*. Wiley-Blackwell.
- Faust, D., Antoine, P., & Heinrich, H. (2021). Heinrich Events. *Quaternary Research, 101*, 1–3.
- Feio, M., & Daveau, S. (Ed.). (2004). *O relevo de Portugal: Grandes unidades regionais*. Associação Portuguesa de Geomorfólogos.
- Ferreira, A. (1991). Neotectonics in Northern Portugal, a geomorphological approach. *Z. Geomorph NF, Sipl-Bd, 82*, 73–85.
- Ferreira, A. (1971). O rebordo ocidental da Meseta e a depressão tectónica da Longroiva. *Finisterra, 6*(12), 196–217.
- Ferreira, A. (1978). *Planaltos e montanhas do norte da Beira* (Vol. 4).
- Figueiral, I., & Terral, J. (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 matières premières lithiques au Magdalénien Final en Estremadura Portugaise: données sur les sites de lapa dos coelhos et de l'Abry 1 de Vale dos Covões. Em T. Aubry, F. Almeida, A. Araújo & M. Tiffagom (Ed.), *Space and Time: Which Diachronies, Which Synchronies, Which Scales? / Typology Vs Technology* (pp. 57–67, Vol. 21). Archaeopress Publishers of British Archaeological Reports.
- Genty, D., Blamart, D., Ghaleb, B., Plagnes, V., Causse, C., Bakalowicz, M., Zouari, K., Hellstrom, J., Wainer, K., & Bourges, F. (2006). Timing and dynamics of the last deglaciation from European and North African 13C stalagmite profiles – comparison with Chinese and South Hemisphere stalagmites. *Quaternary Science Reviews, 25*, 2118–2142.
- Genty, D., Blamart, D., Ouahdi, R., Gilmour, M., Baker, A., Jouzel, J., & Van-Exter, S. (2003). Precise dating of Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from stalagmite data. *Nature, 421*, 833–837.
- Genty, D., Combourieu-Nebout, N., Peyron, O., Blamart, D., Wainer, K., Mansuri, F., Ghaleb, B., Isabello, L., Dormoy, I., von Grafenstein, U., Bonelli, S., Landais, A., & Brauer, A. (2010). Isotopic characterization of rapid climatic events during OIS3 and OIS4 in Villars Cave stalagmites (SW-France) and correlation with Atlantic and Mediterranean pollen records. *Quaternary Science Reviews, 29*, 2799–2820.
- Gonzalez-Samperiz, P., Leroy, S., Carrion, J., Fernandez, S., García-Anton, M., Gil-García, M., 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*, 427–457.
- Haws, J. (2012). Paleolithic socio-natural relationships during MIS 3 and 2 in central Portugal. *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.10.003>
- Haws, J., Benedetti, M., Funk, C., Bicho, N., Pereira, T., Marreiros, J., Daniels, J., Forman, S., Minckley, T., & Denniston, R. (2020). Late Pleistocene landscape and settlement dynamics of Portuguese Estremadura. *Journal of Field Archaeology, 45*(4), 222–248.
- 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.
- Hoffman, J., Clark, P., Parnell, A., & He, F. (2017). Regional and global sea-surface temperatures during the last interglaciation. *Science, 355*(6322), 276.
- Huber, C., Leuenberger, M., Spahni, R., Fluckiger, J., Schwander, J., Stocker, T., 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.
- Izumi, K., Armstrong, E., & Valdes, P. (2023). Global footprints of dansgaard-oeschger oscillations in a GCM. *Quaternary Science Reviews, 305*, 108016.
- Jabaloy, A., Galindo-Zaldívar, J., & González-Lodeiro, F. (2002). Palaeostress evolution of the Iberian Peninsula (Late Carboniferous to present-day). *Tectonophysics, 347*, 159–186.

- Johnsen, S., Clausen, H., Dansgaard, W., Fuhrer, K., Gundestrup, N., Hammer, C., Iversen, P., Jouzel, J., Stauffer, B., & Stefansen, J. (1992). Irregular glacial interstadials recorded in a new Greenland ice core. *Nature*, *359*, 311–313.
- Landais, A., Goñi, M. F. S., Toucanne, S., Rodrigues, T., & Naughton, F. (2022). Abrupt climatic variability: Dansgaard–Oeschger events. Em *European Glacial Landscapes* (pp. 175–180). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823498-3.00056-x>
- Lebreiro, S., Moreno, J., MacCave, I., & Weaver, P. (1995). Evidence of Heinrich Event Layers of Portugal (Tore Seamount, 39° N, 12°W). *Marine Geology*, *131*, 47–56.
- Lebreiro, S., Voelker, A., Vizcaino, A., Abrantes, F., Alt-Epping, U., Jung, 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.
- Linscott, B., Pike, A., Angelucci, D., Cooper, M., Milton, J., Matias, H., & Zilhão, J. (2023). Reconstructing Middle and Upper Paleolithic human mobility in Portuguese Estremadura through laser ablation strontium isotope analysis. *PNAS*, *120*(20), e2204501120.
- Lisiecki, L., & Raymo, M. (2005). A Pliocene–Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic 18 O records. *Paleoceanography*, *20*, PA1003.
- Mallol, C., Hernández, C., & Machado, J. (2012). The significance of stratigraphic discontinuities in Iberia Middle-to-Upper Palaeolithic transitional sites. *Quaternary International*, *275*, 4–13.
- Malmierca-Vallet, I., Sime, C., & community members, D.-O. (2023). Dansgaard–Oeschger events in climate models: review and baseline Marine Isotope Stage 3 (MIS3) protocol. *Climate of the Past*, *19*, 915–942.
- 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).
- Menviel, L., England, M., Meissner, K., Mouchet, A., & Yu, J. (2014). Atlantic-Pacific seesaw and its role in outgassing CO<sub>2</sub> during Heinrich Events. *Paleoceanography*, *29*(1), 58–70.
- Moreno, A., Svensson, A., Brooks, J., Connor, S., Engels, S., Fletcher, W., Genty, D., et al. (2014). A compilation of Western European terrestrial records 60–8 ka BP: towards an understanding of latitudinal climatic gradients. *Quaternary Science Reviews*, *106*, 167–185.
- Moreno-Garcia, M., & Pimenta, C. (2002). The Paleofaunal Context. Em J. Zilhão & E. Trinkaus (Ed.), *Portrait of the Artist as a Child: The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its Archaeological Context* (pp. 112–131, Vol. 22). Instituto Português de Arqueologia.
- Morlote-Plaza, M., Rey, D., Santos, J., Ribeiro, S., Heslop, D., Bernabeu, A., Mohamed, K., Rubio, B., & Martíns, 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., Desprat, S., Turon, J.-L., Duprat, J., Malaizé, B., Joli, C., Cortijo, E., Drago, T., & Freitas, M. (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., 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.
- Naughton, F., Sánchez Goñi, M., Kageyama, M., & Toucanne, S. (2022). Quaternary Climate Variability and Periglacial Dynamics. Em M. Oliva, D. Nývlt & J. M. Fernández-Fernández (Ed.), *Periglacial Landscape of Europe* (pp. 7–35). Springer.
- Pais, J., Cunha, P., Pereira, D., Legoinha, P., Dias, R., Moura, D., Brum da Silveira, A., Kullberg, J., & González-Delgado, J. (2012). *The Paleogene and Neogene of Western Iberia (Portugal). A Cenozoic record in the European Atlantic domain* (Vol. 1). Springer.
- Palacios, D., Hughes, P. D., García-Ruiz, J. M., & Andrés, N. (2022a). The Quaternary ice ages. Em *European Glacial Landscapes* (pp. 9–18). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823498-3.00006-6>
- Palacios, D., Hughes, P. D., Sánchez-Goñi, M. F., García-Ruiz, J. M., & Andrés, N. (2022b). The terminations of the glacial cycles. Em *European Glacial Landscapes* (pp. 11–24). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91899-2.00002-4>
- Peral, M., Marhcegiano, M., Verheyden, S., Goderis, S., Van Helden, T., Vanhaecke, F., Van Acker, T., Jia, X., Cheng, H., Fiebig, J., Fourcade, T., Snoeck, C., & Claeys, P. (2024). A new insight of the MIS 3 Dansgaard–Oeschger climate oscillations in western Europe from the study of a Belgium isotopically equilibrated speleothem. *Quaternary Science Reviews*, *329*, 108564.

- Pereira, D. (1997). *Sedimentologia e estratigrafia do Cenozóico de Trás-os-Montes oriental (NE Portugal)* [tese de dout., Universidade do Minho].
- Pereira, T., & Benedetti, M. (2013). A model for raw material management as a response to local and global environmental constraints. *Quaternary International*, 318, 19–32.
- Queiroz, P., van Leeuwaarden, W., & Mateus, J. (2002). The Paleovegetational Context. Em J. Zilhão & E. Trinkaus (Ed.), *Portrait of the Artist as a Child: The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its Archaeological Context* (pp. 92–111, Vol. 22). Instituto Português de Arqueologia.
- Ramos, C., & Ramos, A. (2020). Landscapes of Portugal: Paleogeographic Evolution, Tectonics and Geomorphology. Em G. Vieira, J. Zêzere & C. Mora (Ed.), *Landscapes and Landforms of Portugal* (Springer Nature Switzerland). Springer.
- Rasmussen, S., Bigler, M., Blockley, S., Lunier, T., Buchardt, S., Clausen, H., Cvijanovic, I., et al. (2014). A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized 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). *Portvgalia*, 35, 17–59.
- Ribeiro, A. (1974). *Contribution à l'étude tectonique de Trás-os-Montes oriental* (Vol. 24). Serviço Geológico de Portugal.
- Ribeiro, A. (2013). Evolução geodinâmica de Portugal; os ciclos ante-mesozóicos. Em R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha & J. Kullberg (Ed.), *Geologia de Portugal* (pp. 15–57, Vol. 2). Escola Editora.
- Ribeiro, A. (1981). A geotransverse through the Variscan fold belt in Portugal (H. Zwart & U. Dornsiepen, Ed.). *Geologie en Mijnbouw*, 60, 41–44.
- Ribeiro, A., Antunes, M., Ferreira, M., Rocha, M., Soares, A., Zbyszewski, G., Moitinho de Almeida, F., Carvalho, D., & Monteiro, J. (1979). *Introduction à la géologie générale du Portugal*. Serviço Geológico de Portugal.
- Ribeiro, M. (2001). Carta geológica simplificada do Parque Arqueológico do Vale do Côa, escala 1:80 000.
- Rochette Cordeiro, A., & Rebelo, F. (1996). Carta geomorfológica do Vale do Côa a jusante de Cidadelhe. *Cadernos de Geografia*, 15, 11–33.
- Roucoux, K., Shackleton, N., de Abreu, L., Schonfeld, J., & Tzedakis, P. (2001). Combined marine proxy and pollen analyses reveal rapid Iberian vegetation response to North Atlantic millennial-scale climate oscillations. *Quaternary Research*, 56(1), 128–132.
- Salgueiro, E., Voelker, A., de Abreu, L., Abrantes, F., Meggers, H., & Wefer, G. (2010). Temperature and Productivity Changes off the Western Iberian Margin during the Last 150 Ky. *Quaternary Science Reviews*, 29(5), 680–695.
- Sánchez Goñi, M. F. (2022). An overview of the Last Glacial Cycle. Em *European Glacial Landscapes* (pp. 165–169). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823498-3.00012-1>
- Sánchez Goñi, M. (2020). Regional impacts of climate change and its relevance to human evolution. *Evolutionary Human Sciences*, 2, 1–27.
- Sánchez Goñi, M., Desprat, S., Fletcher, W., 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.
- Sánchez Goñi, M., & Harrison, S. (2010). Millennial-scale climatic variability and vegetation changes during the last glacial: concepts and terminology. *Quaternary Science Reviews*, 29, 2823–2827.
- Sánchez Goñi, M., Landais, A., Fletcher, J., 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.
- Sánchez Goñi, M., Turon, J., 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.
- Saragoça, P., Maurer, A.-F., Šoberl, L., da Conceição Lopes, M., Alfenim, R., Leandro, I., Umbelino, C., Fernandes, T., Valente, M., Ribeiro, S., Santos, J., Janeiro, A., & Barrocas, C. (2016). Stable isotope and multi-analytical investigation of Monte da Cegonha: A Late Antiquity population in southern Portugal. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 9, 728–742.
- Schmidt, I., Bradtmoller, M., Kehl, M., Pastoors, A., Tafelmaier, Y., Weninger, B., & Weniger, G.-C. (2012). Rapid climate change and variability of settlement patterns in Iberia during the Late Pleistocene. *Quaternary International*, 271, 179–204.

- Sepulchre, P., Ramstein, G., Kageyama, M., Vanhaeren, M., Krinner, G., Sánchez-Góñi, 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., & Ribeiro, M. (1991). Carta Geológica de Portugal em escala 1: 50 000 e Notícia explicativa da Folha 15-A: Vila Nova de Foz Côa.
- Silva, P., Roquero, E., López-Recio, M., Huerta, P., & Martínez-Graña, A. (2017). Chronology of fluvial terrace sequences for large Atlantic rivers in the Iberian Peninsula (Upper Tagus and Duero drainage basins, Central Spain). *Quaternary Science Reviews*, 166, 188–203.
- Singh, H., Singh, D., Tripathi, R., Singh, P., Verma, K., Voelker, A., & Hodell, D. (2023). Centennial-millennial scale ocean-climate variability in the northeastern Atlantic across the last three terminations. *Global and Planetary Change*, 223, 104100.
- Skinner, L., & Elderfield, H. (2007). Rapid fluctuations in the deep North Atlantic heat budget during the last glacial period. *Paleoceanography*, 22, PA1205.
- Toucanne, S., Landais, A., Naughton, F., Rodrigues, T., Vázquez Riveiros, N., & Sánchez Goñi, M. F. (2022a). The Global Last Glacial Maximum: the Eastern North Atlantic (marine sediments) and the Greenland Ice Sheet climatic signal. Em *European Glacial Landscapes* (pp. 189–194). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823498-3.00052-2>
- Toucanne, S., Naughton, F., Rodrigues, T., Vázquez-Riveiros, N., & Sánchez Goñi, M. F. (2022b). Abrupt (or millennial or suborbital) climatic variability: Heinrich events/stadials. Em *European Glacial Landscapes* (pp. 181–187). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823498-3.00062-5>
- Tzedakis, P., Drysdale, R., Margari, V., Skinner, L., Menviel, L., Rhodes, R., Taschetto, A., et al. (2018). Enhanced climate instability in the North Atlantic and southern Europe during the Last Interglacial. *Nature Communications*, 9, 4235.
- Vettoretti, G., & Peltier, W. (2016). Thermohaline instability and the formation of glacial North Atlantic super polynyas at the onset of Dansgaard-Oeschger warming events. *Geophysical Research Letters*, 43(10), 5336–5344.
- Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J., McManus, J., Lambeck, K., Balbon, E., & Labracherie, M. (2002). Sea-Level and Deep Water Temperature Changes Derived from Benthic Foraminifera Isotopic Records. *Quaternary Science Reviews*, 21(1), 295–305.
- Woiliez, M.-N., Kageyama, M., Combourieu-Nebout, N., & Krinner, G. (2013). Simulating the vegetation response in Western Europe to abrupt climate changes under glacial background conditions. *Biogeosciences*, 10, 1561–1582.
- Wolff, E., Chappellaz, J., Blunier, T., Rasmussen, S., & Svensson, A. (2010). Millennial-scale variability during the last glacial: The ice core record. *Quaternary Science Reviews*, 29, 2828–2838.
- Zilhão, J. (2006). Chronostratigraphy of the Middle-to-Upper Paleolithic Transition in the Iberian Peninsula. *Pyrenae*, 37(1), 7–84.
- Zilhão, J. (2021). The late persistence of the Middle Palaeolithic and Neandertals in Iberia: A review of the evidence for and against the “Ebro Frontier” model. *Quaternary Science Review*, 270, 107098.
- Zilhão, J. (1997). *O Paleolítico superior da Estremadura portuguesa* (Vol. 2). Ed. Colibri.
- Zilhão, J. (2023). *Portugal na Idade do Gelo*. Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Zilhão, J., & Almeida, F. (2002). The archaeological framework. Em J. Zilhão & E. Trinkaus (Ed.), *Portrait of the Artist as a Child. The Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho* (pp. 29–57, Vol. 22). Instituto Português de Arqueologia.
- Zilhão, J., Angelucci, D., Arnold, L., Demuro, M., Hoffmann, D., & Pike, A. (2021a). A revised, Last interglacial chronology for the Middle Palaeolithic sequence of Gruta da Oliveira (Almonda karst system, Torres Novas, Portugal). *Quaternary Science Reviews*, 258, 106885.
- Zilhão, J., Angelucci, D., Arnold, L., d'Errico, F., Dayet, L., Demuro, M., Deschamps, M., Fewlass, H., Gomes, L., Linscott, B., Matias, H., Pike, A., Steier, P., Talamo, S., & Wild, E. (2021b). Revisiting the Middle and Upper Palaeolithic archaeology of Gruta do Caldeirão (Tomar, Portugal). *PLoS ONE*, 16(10), e0259089.