



## **Primeiros registos isotópicos em estalagmites no Algarve (Sul de Portugal)**

### ***First isotopic records from stalagmites in Algarve (South Portugal)***

C. Veiga-Pires<sup>1,2,3</sup>, D. Moura<sup>2</sup>, J. Luis<sup>2</sup>, J. Varela<sup>4</sup>, B. Ghaleb<sup>3</sup>, J.-F. Héllie<sup>3</sup>, C. Hillaire-Marcel<sup>3</sup>

<sup>1-2</sup> Universidade do Algarve – CIMA, Portugal - [cvpires@ualg.pt](mailto:cvpires@ualg.pt)

<sup>3</sup> Centro de Investigação GEOTOP, Canadá

<sup>4</sup> Centro de Estudos Espeleológicos e Arqueológicos do Algarve – CEEAA, Portugal

#### **Resumo**

Os espeleotemas representam registos paleoclimáticos continentais de alta resolução e estão a ser cada vez mais estudados para fins de reconstrução climática de períodos não afectados por acções antropogénicas. Na região do Algarve (Sul de Portugal), a existência de formações carbonatadas do Jurássico e Cretácico permitiu um desenvolvimento de sistemas cársticos onde se encontram actualmente estruturas estalagmíticas. Neste estudo preliminar realizado sobre estas estalagmites da região do Algarve, foram realizadas datações U/Th e análises de isótopos estáveis que demonstram pela primeira vez a possibilidade de obter registos isotópicos continentais representativos do paleoclima do extremo Sudoeste da Península Ibérica.

**Palavras chave:** Estalagmites, Datações U/Th, Isótopos estáveis, Paleoclima

#### **Abstract**

Speleothems represent high-resolution records of continental paleoclimates and are being used in an increasing number of studies in order to document and reconstruct climatic intervals that were not influenced by anthropogenic activities. In the Algarve region (Southern Portugal), existing Jurassic and Cretaceous carbonated formations permitted the development of karstic systems in which stalagmites can be seen. For the first time, in this preliminary study on those stalagmites from Algarve region, U/Th dating and stable isotopic analyses show the possibility to obtain continental isotopic records representative of the extreme southwest Iberian Peninsula paleoclimate.

**Keywords:** Stalagmites, U/Th dating, Stable isotopes, Paleoclimate

## 1 Primeiros registos isotópicos em estalagmites no Algarve (Sul de Portugal)

### 3 Introdução

4 A região Algarvia, situada no extremo sudoeste da Península Ibérica, está limitada a  
 5 oeste pelo Oceano Atlântico e a sul pelo Golfo de Cadiz (fig. 1a), ficando sob a influência  
 6 climática do anticiclone dos Açores, e consequentemente da Oscilação Norte Atlântica (e.g.  
 7 Hurrell et al. 2003), mas igualmente do Mediterrâneo, a través da corrente mediterrânica que  
 8 flua pelo Estreito de Gibraltar. A geologia desta região é cobre o intervalo de tempo desde do  
 9 Paleozóico até ao Quaternário (fig. 1b) incluindo formações carbonatadas do Jurássico e  
 10 Cretácico que permitiram o desenvolvimento de um sistema cársico complexo e muito pouco  
 11 estudado do ponto de vista científico, nomeadamente paleoclimático.  
 12

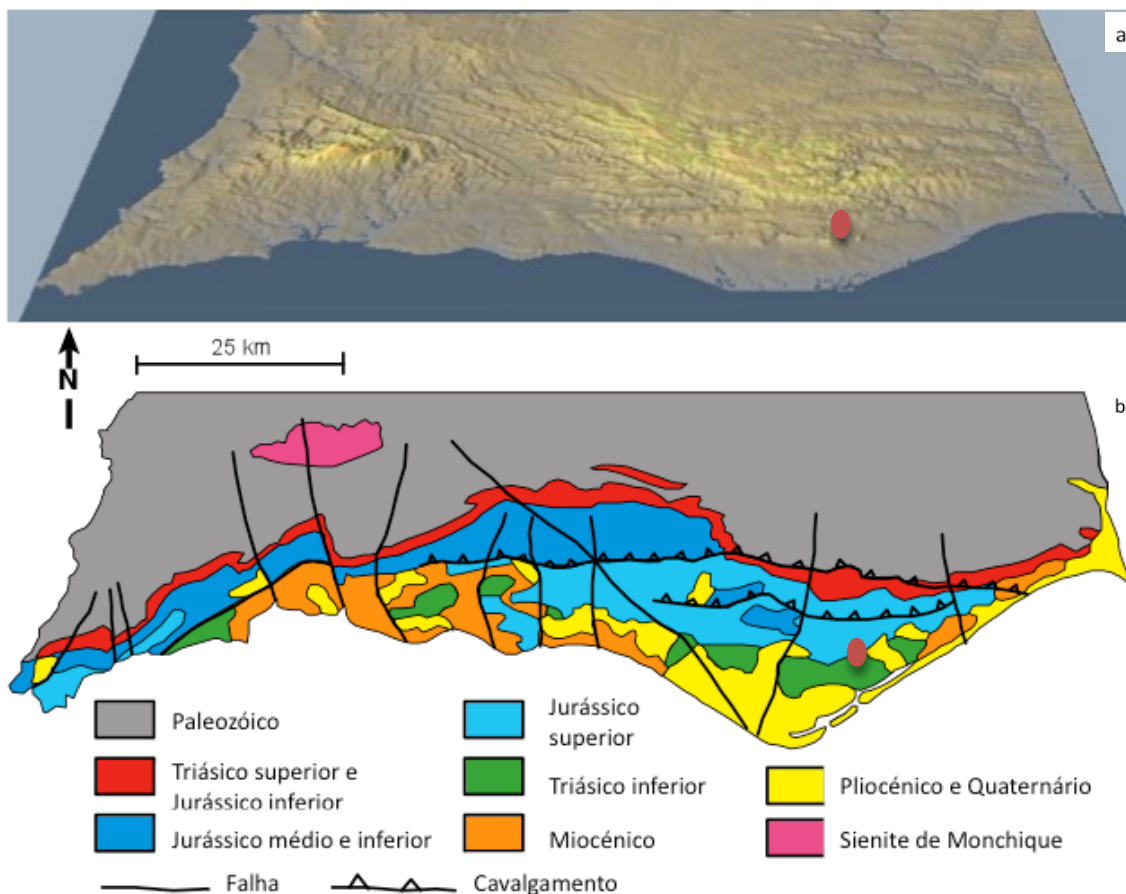
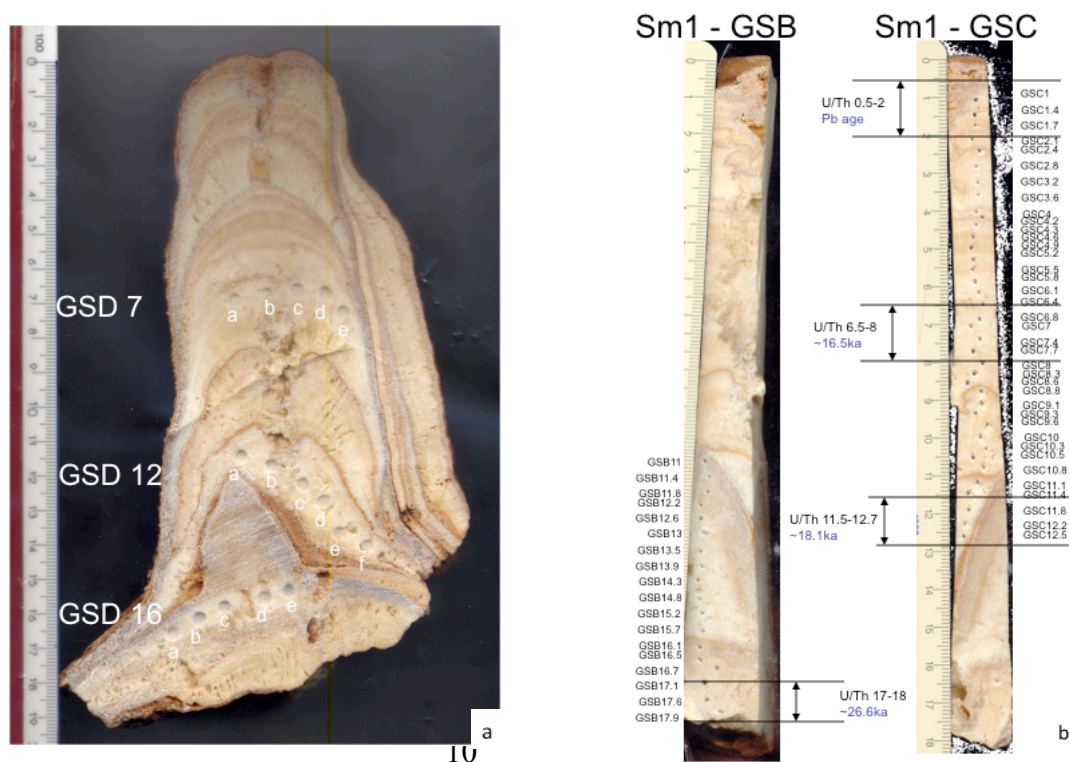


Figura 1 – Localização da gruta da Senhora (gota vermelha) onde foi recolhida a estalagmite em estudo no modelo digital de terreno do Algarve (a) e na carta geológica simplificada da mesma região (b).

Efectivamente estes sistemas cársicos contêm grutas e espeleotemas cujo estudo para reconstituições paleoclimáticas tem vindo a ser cada vez mais enaltecido a nível mundial (McDermott, 2004). Estes depósitos secundários de carbonato de cálcio nas grutas permitem obter idades precisas e correctas com técnicas de datação por U/Th (Ivanovich e Harmon, 1992), que não necessitam de serem calibradas, e informações sobre as condições de superfície (temperatura, humidade, solo) através da sua composição isotópica em oxigénio e carbono (McDermott, 2004). O presente trabalho é o resultado de um estudo preliminar sobre uma estalagmite recolhida na Gruta da Senhora no Cerro da Cabeça, perto de Moncarapacho (fig. 1), afim de averiguar a possibilidade de utilizar este tipo de registo paleoclimático no Sudoeste da Península Ibérica.

## 1 Metodologia

2 A estalagmite Sm1, com cerca de 19 cm de altura, foi recolhida em 2006 na Gruta da  
 3 Senhora pelo grupo de espeleologia do Centro de Estudos em Espeleologia e Arqueologia do  
 4 Algarve. A estalagmite foi cortada longitudinalmente para se obter uma "fatia" (fig. 2).  
 5 Seguidamente, numa primeira fase, foram amostradas varias vezes a mesma camada de  
 6 crescimento (fig. 2a) para se efectuarem os testes de Hendy (Hendy, 1971) que permitem  
 7 verificar as condições isotópicas de precipitação do carbonato de cálcio. Numa segunda fase,  
 8 foram retiradas as amostras longitudinais (do topo à base) para as análises isotópicas e para as  
 9 datações Urânio – Tório (fig.2b).



11 Fig. 2 – Amostragem da estalagmite Sm1 para os teste de Hendy (a) e para as datações por U/Th e  
 12 as análises de isótopos estáveis de oxigénio e carbono (b).

13 Todas as análises foram efectuadas no Centro de investigação GEOTOP no Canadá,  
 14 com um espectrómetro de massa por ionização térmica (TIMS) e um espectrómetro de massa  
 15 tipo IsoprimeTM dual, para os isótopos de U e Th e de O e C respectivamente. Os resultados  
 16 das composições isotópicas de oxigénio e carbono estão reportadas ao padrão internacional  
 17 VPDB.  
 18

## 20 Resultados e discussão

21 A estalagmite Sm1 apresenta duas fases de crescimento com eixos divergentes, que  
 22 foram referenciados como GSB e GSC respectivamente para a secção mais antiga e mais  
 23 recente (fig. 2b). Na figura 3, estão representados os resultados dos testes de Hendy para as  
 24 três camadas analisadas: 2 camadas na secção mais recente da estalagmite (GSD7 e GSD12) e  
 25 uma camada da secção mais antiga (GSD16). A calcite tem que precipitar em equilíbrio  
 26 isotópico com a gota de água que a formou para se poder utilizar a composição isotópica como  
 27 um traçador da temperatura (Hendy, 1971). Os testes de Hendy permitem investigar o  
 28 comportamento e covariância do  $\delta^{18}\text{O}$  e do  $\delta^{13}\text{C}$  ao longo de uma mesma camada de  
 29 crescimento, considerando-se que quando se observa uma elevada covariância então existe  
 30 fraccionamento cinético. Na figura 3 pode-se observar que existe uma ligeira tendência para  
 31 que os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  e de  $\delta^{13}\text{C}$  sejam menos negativos quando mais longe do eixo da  
 32 estalagmite. Este tipo de comportamento implica que o fraccionamento cinético afectou as  
 33 composições isotópicas. No entanto, a covariância diminuiu com a idade com valores de  $r^2$  de  
 34 0.80, 0.60 e 0.28 respectivamente do topo para a base, indicando um grau de fraccionamento

1 cinético a aumentar da base para o topo. Este tipo de relação já foi observado em outro estudo  
 2 na Noruega (Linge et al., 2009) e considerado como um fraccionamento aparente cuja causa  
 3 não é óbvia. Tal como no trabalho destes autores, sem informação sobre as condições actuais  
 4 de fraccionamento isotópico na região em estudo, considera-se as composições isotópicas não  
 5 podem ser utilizadas em equilíbrio, mas sim em quasi-equilíbrio. Desta forma, não se pretende  
 6 utilizar uma relação linear entre a composição isotópica e a temperatura mas sim restringir as  
 7 relações a variações relativas ao longo do registo.

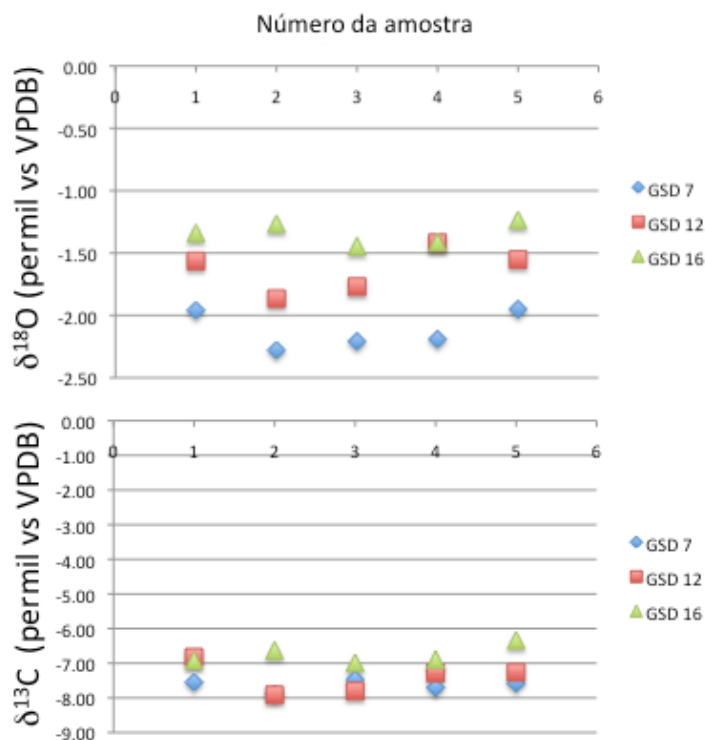


Fig. 3 – Resultados dos testes de HENDY.

Os resultados das análises de isótopos estáveis ao longo da estalagmite, isto é ao longo do tempo, estão apresentados na figura 4, em conjunto com os resultados das datações U/Th.

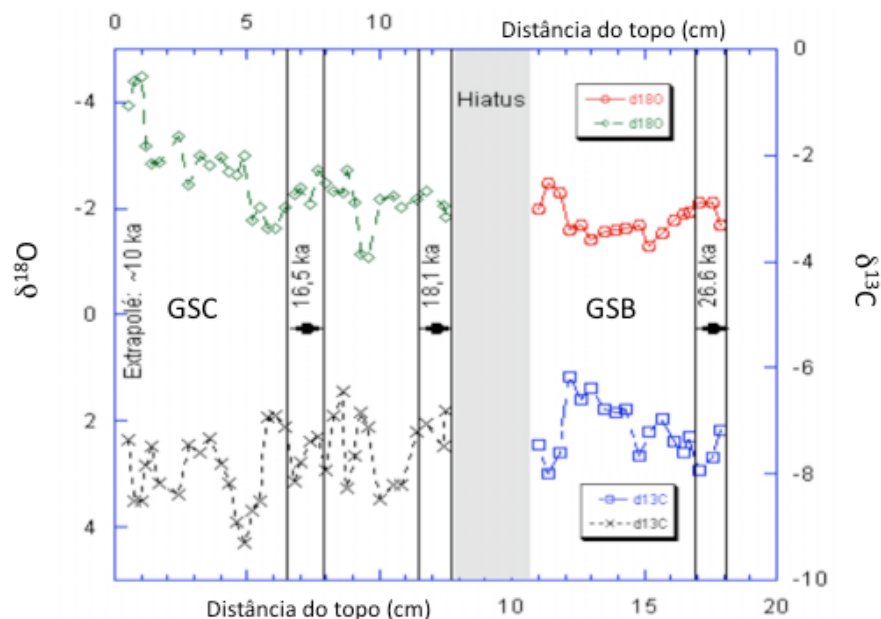


Fig. 4 – Resultados das datações U/Th e das análises de isótopos estáveis

1 A base da estalagmite apresenta uma idade de cerca de 30 000 anos, correspondente ao último  
 2 período glacial, enquanto que a secção superior da estalagmite apresenta idades  
 3 representativas da deglaciação, havendo provavelmente um hiato de precipitação calcária  
 4 durante o último máximo glacial (fig. 4). Os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  diminuem da base para o topo,  
 5 mostrando um empobrecimento de cerca de 3 ‰, entre - 1.3 ‰ e - 4.5 ‰, enquanto que  
 6 os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  não apresentam nenhuma tendência bem marcada e oscilam entre os - 9.3  
 7 ‰ e - 6.2 ‰. Os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  do topo do registo correspondem aos valores médios  
 8 actuais das águas de precipitação da região do Algarve. No entanto, as variações observadas  
 9 podem ter origem em vários processos como por exemplo: 1) variações na precipitação,  
 10 quantidade e ou origem; 2) variação na temperatura; 3) variações no ciclo hidrológico, estações  
 11 climáticas húmidas e secas.

### 13 **Conclusões**

14 As estalagmites podem registar variações climáticas e ambientais através da variações  
 15 no seu crescimento e composição isotópica, e fornecer arquivos únicos das condições  
 16 continentais. O presente estudo preliminar mostra as potencialidades da região do Algarve para  
 17 fornecer este tipo de dados sobre tudo para períodos temporais quase inexistentes nos outros  
 18 arquivos. As flutuações relativas dos valores da composição isotópica na estalagmite estudada  
 19 mostra que estes podem servir efectivamente de traçador climático no Sudoeste da Península  
 20 Ibérica, necessitando no entanto um estudo mais pormenorizado sobre as relações com os  
 21 parâmetros ambientais.

### 23 **Agradecimentos**

24 Este trabalho foi realizado no âmbito do projecto SIPCLIP (PTDC/AAC-  
 25 CLI/100916/2008), financiado pelo FEDER e OE, através da Fundação para a Ciência e  
 26 Tecnologia.

### 28 **Referências**

- 29 Hendy, C. H. 1971. The isotopic geochemistry of speleothems - 1 . The calculation of the effects of  
 30 different modes of formation on the isotopic composition of speleothems and their applicability as  
 31 paleoclimate indicators. *Geochem. Cosmochem. Ac.*, 35, 801-824.  
 32 Hurrell, J. W. , Kushnir, Y. Ottersen, G. , Visbeck, M., 2003. An overview of the North Atlantic Oscillation.  
 33 *Geoph. Monog. Series*, 134, 1-35.  
 34 Ivanovich, M., Harmon, R. S., 1992. Uranium-series disequilibrium: applications to earth, marine and  
 35 environmental sciences. Clarendon Press, Oxford, 910 pp.  
 36 Linge, H., Lauritzen, S.-E., Andersson, C., Hansen, J.K., Skoglund, R.O., Sundqvist, H.S., 2009. Stable  
 37 isotope records for the last 10000 years from Okshola cave (Fauske, northern Norway) and regional  
 38 comparisons. *Clim. Past*, 5, 667-682.  
 39 McDermott, F. 2004. Paleo-climate reconstruction from stable isotope variations in speleothems: a review.  
 40 *Quaternary Sci. Rev.*, 23, 901-918.