



Instituto de Ciências da Terra
Institute of Earth Sciences



Mag | **ber**
Magnetismo |
da Ibéria

LIVRO DE RESUMOS

Helena Sant'Ovaia

Cláudia Cruz

Irene De Felipe

Alexandra Mota

Ana Moreira

25-28 de julho de 2023
Porto, Portugal

Índice

Programa geral.....	1
Entendiendo las anomalías magnéticas en la parte central y oriental del orógeno Pirenaico-Cantábrico. Restricciones para los modelos existentes	2
Heterogeneidad en la fuente de las anomalías magnéticas del Arco Centroibérico: origen de la anomalía magnética del Sistema Central	4
Paleomagnetismo y magnetismo de rocas en el relleno sedimentario de la Cova del Gegant (NE Península Ibérica): Variación secular y cambios climáticos durante el Pleistoceno superior.	9
Estudio arqueomagnético de hornos arqueológicos del noroeste de Argentina.....	11
Análisis magnéticos en una colada basáltica emitida el 4 de diciembre de 2021 en La Palma (Islas Canarias)	12
Mineralogia magnética das estalagmites da Gruta da Cerâmica, Portugal.....	13
Uso de las fábricas magnéticas y el paleomagnetismo utilizados para desentrañar la evolución de los diapiros reactivados de la cuenca Lusitánica.....	17
La Anomalía del Atlántico Sur: un nuevo modelo regional del campo geomagnético para estudiar su evolución	19
Estudio de propiedades magnéticas en fuegos paleolíticos de la Cova del Gegant (NE de la Península Ibérica).	20
Integração do estudo da suscetibilidade magnética e gravimetria aplicado a um plutão granítico com mineralizações de W.....	22
Cartografía magnética de alta resolución de la Anomalía Magnética de Porto	27
Cartografía magnética y gravimétrica de alta resolución de la Anomalía Magnética de Salamanca: en busca de mineralizaciones e implicaciones tectónicas	32
El arqueomagnetismo como herramienta para la identificación de alteraciones postdeposicionales en contextos paleolíticos. El Abric Romaní (Capellades, Barcelona) como caso de estudio.....	34
Características magnéticas do minério de ferro de Vila Cova (Marão).....	36
Paleomagnetism and Relative Paleointensity of two stalagmites from the Estremenho Limestone Massif, Portugal.....	41
Paleomagnetism revealed the tardi-Variscan kinematics and oroclinal bending in the Central Iberian Zone: the southern curvature of the S-shaped orogen.	45
Características magnéticas dos granitos de duas micas do setor de Gondomar (Porto, NW de Portugal)	48

A Excursão do Laschamps registada em duas estalagmites da Gruta dos Morcegos, Portugal	53
La Grande Coupure y el tránsito Eoceno-Oligoceno en la Cuenca del Ebro.	54
Reconstrucción de la paleointensidad absoluta del campo magnético terrestre durante los últimos 2000 años en Sudamérica: nuevos datos del Noroeste de Argentina.....	58
Anisotropia da Suscetibilidade Magnética: a chave para compreender os mecanismos de ascensão e instalação de plutões graníticos	61
Cinemática del rifting cretácico en las Cadenas Bearnesas: Aportación del estudio de fábricas magnéticas y la anisotropía mineral	66
Reconstruyendo el Sistemas de transporte de sedimentos en la Cuenca de Antepaís Sudpirenaica durante el Paleógeno Inferior y Medio	71
Are magnetic enhancement mechanisms of Cenozoic alluvial Iberian sediments similar to those affecting the Chinese loess? Insights from the Miocene Tudela Formation (Bardenas Reales de Navarra, Ebro basin)	73
Rock magnetic properties of tephra deposits from the Tajogaite volcano (Cumbre Vieja, La Palma) provide insights into the evolution of the 2021 eruption.....	75
Assinatura magnética e conteúdo em mercúrio em solos portugueses afetados por incêndios florestais	77
Relación entre la posición de un espécimen y su ATRM en arqueomagnetismo. Resultados preliminares	81
Anisotropia de suscetibilidade magnética em granitos de duas micas do NE de Portugal.....	85
Correlación de secciones deformadas del Devónico Inferior mediante la susceptibilidad magnética en los Pirineos Centrales (valles de Isábena y Baliera).....	90
Propiedades magnéticas de materia particulada, marcador para distinguir polvo sahariano de contaminación “in situ” en el NE de la península ibérica	92
Fábricas inversas en nódulos carbonatados del flysch Eoceno (Zona Surpirenaica).....	94
Rotaciones de eje vertical en el Arco de Cazorla (Béticas Orientales, SE España): Resultados preliminares	95
Os diques de pórfiro granítico/microgranito do Castelo do Queijo: Anisotropia da Suscetibilidade Magnética e Mineralogia Magnética.....	100
Evaluación de la señal magnética en un sondeo en sedimentos lacustres, Cuenca de Guadix-Baza (sondeo de Barranco León).....	105
Depósitos de tefra de la erupción del volcán Tajogaite en Cumbre Vieja (2021) (La Palma): Resultados iniciales de magnetismo de rocas.....	107
Un primer modelo de variación paleosecular de la intensidad geomagnética en Sudamérica para los últimos 2 milenios.....	109

Comparação sazonal da suscetibilidade magnética da poeira de estrada numa área urbana	111
Caracterización magnética del sector occidental del cinturón metamórfico de Porto-Viseu (Zona Centroibérica).....	115
Estrutura interna do maciço granítico de Lusinde: aplicação da técnica de anisotropia de suscetibilidade magnética	120
La duración del día en los últimos 3000 años y su posible relación con el campo magnético terrestre	125
Anomalías magnéticas controladas por la dinámica superficial y los patrones de drenaje cuaternarios en suelos de origen volcánico (Tuscania, Italia)	127
Aporte paleomagnético a la datación de mineralizaciones de Zn-Pb en la zona Asturoccidental-Leonesa (NO de Iberia).....	129
Iberia cruzando el Ecuador: Datos paleomagnéticos del plutón de Ventosilla (Sistema Central).....	130
Estudio de la curvatura de las unidades de pliegues y cabalgamientos de la zona oblicua del Segre (Pirineosmeridionales).....	131
¿Cómo afecta la morfología de los espeleotemas al registro magnético? Fábricas magnéticas en una estalagmita de la gruta Lapa dos Morcegos (Portugal).....	136
Primer registro magnético continuo de la secuencia sedimentaria de Barranco León (Cuenca de Guadix-Baza, Granada)	138
ArchaeoPyDating: la nueva versión de la herramienta de datación arqueomagnética archaeo_dating.....	143
Fábricas magnéticas de margas marinas poco deformadas de la Cuenca de Jaca-Pamplona (Pirineo central); implicaciones tectónicas.....	144
Suscetibilidade magnética em sequências carbonatadas silúricas da Ibéria: primeira aproximação	147
Fábricas magnéticas en rocas sedimentarias del Pérmico de la cuenca del Cadí (Pirineos Orientales)	152
Remagnetización por rayos en las andesitas Pérmicas de la Serra dels Esquers (Cuenca del Cadí, Pirineo oriental)	155
Dirección de extensión en Iberia y Norte de África durante el Jurásico a partir del análisis de fábricas magnéticas	158
Caracterização ASM do petrofabric e do magmatismo dos ortognaisses da série sódica do “Complexo Metamórfico da Foz do Douro” (Terreno Finisterra).....	160
Estudio paleomagnético preliminar en la cuenca Lusitánica, Portugal. Contribución a la APWP de Iberia	165
Resultados de arqueointensidad de un horno de la primera Edad de Hierro en Córdoba (España): datación arqueomagnética.....	168

Estudos Magnéticos do Minério de Ferro de Moncorvo	170
Estudio paleomagnético y de magnetismo de las rocas de arcillas cocidas por combustión espontánea	175
Nuevos resultados paleomagnéticos en unidades cretácicas de la Cordillera Ibérica. Implicaciones para la rotación de Iberia	177

Suscetibilidade magnética em sequências carbonatadas silúricas da Ibéria: primeira aproximação

Magnetic susceptibility on Silurian limestones sequences of Iberia: first approach

Silvério, G.^{1, 2, 3}, Cruz, C.^{4, 5}, Sant'Ovaia, H.^{4, 5}, Moreira, N.^{1, 2, 3}

¹ Instituto de Investigação e Formação Avançada, Universidade de Évora, 7002-554, Évora, Portugal, e-mail (GS): gsilverio@uevora.pt

² Instituto de Ciências da Terra – Polo Évora, 7000-671, Évora, Portugal

³ Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000-671, Évora, Portugal

⁴ Instituto de Ciências da Terra – Polo Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto

⁵ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto

Resumo

Os estudos de suscetibilidade magnética (magnetostratigrafia) são uma ferramenta de correlação de sequências estratigráficas de idades semelhantes, sobretudo para situações em que a biostratigrafia não é aplicável ou apresenta pouca precisão no intervalo de idades que dela pode ser obtido. Estes estudos são também utilizados como uma ferramenta para a correlação de eventos paleoclimáticos à escala regional ou global. Neste trabalho foram estudadas três sequências do Silúrico da Península Ibérica: Campanhó (andar incerto, Zona Centro Ibérica); Mós (Pridoli, Zona Centro Ibérica); e El Pintado (Pridoli, Zona de Ossa-Morena). O principal objetivo foi o de comparar os perfis de variação de suscetibilidade magnética (K) nestas sequências no sentido de encontrar padrões semelhantes de variação e, tentativamente, datar os calcários de Campanhó, cujo contexto geológico é idêntico ao das restantes sequências, e cuja idade não foi ainda confirmada por outros métodos, nomeadamente por biostratigrafia. Os resultados obtidos mostram padrões de variação de K muito distintos de sequência para sequência e evidenciam ainda o pouco efeito que a litologia tem nos valores de suscetibilidade, havendo uma variação dentro da mesma ordem de grandeza em todas as fácies. Conclui-se neste trabalho que as variações composicionais dos estratos para esta idade e contextos tectonostratigráficos são grandes o suficiente para serem mensuráveis do ponto de vista magnético e que a sua distribuição foi variável no tempo.

Abstract

Magnetic susceptibility studies (magnetostratigraphy) are a tool for correlating stratigraphic sequences of similar ages, especially for situations where biostratigraphy is not applicable or presents little precision in the range of ages that can be obtained from it. These studies are also used as a tool for the correlation of paleoclimate events on a regional or global scale. In this work, three Silurian sequences of the Iberian Peninsula were studied: Campanhó (Silurian, uncertain stage, Central Iberian Zone); Mós (Pridoli, Central Iberian Zone); and El Pintado (Pridoli, Ossa-Morena Zone). The main objective was to compare the magnetic susceptibility (K) variation profiles in these sequences to find similar patterns of variation and, tentatively, date the Campanhó limestones, which geological context is identical to that of the remaining sequences and which age has not yet been confirmed by other methods, namely by biostratigraphy. The results obtained show very different patterns of variation of K from sequence to sequence and show the little effect that lithology has on susceptibility values, with a variation within the same order of magnitude in all facies. It is concluded in this work that the compositional variations of the strata for this age and tectonostratigraphic contexts are large enough to be measurable from the magnetic point of view and that their distribution was variable over time.

Palavras chave: *magnetostratigrafia, Pridoli, calcários com Scyphocrinites, Zona de Ossa-Morena, Zona Centro-Ibérica*

Key words: *magnetostratigraphy, Pridoli, Scyphocrinites limestone, Ossa-Morena Zone, Central Iberian Zone*

Introdução

A biostratigrafia é essencial na descrição de uma sequência estratigráfica, uma vez que a partir dela é possível identificar biozonas, e assim atribuir uma idade cronoestratigráfica à sucessão, e associações fossilíferas, que conduzem a interpretações paleoambientais, tanto localmente, como de regiões adjacentes. A conjugação entre os dados

biostratigráficos e sedimentológicos torna assim possível criar um modelo paleoambiental no espaço e no tempo para uma determinada região.

Em situações particulares em que as sequências são estéreis ou o seu conteúdo fossilífero não clarifica a questão cronostratigráfica, outros estudos complementares à biostratigrafia podem ser empregues. Um dos estudos clássicos de apoio à biostratigrafia é a magnetostratigrafia, cujo conceito é o de um conjunto de sequências em que se conheça o contexto biostratigráfico e cronostratigráfico, realizar uma análise do valor da suscetibilidade magnética de cada estrato, no intuito de obter um padrão de variação estratigráfica de medidas que possa posteriormente ser comparado com padrões obtidos em sequências pobres em conteúdo fossilífero e, desta maneira, correlacioná-la com sucessões onde os dados biostratigráficos são mais fáceis de obter. Para além disso, os padrões de magnetostratigrafia são ainda utilizados como ferramenta para traçar eventos paleoclimáticos à escala regional, da bacia ou até à escala global.

Neste estudo, teve-se como objetivo comparar os padrões de variação de K de duas sequências de contexto biostratigráfico conhecido (Mós e El Pintado) com os de uma sequência em que não foram descobertos, até à data, indicadores biostratigráficos (Campanhó), ainda que se presuma uma idade idêntica para as três sequências.

Enquadramento geológico

Tal como ilustrado na Figura 1, as sequências de Campanhó (Vila Real) e Mós (Torre de Moncorvo), encontram-se na região norte de Portugal, inseridas em contextos geológicos idênticos, fazendo ambas parte da Zona Centro Ibérica. De acordo com as descrições de Pereira (1989) a Formação de Campanhó é composta na sua essência por xistos negros carbonosos que, a topo, dão lugar a liditos, ampelitos e carbonatos com intensa recristalização. O mesmo autor atribui a sequência xistenta ao Wenlock (Silúrico), com base em estudos de graptólitos, e sugere a idade Ludlow para os calcários do topo da formação, ainda que sem dados biostratigráficos para estes. Num estudo petrográfico realizado por Romariz & Diniz (1962), concluiu-se que os calcários de Campanhó, apesar de muito ricos em matéria orgânica, possuem uma proporção muito reduzida de argila e grandes quantidades de moscovite em resultado do processo de blastese. No mesmo estudo foram ainda identificados fragmentos de crinoides e tentaculítides que, apesar de úteis numa reconstrução paleoambiental para esta sequência, não ajudam a desenvolver interpretações cronostratigráficas e, portanto, a idade destes calcários mantém-se em aberto. Por outro lado, os calcários de Mós (Sinclinal de Moncorvo) ficam localizados no topo da unidade silúrica, que na base é composta maioritariamente por ardósias negras (Dias et al., 2013). Os calcários apresentam uma quantidade de matéria orgânica muito menor e um conteúdo em argilas substancial e possuem também uma maior riqueza em fósseis de particular interesse para a biostratigrafia, nomeadamente, conodontes. Num estudo conduzido por Sarmiento et al. (1999), foi possível identificar conodontes de idade Pridoli, bem como crinoides do género *Scyphocrinites*, muito comum em rochas deste andar.

A sequência de El Pintado encontra-se na fronteira norte da província de Sevilha, na margem sul da albufeira da barragem de El Pintado, inserindo-se no Sinclinal de Valle - Zona de Ossa-Morena. O Silúrico é aqui, uma vez mais, representado por argilitos/ardósias negras que, para o topo, dão lugar a calcários. Os calcários do topo da formação são muito fossilíferos e apresentam uma quantidade de matéria orgânica muito significativa, dando por vezes lugar à fácies “*Orthoceras limestone*”. Esta sequência é de particular interesse para este estudo devido ao extenso trabalho biostratigráfico aqui realizado, tanto do ponto de vista macropaleontológico (Robardet et al., 2000; Robardet & Gutiérrez-Marco, 2004), como micropaleontológico (Robardet et al., 1991; 1998), que permitem atribuir a sucessão carbonatada ao Pridoli.

Metodología

Numa primeira etapa do trabalho foram feitos levantamentos estruturais e estratigráficos no sentido de se encontrar a secção mais completa e menos deformada de cada região. A seguir procedeu-se à medição de K. A medição de K foi feita ao longo dos perfis realizados durante o levantamento estratigráfico, usando para isso um suscetibilímetro manual KT-10 (Terraplug). Com este equipamento expõe-se a rocha a um campo magnético (H) que induz uma magnetização na rocha (M). A magnetização induzida e o campo magnético relacionam-se diretamente através da suscetibilidade magnética ($K=M/H$). Para cada camada foram feitas seis medições, em pontos distintos, cuja média resulta no valor final.

Resultados e Discussão

Tal como evidenciado na Figura 1, as três sequências são significativamente diferentes, quer na sua litostratigrafia quer nos valores de K. A sequência de El Pintado apresenta a maior variação litológica e de valores de K (56×10^{-6} SI - 476×10^{-6} SI). Esta variação é também significativa quando comparando exclusivamente camadas com a mesma litologia, o

que sugere que essa variação não depende, pelo menos na totalidade, da variação litológica, mas sim da sua composição mais ou menos rica em minerais portadores de ferro. Quando se observa a sequência de Campanhó, em que a litologia é quase homogénea em toda a sequência, provavelmente em resultado do processo tectono-metamórfico, verifica-se também uma variação significativa de valores de K, embora o intervalo de variação e os valores sejam consideravelmente menores (28×10^{-6} SI - 173×10^{-6} SI), quando comparados com os dados obtidos para as sucessões de El Pintado ou Mós (160×10^{-6} SI - 407×10^{-6} SI). A sequência de Mós é, no entanto, muito reduzida (< 2m) face às restantes (> 10m) e não há uma variação significativa de valores entre cada um dos níveis estratigráficos analisados (Fig. 1).

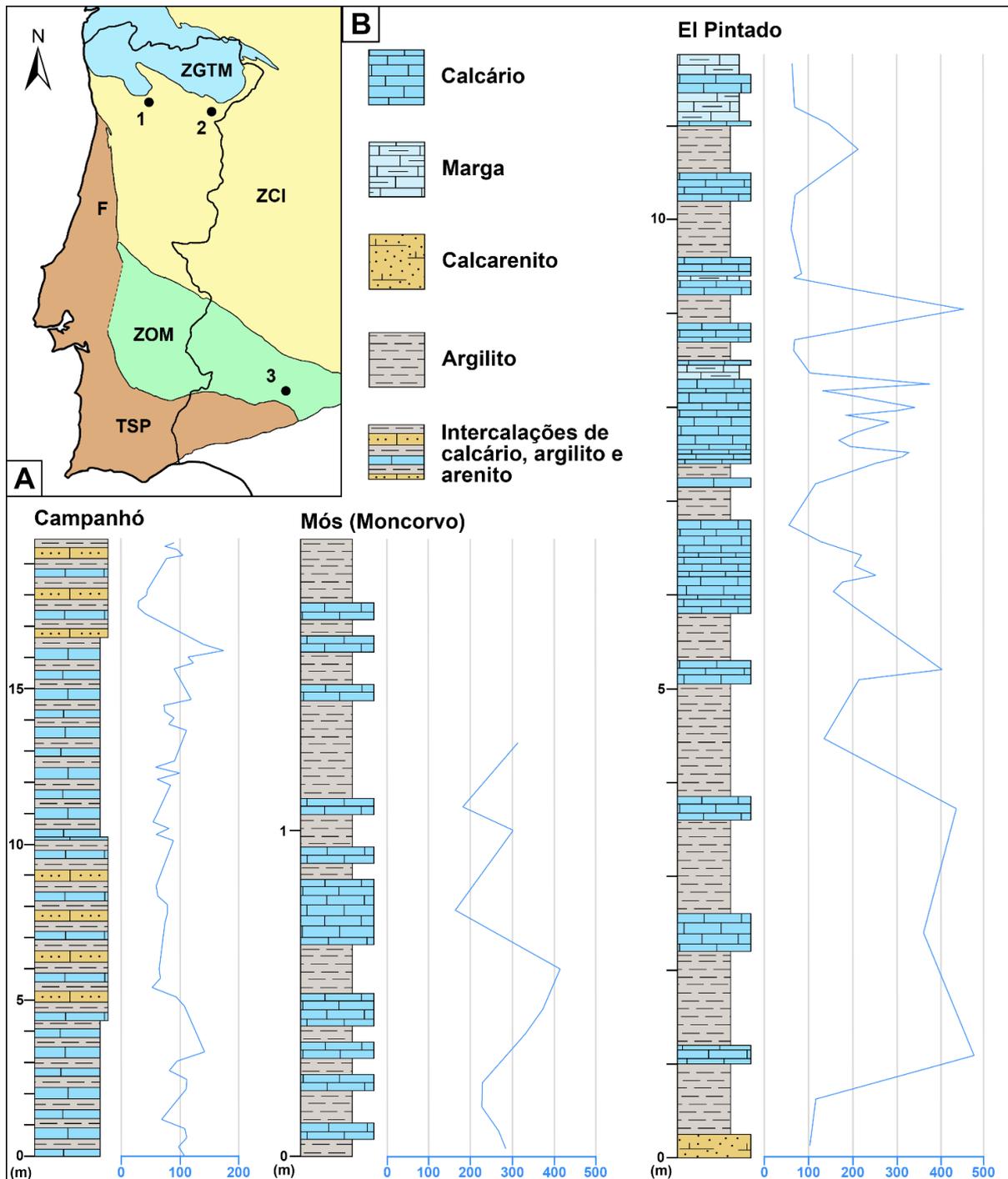


Figura 1: A) – Localização e contexto geológico gerais dos afloramentos estudados. 1 – Campanhó (Vila Real); 2 – Mós (Torre de Moncorvo); 3 – Embalse de El Pintado (Sevilha). ZGTM – Zona de Galiza Trás-os-Montes; ZCI – Zona Centro Ibérica; F – Finisterra; ZOM – Zona de Ossa-Morena; TSP – Terreno Sul Português. B) – Dados de suscetibilidade magnética obtidos para cada uma das sequências estudadas e associados às respetivas colunas estratigráficas. Os valores de suscetibilidade (a azul) são apresentados em $K \times 10^{-6}$ SI.

O padrão de variação de valores de K da sequência carbonatada de Mós parece impossibilitar a sua correlação com as outras duas sequências (Campanhó e El Pintado), quer pela curta sucessão estratigráfica que apresenta, quer pela grande uniformidade de valores de K. Por outro lado, as sucessões de Campanhó e El Pintado, apresentam valores mais discrepantes, permitindo interpretar padrões de variação estáveis (e.g., Campanhó, dos 5 aos 10 m), de tendência crescente (e.g., Campanhó, dos 10 aos 16 m), ou queda abrupta (e.g., Campanhó, dos 16 aos 17 m). É, no entanto, incerta uma correlação entre as duas sequências, não só pelos padrões de variação que apresentam, mas também no intervalo de valores, com a sucessão de Campanhó a apresentar valores substancialmente mais baixos, indicando possíveis discrepâncias nas condições do ambiente deposicional ou até na idade de sedimentação dos calcários. A sequência carbonatada de Campanhó foi atribuída ao Ludlow por Pereira (1989), por correlação com os calcários de S. Vitero (Espanha), embora não existam dados biostratigráficos capazes de atribuir uma idade cronostratigráfica à sucessão (até agora, apenas foram identificados columnais desarticulados de crinoides), o que contrasta com a idade da sucessão de El Pintado que é comprovadamente do Pridoli (e.g., Robardet & Gutiérrez-Marco, 2004).

Conclusões

A pouca espessura da sequência de Mós revelou ser um impasse na comparação entre os padrões de variação de K com a sequência de El Pintado, da mesma idade e de contextos tectonostratigráficos distintos (Zona Centro Ibérica e Zona de Ossa-Morena, respetivamente), e de Campanhó, com idade biostratigráfica desconhecida, mas localizadas na mesma zona paleogeográfica (Zona Centro Ibérica).

Por outro lado, os padrões de variação de K obtidos para Campanhó e El Pintado são diversos o suficiente para que se possa comparar as duas sequências, ainda que a correlação seja incerta. Acresce ainda o facto de os valores de K serem substancialmente mais baixos em Campanhó que em El Pintado. O efeito da litologia na dispersão de valores parece ser diminuto, no entanto, no caso de Campanhó, em que toda a sequência é monótona, o intervalo de variação de K é significativamente menor.

Face aos resultados, não foi comprovada a possibilidade de correlação por magnetostratigrafia de sequências deste período e desta região. Os resultados preliminares deverão ser considerados para já como inconclusivos, até que novos dados biostratigráficos sejam obtidos para Campanhó, e um estudo mais alargado seja feito para a sucessão de Mós e/ou outras sequências do mesmo contexto geológico sejam estudadas usando o mesmo método.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do financiamento programático do ICT (ref's UIDB/04683/2020 e UIDP/04683/2020), e representa uma contribuição para o projeto IGCP-652 “Reading geologic time in Paleozoic sedimentary rocks”, da UNESCO, e para o Grupo de Investigação GIUV2017-395, sediado na Universidade de Valência. Gonçalo Silvério agradece o financiamento concedido pela FCT através da bolsa de doutoramento, de referência 2020.08450.BD. Cláudia Cruz é investigadora contratada no âmbito do projeto UIDP/04683/2020 (Fundação para Ciência e a Tecnologia- Portugal). Os autores agradecem a revisão, e os contributos daí resultantes, de Joana Ribeiro (Universidade de Coimbra).

Referências

- Dias, R., Ribeiro, A., Coke, C., Pereira, E., Rodrigues, J., Castro, P., Moreira, N., Rebelo, J. (2013). Evolução Estrutural dos sectores setentrionais do Autóctone da Zona Centro-Ibérica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kullberg, J.C. (Eds.), *Geologia de Portugal*, vol. 1, Escolar Editora, 73-147.
- Pereira, E. (1989). Carta Geológica Portugal na escala 1:50 000. Notícia explicativa da Folha 10-A Celorico de Basto. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 53 p.
- Pereira, E. (1989). Carta Geológica Portugal na escala 1:50 000. Notícia explicativa da Folha 10-A Celorico de Basto. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 53 p.
- Robardet, M., Gutiérrez-Marco, J. C. (2004). The Ordovician, Silurian and Devonian sedimentary rocks of the Ossa-Morena Zone (SW Iberian Peninsula, Spain). *Journal of Iberian Geology* 30, 73-92.
- Robardet, M., Groos-Uffenorde, H., Gandl, J., Racheboeuf, P. R. (1991). Trilobites et ostracodes du Devonien Inferieur de la Zone d'Ossa-Morena (Espagne). *Geobios* 24(3), 333-348.
- Robardet, M., Piçarra, J. M., Storch, P., Gutiérrez-Marco, J. C., Sarmiento, G. N. (1998). Ordovician and Silurian stratigraphy and faunas (graptolites and conodonts) in the Ossa-Morena Zone of the SW Iberian Peninsula (Portugal and Spain). *Temas Geológico-Mineros ITGE* 23, 289-318.
- Robardet, M., Rábano, I., Gutiérrez-Marco, J. C., Sarmiento, G. N., Vanek, J. (2000). La “caliza de Scyphocrinites”

(Silúrico superior) del norte de Sevilla: avance de resultados paleontológicos y bioestratigráficos. Livro de actas do I Congresso Ibérico de Paleontologia / XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología / VIII International Meeting of IGCP 421, 270-272.

Romariz, C., Diniz, F. (1962). Alguns aspectos petrográficos dos calcários ordovícico-silúricos portugueses. Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa, 10, 55-68.

Sarmiento, G. N., Piçarra, J. M., Rebelo, J. A., Robardet, M., Gutiérrez-Marco, J. C., Storch, P., Rábano, I. (1999). Le Silurien du Synclitorium de Moncorvo (NE du Portugal): biostratigraphie et importance paléogéographique. Geobios 32(5), 749-7