

## **Idades preliminares U-Pb (ID-TIMS) das Ilhas Berlengas (Portugal)**

### ***Preliminary (ID-TIMS) U-Pb ages of the Berlengas Islands (Portugal)***

**P. VALVERDE VAQUERO** – p.valverde@igme.es (IGME, Dpto. de Infraestructura Geocientífica y Servicios)

**M. L. RIBEIRO** – mluisa.ribeiro@ineti.pt (LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, UGCG – Unidade de Geologia e Cartografia Geológica)

**E. GONZÁLEZ CLAVIJO** – e.clavijo@igme.es (IGME, Dpto. de Infraestructura Geocientífica y Servicios)

**A. DÍEZ MONTES** – al.diez@igme.es (IGME, Dpto. de Infraestructura Geocientífica y Servicios)

**T. BENTO DOS SANTOS** – telmo.santos@lneg.pt (LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, UGCG – Unidade de Geologia e Cartografia Geológica)

*RESUMO:* Apresentam-se os resultados provisórios das idades U-Pb de duas amostras das ilhas do grupo das Berlengas. No Farilhão Grande uma amostra de granito de duas micas com silimanite foi recolhida de um complexo metamórfico. Esta amostra ofereceu três fracções de monazite com idade  $377 \pm 1$  Ma, interpretada como metamórfica, enquanto uma fracção de zircões de concórdia 483 Ma sugeriu uma idade Tremadoc. Esta última fracção é herdada, provavelmente do volumoso magmatismo do Ordovícico Inferior existente na Iberia. Na Berlenga Grande o granito apresenta fracções de monazite e zircão concordantes de  $307,4 \pm 0,8$  Ma.

*PALAVRAS-CHAVE:* Idades, U-Pb, Berlengas, Varisco, Ibéria.

*ABSTRACT:* Preliminary U-Pb ages of two samples from the Berlengas Islands (Portugal) are presented. In the Farilhão Grande, a deformed, sillimanite-bearing, two-mica granite, which is part of a metamorphic complex, displays 3 monazite fractions which provide an age of  $377 \pm 1$  Ma, envisaged as a metamorphic age. One zircon fraction with a concordant age of 483 Ma indicates a Tremadoc age of granite. This last fraction is inherited, probably from the voluminous Lower Ordovician magmatism of Iberia. The Berlenga Grande granite provided concordant monazite and zircon with an age of  $307,4 \pm 0,8$  Ma.

*KEYWORDS:* ages, U-Pb, Berlengas, Variscan, Iberian.

## **1. INTRODUÇÃO**

O grupo de ilhas formado pelas Berlengas, Estelas e Farilhões encontra-se situado ao largo de Peniche (Portugal). Estas ilhas e ilhéus são constituídos por migmatitos e granitóides de um soco relativo aos materiais sedimentares Meso-Cenozóicos da Bacia Lusitânica, a qual se estende ao longo da costa de Portugal Continental com direcção aproximada N-S.

Até agora, apenas uma idade radiométrica foi publicada por Priem et al. (1965). Trata-se de uma idade de  $280 \pm 15$  Ma obtida pelo método  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  de rocha total, numa amostra do granito da ilha Berlenga Grande. Esta idade é semelhante às obtidas nos granitóides pós-tectónicos

Variscos, o que permitiu aos autores sugerir que as Ilhas Berlengas pertencem ao soco Varisco da Ibéria.

Duas novas visitas ao grupo de ilhas, com recolha de amostras na Berlenga Grande e no Farilhão Grande, permitiram realizar novos levantamentos de campo, estudos microscópicos, geoquímicos e duas datações radiométricas mais apuradas através do método U-Pb no ID-TIMS dos laboratórios do IGME em Madrid.

## 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

O grupo de ilhéus tem sido interpretado como o topo emergente das águas do Atlântico de um *horst* que forma parte da complexa geometria da Bacia Lusitânica. A proximidade da falha da Nazaré aumenta a complexidade estrutural, dado que este importante acidente separa uma área de grande extensão da crosta no N da margem continental portuguesa, de uma área de baixa extensão situada na parte central (Estremadura *spur*). Kullberg et al. (2006) consideram o *Horst* das Berlengas o limite ocidental da Bacia Lusitânica, separando-a de uma bacia externa assimétrica situada na zona do talude continental actual. A história tectónica mesozóica da bacia apresenta três episódios extensionais do tipo *thick skinned* seguidos de uma inversão tectónica parcial, do tipo *thin skinned*, no Cenozóico (Ribeiro et al., 1996; Kullberg et al., 2006).

Os afloramentos do soco Varisco mais próximos são os situados a leste da Bacia Lusitânica, na parte oriental da falha de Porto-Tomar (FPT) e, pontualmente, na sua parte ocidental, nomeadamente ao S do Porto e W de Tomar. A FPT tem sido interpretada como uma grande estrutura de transferência pré-Varisca com actividade durante todo o ciclo Varisco (Ribeiro, 2006). A grande importância desta estrutura permite propor um limite de terrenos geológicos ao longo dela e, portanto, considerar que todo o soco a W da FPT constitui o Terreno Finisterra. Este terreno apresenta dois grandes tipos de afloramentos: as estreitas fatias situadas a W da FPT, e as Ilhas Berlengas. As diferenças geológicas entre as duas zonas ficam resolvidas com a proposta de uma grande estrutura de direcção N-S, localizada entre as Ilhas Berlengas e a parte de Portugal Continental que separa o Bloco Berlenga a W, do Bloco de Espinho a E (Ribeiro, 2006).

## 3. DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

Neste grupo de ilhas duas principais composições litológicas podem ser facilmente estabelecidas (Freire de Andrade, 1937). O grupo mais atlântico de ilhas, formado pelos Farilhões e pelas Forçadas, é constituído por xistos migmatíticos e granitóide gneissificado enquanto os grupos mais continentais - Estelas, Medas e Berlengas - são formados por um granito.

Em representação do primeiro litótipo, foram recolhidas amostras do migmatito geral na parte oriental da ilha Farilhão Grande e do granitóide no seu topo, perto do farol. Os paragneisses apresentam um grau de metamorfismo alto, encontrando-se na isógrada da silimanite. A sua composição inclui quartzo, plagioclase e biotite, junto de silimanite e granada. Estes paragneisses apresentam um fábriç dúctil de alta temperatura assinalado pela biotite. Posteriormente desenvolve-se outro fábriç dúctil-frágil com texturas do tipo S-C. Estas faixas de cisalhamento correspondem-se com outras desenvolvidas também no granitóide. Este último litótipo é um granito de duas micas, de tamanho de grão médio a médio-fino. A sua mineralogia principal é quartzo, feldspato potássico, plagioclase, biotite e moscovite. Dentro dos minerais acessórios identificou-se apatite e silimanite, esta última incluída em cristais de moscovite. Para a datação radiométrica foi empregue uma amostra do granito de duas micas.

O litótipo da ilha Berlenga Grande revelou-se ao microscópio um granito de grão médio-grosso, biotítico, com raros fenocristais de feldspato potássico. As suas principais características

de campo são a coloração alaranjada dos feldspatos e a alteração da biotite, que ora se transforma em micas brancas, ora desaparece. Os cristais de feldspato potássico apresentam hábito subédrico com macla de Carlsbad e pertites do tipo *film*. Também é frequente identificar o desenvolvimento de macla polissintética de albite entre os cristais de feldspato potássico, sendo que esta albite os substitui gradualmente. A plagioclase também mostra cristais de hábito subédrico com macla polissintética e zonado concêntrico, cuja zona central se encontra frequentemente transformada em sericite. Na ilha é frequente encontrar veios de espessura centimétrica de barite, os quais poderão ser resultado da perda de Ba sofrida pelo granito nas partes mais avermelhadas. O processo de mudança para a cor vermelha do granito fica assinalado na geoquímica pelo aumento do teor de SiO<sub>2</sub>, passando dos 75% no granito menos alterado para os 77% no mais avermelhado. Verifica-se igualmente uma importante diminuição do teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub> pela redução da biotite; de CaO, pela albitização das plagioclases; e ainda por uma diminuição menos importante do Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Nos elementos traço ocorre uma diminuição de Cr, Zn, Sr, Zr, Ba e Th, e um aumento de Ni e Ge. Os REE, normalizados ao condrito, apresentam fraccionação nos LREE com forte anomalia de Eu, enquanto os HREE apresentam um espectro horizontal. As zonas com maior alteração do granito revelam um decréscimo do teor de LREE em relação às partes menos alteradas, bem como uma maior anomalia de Eu. Contudo, os HREE não apresentam mudanças significativas com o aumento do processo de alteração.

Existem abundantes diques de espessura decimétrica na ilha Berlenga Grande. As suas direcções azimutais são diversas e a sua composição e características são muito semelhantes às do granito principal, mas com tamanhos de grão fino e, por vezes, micrograníticos. Verificam-se os mesmos processos de alteração que no granito principal, apresentando também uma cor avermelhada.

#### 4. GEOCROLOGIA

As datações U-Pb foram realizadas no laboratório geocronológico do IGME (Madrid) com ID-TIMS, aplicando-se o método de abrasão química do zircão de Mattison (2005). Igualmente, foram seguidos os procedimentos de Krogh (1973) e Mánhes et al. (1979) para a separação e purificação do U e do Pb presentes no zircão e na monazite. Os alvos analíticos para o zircão são inferiores a 6 pg de Pb e 20 pg para a monazite. Um traçador <sup>208</sup>Pb-<sup>235</sup>U, testado experimentalmente no inter-laboratório Earthtime, foi empregue para a diluição isotópica. As medições das relações isotópicas foram realizadas com um espectrómetro de massas TIMS, modelo Triton, com um contador de iões SEM na posição axial. A fraccionação dos elementos e a linearidade do detector foram aferidos com os padrões U500 e NBS982. Para consultar outros pormenores complementares das instalações e técnicas analíticas, incluindo dos padrões de zircão 91500 e R33, veja-se Valverde-Vaquero (2009).

#### 5. RESULTADOS

No Farilhão Grande foram analisadas três fracções de monazite e uma de zircão. Uma das fracções de monazite é concordante com 377,6±2 Ma, enquanto as outras duas apresentam uma ligeira discórdia inversa com idênticas idades <sup>207</sup>Pb-<sup>235</sup>U. Assim, estas três fracções manifestam uma idade <sup>207</sup>Pb-<sup>235</sup>U de 377,7±1 Ma. Este valor, obtido em monazites, é interpretado como a idade do metamorfismo de alto grau (na zona da silimanite + feldspato potássico) no granito do grupo ocidental de ilhas. Pelo contrário, a fracção de zircão, constituída por dois cristais de 120 micrones, é concordante com 483 Ma. Esta última idade indicia tratar-se de material herdado de um magmatismo do Tremadoc. Para confirmar esta suposição, estão a ser preparadas fracções complementares de zircão para análise.

Na ilha Berlenga Grande foram analisadas duas fracções de monazite e uma de zircão. As três são concordantes e ficam sobrepostas, proporcionando uma concórdia de  $307,4 \pm 0,8$  Ma (MSWD 0,27; erros das constantes de desintegração incluídos). Este valor representa a idade de intrusão do granito que constitui o grupo oriental de ilhas.

### Agradecimentos

*Aos funcionários dos laboratórios do IGME (Madrid), ao LNEG pelo seu financiamento dos trabalhos de campo, ao apoio material e pessoal do Parque Natural das Berlengas e a Ícaro Dias da Silva e Dulce Neves pela colaboração na redacção portuguesa do presente resumo.*

### Referências

- Freire de Andrade, C. (1937) – Os Vales Submarinos Portugueses e o Diastrofismo das Berlengas e da Estremadura, *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*, pp. 5-35.
- Krogh, T.E. (1973) – A low contamination method for the hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U-Pb for isotopic age determinations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37, pp. 485-494.
- Kullberg, J.C.; Rocha, R.B.; Soares, A.F.; Rey, J.; Terrinha, P.; Callapez, P. & Martins, L. (2006) – A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, J. (Eds.) *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, Univ. de Évora, pp. 317-368.
- Manhês, G., Allègre, C.J., Dupré, B., Hamelin, B. (1979) – Lead-lead systematic, the “age of the Earth” and the chemical evolution of our planet in a new representation space. *Earth and Planetary Science Letters*, 44, pp. 91-104.
- Mattison, J.M. (2005) – Zircon U-Pb chemical abrasion (“CA-TIMS”) method: combined annealing and multi-step partial dissolution analysis for improved precision and accuracy of zircon ages. *Chemical Geology*, 220, 1-2, pp. 47-56.
- Priem, H.N.A.; Boelrijk, N.A.I.M.; Verschure, R.H. & Hebeda, E.H. (1965) – Isotopic ages of two granites on the Iberian continental margin: The Traba Granite (Spain) and the Berlenga Granite (Portugal). *Geologie en Mijnbouw*, 44e, pp. 353-354.
- Ribeiro, A. (2006) – A Evolução Geodinâmica de Portugal. In: Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, J. (Eds.) *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*, Univ. de Évora, pp. 1-27.
- Ribeiro, A.; Silva, J.B.; Cabral, J.; Dias, R.; Fonseca, P.; Kullberg, M.C.; Terrinha, P. & Kullberg, J.C. (1996) – *Tectonics of the Lusitanian Basin*. Final Report Project MILUPOBAS, Contract: JOU-CT94-0348, ICTE/GG/geoFCUL, Lisboa, 1226.
- Valverde-Vaquero, P. (2009) – Método de datación U-Pb ID-TIMS en el laboratorio geocronológico del IGME (Tres Cantos). Congreso Ibérico de Geoquímica (Soria 2009), pp. 758-766.