



Características isotópicas Sr-Nd do Granito do Pedregal e rochas migmatíticas associadas

Isotopic Sr-Nd signatures of the Pedregal Granite and associated migmatite rocks

Ferreira, J.A.^{1*}; Martins, H.C.B.²; Santos, J.F.³; Ribeiro, M.A.²

¹ DGOAT-FCUP, Rua do Campo Alegre, 4169-007 Porto, *joana.alexandra.ferreira@gmail.com

² Instituto de Ciências da Terra (ICT), Pólo da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto/DGAOT-FCUP, Rua do Campo Alegre, 4169-007 Porto

³ Geobiotec, Dep. Geociências, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro

Resumo

Neste trabalho são apresentados os resultados isotópicos Sr-Nd do Granito do Pedregal e das rochas gnaisso-migmatíticas associadas, aflorantes na Zona Centro-Ibérica noroeste de Portugal, no bordo oriental do maciço granítico sin-orogénico do Porto. O granito do Pedregal é um pequeno corpo alongado na direcção NW-SE, intrusivo em micaxistos estaurolíticos do Supergrupo Dúrico-Beirão e em rochas gnaisso-migmatíticas.

O granito do Pedregal é um granitóide de duas micas, de grão fino a médio, com pequenos nódulos biotíticos (1 a 2 cm). As rochas gnaisso-migmatíticas associadas são caracterizadas por leucossomas quartzo-feldspáticos predominantes e sem foliação, alternando com paleossomas micáceos onde ocorrem intercrescimento de granada e quartzo (<1cm).

Os dados isotópicos Sr-Nd mostram ausência de sobreposição das composições iniciais do granito e das rochas gnaisso-migmatíticas, em aparente contradição com dados geoquímicos apresentados previamente. A inexistência daquela sobreposição é possivelmente resultante quer de desequilíbrio isotópico de Nd durante o processo de fusão parcial, quer de cristalização tardia de moscovite, acompanhada de incremento da razão Rb/Sr, no granito.

Palavras-chave: Granito, migmatito, assinatura isotópica.

Abstract

The Sr-Nd isotopic data for the Pedregal granite and associated gneiss-migmatite rocks are presented in this work. The Pedregal granite is exposed in the Central Iberian Zone, northern Portugal, in the eastern border of the synorogenic Porto massif. It is a small body with an elongated NW-SE shape, intrusive into staurolite-micaschist of the Douro-Beiras Supergroup and gneiss-migmatite rocks.

The Pedregal granite is a fine to medium-grained two mica granitoid with small biotitic nodules (1 to 2 cm). The associated gneiss-migmatite rocks are banded, showing alternating of quartz-feldspathic leucosomes without foliation with subordinated micaceous paleosomes where intergrowths of garnet and quartz (<1 cm) are present.

The initial isotopic compositions (Sr-Nd) of Pedregal granite and associated gnaiss-migmatite rocks don't overlap, in apparent contradiction with the previously presented geochemical data. This isotopic heterogeneity could be explained by Nd isotopic disequilibrium, during the melting event, or by the late muscovite cristalization, with Rb/Sr enrichment in the granite.

Keywords: Granite, migmatite, isotopic signature.



Introdução

A Zona Centro-Ibérica (ZCI) contém numerosos corpos graníticos peraluminosos do tipo-S, associados a metamorfismo de alto grau, constituindo complexos anatéticos em domos térmicos, que alternam com zonas de baixo grau metamórfico (Bea *et al.*, 2003).

Com base nas associações minerais presentes, estes complexos granito-migmatíticos são considerados como resultante de anatexia da crosta superior (10-15 km), nomeadamente por fusão do Supergrupo Dúrico-Beirão em resultado de um aumento de gradiente térmico em contexto extensional (Castro *et al.*, 2000; Escuder Viruete *et al.*, 2000).

As litologias em estudo localizam-se no bordo oriental da faixa metamórfica Porto – Viseu, pretendendo-se com este trabalho apresentar a assinatura isotópica (Sr-Nd) do granito peraluminoso do Pedregal e das rochas migmatíticas associadas, tentando contribuir para a caracterização da fonte (ou fontes) envolvidas na sua génese.

Enquadramento e caracterização litológica e geoquímica

O Granito do Pedregal localiza-se na ZCI, uma dezena de quilómetros a oriente da cidade do Porto. Trata-se de um pequeno corpo granítico (cerca de 3km²) alongado na direcção NW-SE, que intrui micaxistos estaurolíticos e rochas gnaisso-migmatíticas bandadas pertencentes à sequência metapelítica de idade Ediacárica designada por Supergrupo Dúrico-Beirão, cuja estruturação tem direcção NW-SE a NNW-SSE. Frequentemente, as rochas encaixantes e o granito do Pedregal são cortados por veios pegmatíticos normalmente concordantes com a foliação principal.

A datação U-Pb em zircão, por SHRIMP, indica uma idade de 311 ± 5 Ma (Ferreira *et al.*, 2014a) para o granito do Pedregal, consistente com a instalação dos granitos sin- a tardi-D₃ variscos.

O granito do Pedregal é um granitóide de duas micas, de grão fino a médio, de

textura isotrópica e heterogranular com pequenos nódulos biotíticos de carácter restítico (1 a 2 cm) que apresentam foliação de orientação NE-SW e E-W, discordante do alongamento do corpo granítico e da foliação regional envolvente. Observam-se também encraves metassedimentares. A sua associação mineralógica consiste em quartzo + biotite + plagioclase + feldspato-K + zircão + apatite + monazite + rútilo ± silimanite ± alanite, e moscovite secundária. Além disto, associada à moscovite secundária e à silimanite, ocorre hercinite rica em Zn.

As rochas gnaisso-migmatíticas associadas são caracterizadas por leucossomas quartzo-feldspáticos predominantes e sem foliação, alternando com paleossomas micáceos subordinados. Destacam-se nestas rochas grãos com intercrescimento de granada e quartzo (<1cm). Estas rochas exibem a seguinte associação mineralógica quartzo + plagioclase + feldspato-K + biotite + moscovite ± granada. Nos níveis micáceos, observa-se uma orientação preferencial das micas.

O granito é peraluminoso (A/CNK= 1,18 - 1,62), com baixos teores de SiO₂ (65 a 69 %), elevado teor de Zr (389 a 435 ppm) e elevados valores de elementos de terras raras leves (ETRL) (Ferreira *et al.*, 2014b). As rochas gnaisso-migmatíticas, com bandado centimétrico e homogéneo de leucossoma (2 a 3 cm) e paleossoma (1 a 2 cm), são mais ricas em SiO₂ (72 – 74%) do que o granito e possuem uma composição muito semelhante ao pegmatito. Em geral, estas rochas são mais empobrecidas nos elementos em que o granito do Pedregal é enriquecido (ex. Ti, Zr, ETRL, Th, Hf).

Métodos Analíticos

As composições isotópicas de Sr e Nd foram determinadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro. Após a dissolução das amostras, os elementos alvo foram purificados usando cromatografia iónica em duas etapas: (1) separação do Sr e dos ETR



numa coluna de troca catiónica com a resina AG8 50 W Bio-Rad e (2) purificação do Nd em relação aos outros lantanídeos em colunas com resina Ln Resin (EiChrom Technologies). Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foram obtidos usando o espectómetro de massa de ionização térmica VG Sector 54. As razões isotópicas foram corrigidas para fraccionamento de massa, considerando $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,1194$ e $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$. Durante este estudo, os padrões SRM 987 e JNdi-1 deram valores médios de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.710263(16)$ (N = 14; conf. lim = 95 %) e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.5121030(68)$ (N = 13; conf. lim = 95 %), respectivamente. As concentrações de Rb e Sr nas seis

amostras com maiores razões Rb/Sr foram determinadas por diluição isotópica, utilizando-se um “spike” de $^{87}\text{Rb}/^{84}\text{Sr}$.

Geoquímica Isotópica

Nas rochas migmatíticas e no pegmatito verificam-se teores de Rb, Sr, Sm e Nd bastante inferiores aos do granito do Pedregal (Tabela 1). Quanto aos valores iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e ϵNd , o granito do Pedregal apresenta os resultados mais baixos para ambos os parâmetros, tendo o pegmatito valores intermédios entre os do granito e os das rochas migmatíticas (Fig.1).

Tabela 2 – Dados isotópicos Sr e Nd para as amostras do granito do Pedregal (P1, P2, P3, P6, P7), pegmatito associado (P4) e rochas gnaíso-migmatíticas (P8, P9, P10).

	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}_{(m)}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (311)	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}_{(m)}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_{(m)}$	ϵNd (311)
P1	266	228	3.3804	0.7078	16.2	110	0.0891	0.5121	-5.80
P2	383	109	10.1900	0.7070	22.2	156	0.0861	0.5120	-7.11
P3	321	68	13.7074	0.7139	22.2	146	0.0920	0.5121	-7.13
P6	403	93	12.6695	0.7144	22.3	142	0.0950	0.5121	-7.16
P7	383	82	13.6581	0.7131	22.1	148	0.0903	0.5121	-6.88
P4	183	39	13.5057	0.7194	1.5	5.7	0.1592	0.5123	-4.77
P8	174	62	8.1639	0.7277	2.4	8.9	0.1631	0.5124	-3.14
P9	164	56	8.5228	0.7306	2.5	9	0.1680	0.5124	-3.43
P10	171	37	13.4654	0.7427	2.1	7.7	0.1650	0.5124	-3.01

(m):medido

Considerações Finais

A variação da composição isotópica das litologias em estudo (Fig.1), numa primeira análise, sugere diferentes protólitos para o Granito do Pedregal e para as rochas migmatíticas associadas. Porém o modelo genético proposto com suporte nas relações de campo, petrografia e geoquímica de rocha total (elementos maiores, menores e vestigiais) considera uma provável relação genética resultante de processos de fusão sequencial entre estas litologias (Ferreira et al., 2014b). Dados experimentais demonstram que as características geoquímicas e isotópicas

dos *melts* anatóticos são mais condicionadas pelo papel das diferentes fases minerais (fases refractárias vs. fases que fundem) durante a fusão do que pela composição do protólito. A participação no *melt* de minerais ricos em ETRL, nomeadamente monazite tem importantes implicações nas concentrações de elementos vestigiais e, eventualmente, nas razões isotópicas de Nd (Wolf & London, 1995; Zeng et al., 2005a). Os valores relativamente baixos da razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no granito poderão relacionar-se com a intensa moscovitização tardia. Este processo pós magmático, implicando aumento da razão



Rb/Sr, pode ter como consequência a subestimação de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ quando calculado para um evento anterior a esse processo tardio, nomeadamente no cálculo da razão inicial, aqui entendida como a da idade de instalação. Os elevados teores de P_2O_5 e de ETRL do

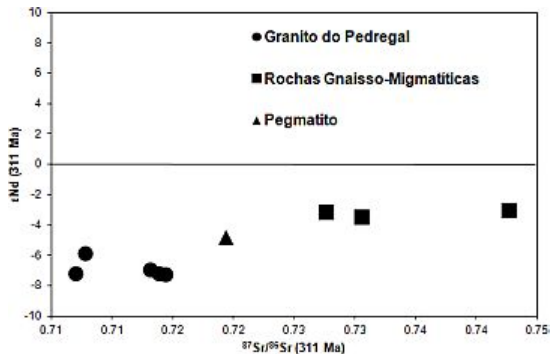


Fig.1 – Diagrama ϵNd vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$; valores calculados para a idade de 311 Ma.

que os registados nas litologias associadas. Os elevados teores de P_2O_5 e de ETRL do Granito do Pedregal apontam para a importância do contributo da apatite e da monazite (Ferreira et al., 2014b), sugerindo que este granito resultou de uma fonte enriquecida nestes minerais. É também de notar que os valores iniciais de ϵNd são mais baixos do que os registados nas litologias associadas. Duas explicações podem ser dadas, em alternativa, para este facto: a) a fonte do fundido que deu origem ao granito ser isotopicamente distinta das litologias metassedimentares do encaixante da intrusão; b) ter ocorrido fusão em desequilíbrio isotópico. Os dados geoquímicos apresentados e discutidos por Ferreira et al. (2014a, 2014b) sugerem uma forte relação genética entre o granito e as unidades que o envolvem, o que parece excluir a primeira hipótese. Na hipótese de fusão em desequilíbrio, fases minerais com elevadas razões ETRL/ETRP (e, portanto, baixas razões Sm/Nd, implicando baixo crescimento, ao longo do tempo, de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) teriam sido incorporadas no líquido. Por outro lado, fases minerais com baixos valores de ETRL/ETRP (como, por exemplo, xenótimo e granada) teriam um comportamento refractário, não só por

Granito do Pedregal apontam para a importância do contributo da apatite e da monazite, sugerindo que este granito resultou de uma fonte enriquecida nestes minerais. É também de notar que os valores iniciais de ϵNd são mais baixos do

resistiram à fusão e fiquem no resíduo, como também por não estabelecerem re-equilíbrio isotópico de Nd com o fundido gerado. Refira-se que em outros trabalhos (Wolf & London, 1995; Zeng et al., 2005a; Zeng et al., 2005b) são interpretados desequilíbrios isotópicos no sistema Sm-Nd durante processos de anatexia crustal.

Agradecimentos

Este trabalho integra-se no ICT – Group G3G e no projecto Geobiotec (UID/GEO/04035/2013). Os autores agradecem a revisão e sugestões de melhoria dos colegas Rita Solá e Telmo Santos.

Referências

- Bea, F., Montero, P., Zinger, T., 2003. The Nature, Origin, and Thermal Influence of the Granite Source Layer of Central Iberia. *The Journal of Geology*, 111, 579–595.
- Castro, A., Guillermo Corretgé, L., El-Biad, M., El-Hmidi, H., Fernández, C., Patiño Douce, A.E., 2000. Experimental Constraints on Hercynian Anatexis in the Iberian Massif, Spain. *Journal of Petrology*, 41, 1471–1488.
- Escuder Viruete, J., Indares, A., and Arenas, R., 2000. P-T paths derived from garnet growth zoning in an extensional setting: an example from the Tormes Gneiss Dome (Iberian Massif, Spain). *Journal of Petrology*, 41, 1489–1515.
- Ferreira, J., Martins, H.C.B., Ribeiro, M.A., 2014a. Geocronologia (U-Pb) e Geoquímica do granito do Pedregal. *Comunicações Geológicas*, Tomo 101, Fascículo Especial I: 89–92.
- Ferreira, J.A., Ribeiro, M.A., Martins, H.C.B., 2014b. The Pedregal granite: petrographic and geochemical characterization of a peculiar granitoid. *Estudios Geológicos*, 70(2): e019
- Wolf, M. B., London D., 1995. Incongruent dissolution of REE- and Sr-rich apatite in peraluminous granitic liquids: Differential apatite, monazite and xenotime solubilities during anatexis. *Am. Mineral.*, 80, 765–775.
- Zeng, L., Asimow, P.D., Saleeby, J.B., 2005a. Coupling of anatectic reactions and dissolution of accessory phases and the Sr and Nd isotope systematic of anatectic melts from a metasedimentary source. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69 (14), 3671–3682.
- Zeng, L., Saleeby, J.B., Ducea, M., 2005b. Geochemical characteristics of crustal anatexis during the formation of migmatite at the Southern Sierra Nevada, California. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 150, 386–4.