



VIII Congresso Ibérico
de Geoquímica
XVII Semana
de Geoquímica

GEOCROLOGIA E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA DE FÁCIES FÉLSICAS MARGINAIS DO MACIÇO DE REGUENGOS DE MONSARAZ (ZOM)

GEOCHRONOLOGY AND ISOTOPE GEOCHEMISTRY OF FELSIC MARGINAL FACIES OF THE REGUENGOS DE MONSARAZ PLUTON (OMZ)

Ana Antunes^{1*}, José Francisco Santos¹, Maria do Rosário Azevedo¹, Fernando Corfu²

¹ GeoBioTec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal (ana.antunes@ua.pt)

² Departamento de Geociências, Universidade de Oslo, Noruega

Resumo

No sector sueste do maciço de Reguengos de Monsaraz (Zona de Ossa-Morena), ocorrem rochas félsicas quer em continuidade espacial com as litologias principais do plutonito quer em pequenos corpos aparentemente separados. Neste trabalho, estudou-se o granito marginal da zona de Arraieiras, bem como o tonalito da zona do ribeiro dos Gagos. Datações U-Pb (em zircão e monazite) revelam que estas litologias são, no essencial, contemporâneas entre si, bem como relativamente às fácies mais comuns do maciço de Reguengos, e que os processos de instalação magmática deverão ter decorrido há 337-338 Ma. Do ponto de vista geoquímico, o granito de Arraieiras parece ter uma relação genética forte com o resto do plutonito, através de processos de mistura de líquidos (de origens mantélica e de anatexia de metassedimentos) e diferenciação magmática, a que se terão seguido fenómenos locais de assimilação do encaixante no nível de instalação final. O paradoxo de haver rochas mais máficas do que o granito com assinaturas isotópicas mais “crustais” poderá ser explicado pela intervenção final destes processos de assimilação. Quanto ao tonalito de Gagos, as suas características geoquímicas, e em particular as razões isotópicas de Sr e Nd, requerem uma origem distinta, com contribuição de fonte infracrustal.

Palavras-chave: maciço de Reguengos, fácies marginais, Zona de Ossa-Morena, geocronologia U-Pb, isótopos de Sr e Nd.

Abstract

Felsic rocks occur in the SE sector of the Reguengos de Monsaraz massif either as a border zone of the pluton or as small satellite bodies. In this work, the Arraieiras granite (from the border zone) and the Gagos tonalite (from a satellite body) were studied for geochronology and geochemistry. The obtained zircon and monazite U-Pb ages show that the two felsic lithologies and the main units of the Reguengos pluton are essentially contemporaneous to each other and that magma emplacement took place at 337-338 Ma. Geochemical features of the Arraieiras granite suggest that it has a strong genetic link with the other lithologies of the pluton, through magma mixing (from mantle and metasedimentary sources) and differentiation processes; in a late evolutionary stage, at the final emplacement level, assimilation of country rock material also took place. The paradox of some more mafic rocks displaying isotope signatures more “crustal” than those revealed by the Arraieiras granite is probably a consequence of late assimilation events. In contrast, the Gagos tonalite, according to the Sr and Nd isotope fingerprints, seems to be related to a different sequence of processes and, in particular, it requires the contribution of an infracrustal source.

Keywords: Reguengos massif, marginal facies, Ossa-Morena Zone, U-Pb geochronology, Sr and Nd isotopes.

Introdução

O complexo intrusivo de Reguengos de Monsaraz localiza-se no domínio Estremoz-Barrancos (Oliveira et al., 1991; Araújo et al., 2006) da Zona de Ossa Morena. É constituído predominantemente por tonalitos e granodioritos, aos quais se associam corpos gabro-dioríticos. Em termos gerais, o maciço apresenta um padrão de zonamento inverso definido pela ocorrência de rochas progressivamente mais básicas, da periferia para o interior da intrusão (Carvalhosa & Zbyzewski, 1991; Silva & Pinto, 2006; Antunes et al. 2009). As idades U-Pb obtidas por ID-TIMS em zircões das principais unidades litológicas deste maciço sugerem que a sua instalação foi praticamente contemporânea e ocorreu em torno de 337-338 Ma (Antunes et al. 2011).

Na zona sueste do maciço (zona de Arraieiras), encontram-se afloramentos de rochas félsicas, as quais foram cartografadas, por Carvalhosa & Zbyzewski (1991), como granitos biotíticos de grão fino. Algumas destas litologias ocorrem em continuidade espacial com as fácies dominantes do maciço, parecendo corresponder a uma fácies marginal do plutonito. Contudo, as condições de afloramento não permitem observar exactamente qual o tipo de transição entre as rochas tonalíticas/granodioríticas do plutonito principal e as rochas mais félsicas.

Também cartografado como contendo granitos biotíticos (Carvalhosa & Zbyzewski, 1991), existe um afloramento isolado no interior do encaixante metassedimentar, junto ao ribeiro dos Gagos, não sendo óbvio, neste último caso, se existe ligação espacial ao corpo intrusivo principal. Contudo, uma porção significativa das litologias félsicas cartografadas como granitos na área do ribeiro dos Gagos são, na verdade, rochas tonalíticas, se bem que com algumas características distintas das dos tonalitos do plutonito de Reguengos, como adiante se descreverá.

Neste trabalho, para além de se apresentarem algumas características gerais das fácies félsicas associadas ao plutonito de Reguengos, dar-se-á particular importância à apresentação de dados geocronológicos e de geoquímica isotópica, bem como à sua integração no conhecimento mais geral da história petrogenética do maciço de Reguengos.

Petrografia

As características petrográficas essenciais das rochas mais relevantes do maciço de Reguengos de Monsaraz foram já descritas em trabalhos anteriores (Antunes et al, 2009, 2010a, 2010b) variando desde as típicas de gabro-dioritos até às de granodioritos, passando

por tonalitos, numa gama quase contínua. As diferenças entre as composições mineralógicas dos vários termos correspondem essencialmente a variações progressivas das abundâncias de hornblenda, quartzo e microclina, com as proporções da anfíbola a diminuir das rochas mais máficas para os granodioritos, enquanto as dos dois últimos minerais aumentam nesse sentido. As texturas são frequentemente granulares subédricas a anédricas, embora também sejam comuns as texturas seriadas, em particular nas amostras onde há transição de fácies litológicas.

Quanto ao granito marginal da zona de Arraieiras, trata-se de rocha constituída essencialmente por plagioclase, quartzo e microclina e tendo biotite como fase acessória mais abundante. A moscovite também é relativamente comum, mas denota uma origem fundamentalmente hidrotermal. Outros minerais de alteração hidrotermal são a clorite, a sericite e a esfena. Os opacos ocorrem em pequena proporção e, em parte, também estão relacionados com processos tardios. A textura é predominantemente granular anédrica a subédrica.

Os cristais de plagioclase, com formas geralmente subédricas, têm dimensões entre 0.5 e 2 mm, apresentando-se com frequência fortemente sericitizados. As suas composições variam de albite a oligoclase (An₃-An₁₇).

O feldspato potássico encontra-se na forma de grãos anédricos, habitualmente de aspecto claramente intersticial, com o aspecto típico da microclina, devido ao padrão axadrezado da combinação das maclas de Albite e Periclina. Nos cristais de maiores dimensões (~ 2 mm), é possível observar intercrescimentos peritéticos. Composicionalmente, a microclina varia de Or₇₇ a Or₉₆.

O quartzo constitui grãos anédricos com dimensões entre 0.7 e 1mm, mas podendo alguns cristais atingir os 2mm. Nestes últimos, não é raro observar-se extinção ondulante e subgranulação.

A biotite presente no granito é ferrífera, com Fe/(Fe+Mg) a variar de 0.68 a 0.77, e ocorre em cristais com dimensões inferiores a 0.5mm. Frequentemente, apresenta-se alterada (clorite ± opacos ± esfena).

A moscovite tem características de mineral secundário, surgindo normalmente na forma de pequenos cristais inclusos nos feldspatos, embora também constitua alguns grãos intersticiais que podem ultrapassar 1 mm.

A litologia félsica amostrada na área do ribeiro dos Gagos tem largo domínio de plagioclase e quartzo, denotando uma natureza tonalítica e não granítica. Esta conclusão é confirmada por critérios geoquímicos, como a projecção no campo dos tonalitos do diagrama R1-R2 (La Roche et al., 1980). A biotite e a microclina aparecem em proporções claramente menores.

São ainda observáveis apatite, opacos e zircão. Como minerais de alteração, registam-se clorite, sericite, epidoto, moscovite e esfena. A textura é granular hipidiomórfica a xenomórfica, com uma granularidade que, em geral, não ultrapassa os 2 mm. Apesar de esta litologia ser tonalítica, tal como uma parte significativa das rochas encontradas no plutonito de Reguengos, as amostras colhidas na zona do ribeiro de Gagos têm um índice de cor inferior e apresentam biotite como única fase máfica com alguma relevância modal.

A plagioclase ocorre em cristais subédricos, zonados, cujos núcleos estão intensamente sericitizados e, por vezes, moscovitizados. São relativamente comuns inclusões de apatite. As composições dominantes são de andesina, mas, em cristais fortemente zonados, há desde núcleos labradoríticos (An_{62}) a bordos oligoclásicos (An_{17}).

O quartzo é tipicamente anédrico e apresenta-se, por vezes, afectado por subgranulação.

A biotite tem $Fe/(Fe+Mg)$ entre 0.49 e 0.55 e apresenta-se em cristais com dimensões inferiores a 1 mm, que, com frequência, contém apatite ou zircão. A alteração em clorite (a que se podem adicionar a esfena e o epidoto) é comum.

A microclina é encontrada em grãos anédricos de aspecto intersticial.

Geoquímica

Em trabalhos anteriores, Antunes et al. (2009, 2010b) apresentaram dados geoquímicos das litologias dominantes no maciço, os quais revelam que elas correspondem a uma gama contínua de composições desde termos básicos até granodioríticos. Os magmas envolvidos apresentariam características calco-alcalinhas e a diversidade composicional observada teria resultado de processos quer de diferenciação quer de mistura de magmas. Aliás, as razões isotópicas de Sr e Nd (Antunes et al., 2010c) vieram revelar uma forte influência crustal, mesmo nas rochas de composição gabro-diorítica.

A informação agora obtida para o granito de Arraieiras é compatível com a existência de uma forte ligação entre esta litologia e as fácies dominantes no maciço de Reguengos, sendo as suas amostras projectadas, nos diagramas de variação, na sequência expectável. Os teores de SiO_2 são, obviamente, mais altos (72.18-75.83%) do que os das restantes litologias. O K_2O manifesta um nítido enriquecimento no granito (4.17-5.82%). O Na_2O (Fig. 1) está, em geral, também em maiores proporções no granito (3.14-3.80%), em comparação com as outras litologias do plutonito. Em contrapartida, as concentrações de MgO , $Fe_2O_3^t$, CaO e TiO_2 são claramente mais baixas. Os valores de

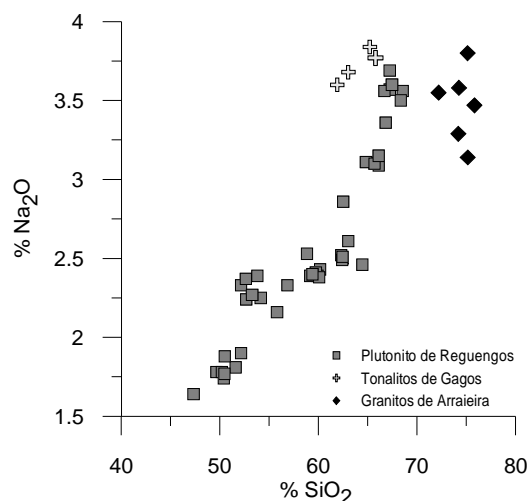


Fig. 1 – Diagrama Na_2O vs SiO_2 .

A/CNK no granito variam entre 1.07 e 1.23, revelando um carácter peraluminoso.

Em termos oligoelementares, é de destacar que as amostras de granito são claramente enriquecidas em rubídio (Rb_N/Yb_N em torno de 95), revelam um enriquecimento só muito ligeiro das terras-raras leves relativamente às pesadas ($3.05 \leq La_N/Yb_N \leq 4.55$) e apresentam claras anomalias negativas de európio ($0.26 \leq Eu/Eu^* \leq 0.54$), como é de esperar em magmas muito diferenciados.

Quanto ao leucotonalito de Gagos, apesar de partilhar características de magmas calco-alcalinhas (tais como o enriquecimento de LILE relativamente a HFSE e as anomalias negativas de Nb, Ta e Ti), ele revela algumas peculiaridades que o afastam dos alinhamentos observados nalguns diagramas de variação, quando se consideram as rochas do plutonito de Reguengos. Em particular, as amostras de Gagos têm teores mais altos de Na_2O ($> 3.5\%$) e mais baixos de K_2O ($< 2.0\%$) do que as litologias com idênticos valores de SiO_2 do plutonito. Adicionalmente, as concentrações de Rb, Ba, Th, U e elementos de terras-raras são em geral inferiores (< 90 ; 372; 6.85; 1.57 e 98.2 ppm respectivamente), enquanto as de Sr (> 282 ppm) são superiores, às observadas nos tonalitos de Reguengos com igual índice de diferenciação. Este conjunto de informações poderia sugerir que os tonalitos de Gagos se distinguissem simplesmente por eventualmente corresponderem a acumulados de plagioclase; contudo, essa hipótese não é plausível devido à inexistência de anomalias positivas de Eu, estando os valores de Eu/Eu^* aqui encontrados (0.78 a 0.87) sobrepostos aos registados em Reguengos.

Deste modo, enquanto o granito marginal de Arraieiras tem características que são compatíveis com a sua posição como termo mais ácido da linhagem das rochas do plutonito de Reguengos, já o tonalito de Gagos parece ter uma origem distinta, ou, pelo menos, divergente.

Geocronologia

Para a obtenção de idades representativas da cristalização magmática das fácies félsicas associadas ao maciço de Reguengos, foram seleccionadas uma amostra do granito de Arraieiras e outra do tonalito de Gagos, nas quais foram separados cristais de zircão e monazite, sujeitos a abrasão mecânica (Krogh, 1982) ou química (Mattinson, 2005), seguindo as rotinas laboratoriais descritas por Corfu (2004). As melhores fracções foram seleccionadas para análises U-Pb, por ID-TIMS, no Department of Geosciences of Oslo University.

Na amostra do granito de Arraieiras, usando zircões transparentes e de hábito prismático alongado, obtiveram-se quatro análises praticamente sobrepostas (Fig. 2), correspondendo a uma idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 336.8 ± 0.4 Ma (MSWD = 0.7). Uma outra análise aponta para uma idade ligeiramente mais antiga, provavelmente reflectindo a presença de partes herdadas nos zircões desse grupo. Contudo, a inclusão desta análise na média ponderada global só faz variar a idade para 337.0 ± 1.1 Ma (MSWD = 3.6).

Na amostra do leucotonalito de Gagos, foram analisados 6 zircões, dos quais um forneceu uma idade neoproterozóica, mostrando tratar-se de um xenocrystal. Num outro grão, obteve-se uma idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 351 Ma, interpretada como testemunhando a presença de componente herdada. As restantes 3 análises projectam-se sobre a *concordia*, mas com uma pequena dispersão, o que talvez represente alguma perda de Pb (Fig. 2). A idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ mais antiga destes 3 grãos é de 339.7 ± 1.4 Ma, a qual se sobrepõe à idade média $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ obtida a partir de duas análises em monazites (339.8 ± 2.5 Ma), podendo, assim, corresponder à melhor estimativa para a idade deste tonalito. No entanto, não é possível excluir a hipótese de que a dispersão de valores obtidos se deva à presença de núcleos herdados, mais do que a perdas de Pb, e que, portanto, a idade real se situe no intervalo 335-337Ma.

Independentemente destas várias possíveis interpretações, as idades obtidas sobrepõem-se, dentro da margem de erro, ou são, pelo menos, muito próximas. Recentemente, já se tinham obtido, nas litologias principais do plutonito de Reguengos, idades U-Pb de aproximadamente 337-338 Ma (Antunes et al., 2011). Deste modo, parece poder concluir-se que as litologias félsicas agora estudadas são, no essencial, contemporâneas da intrusão do corpo principal.

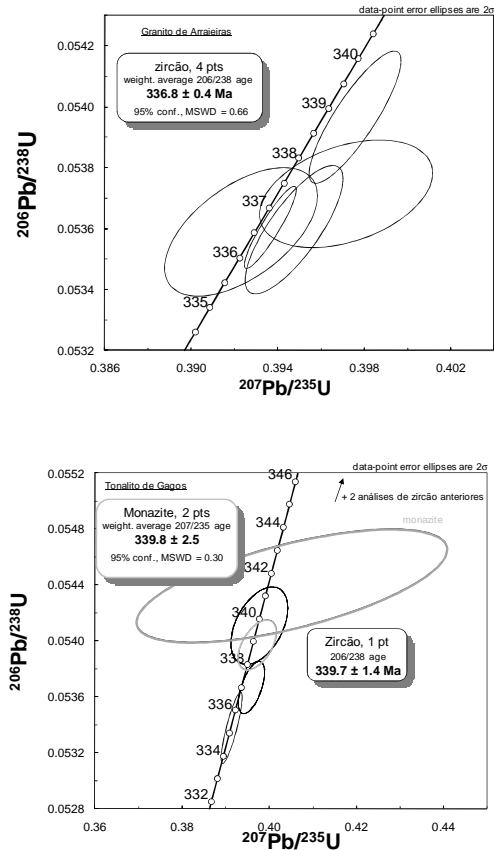


Fig. 2 – Diagramas $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ para as fracções de zircão e monazite do granito de Arraieiras e do tonalito de Gagos.

Geoquímica isotópica

Calculando as razões isotópicas iniciais (para uma idade de 338 Ma) das litologias principais do plutonito de Reguengos, obtêm-se valores de ϵNd_{338} entre -4.8 e -7.5, e de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{338}$ entre 0.707049 a 0.712062 (Fig. 3). O tipo de disposição obtido, com essas litologias, no diagrama $\epsilon\text{Nd}_{\text{inicial}}$ vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{inicial}}$ foi interpretado por Antunes et al. (2010), como indicando intensos processos de hibridização de magmas máficos com líquidos anatéticos de fonte metassedimentar, tendo sido apagada a assinatura original do extremo máfico da mistura. É de sublinhar, ainda, que no espectro de razões isotópicas iniciais de Sr e Nd, há sobreposição entre as litologias gabro-dioríticas, tonalíticas e granodioríticas, e não uma variação regular das composições mais básicas para as mais ácidas. Este facto permite supor que terão ocorrido primeiro processos de hibridização que conduziram a uma relativa homogeneidade isotópica, apesar da diversidade geoquímica, a que se sobrepuseram, nas etapas finais da instalação do plutonito, novos processos de assimilação de materiais supracrustais, com efeitos variando de local para local, aumentando agora a heterogeneidade isotópica. Isto permitiria explicar o facto de a amostra com assinatura isotópica mais crustal (RMS-36), ser,

não de um termo ácido, mas de uma rocha com composição modal de tonalito e macroelementar (R1-R2) de diorito, aflorante numa zona de bordadura do maciço, e que, em lâmina delgada, evidencia a presença de zonas muito ricas de grãos de biotite em claro desequilíbrio textural e, pontualmente, contendo silimanite fibrosa. Ou seja, localmente parece ter ocorrido, já no nível de instalação do plutonito, um processo de digestão de material metassedimentar, que terá alterado a composição isotópica da porção de magma imediatamente envolvente.

Das duas amostras do granito de Arraieiras analisadas para isótopos de Rb-Sr e Sm-Nd, uma (RMS-39) projecta-se claramente sobreposta ao campo definido pelas litologias principais do plutonito, enquanto a outra (RMS-40) aparece com uma razão inicial de Sr inferior (Fig. 3). Contudo, tendo em atenção que RMS-40 tem uma razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ muito elevada (25.96 ± 0.73) mesmo pequenas variações relativas nessa razão têm efeitos significativos no valor de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{338}$. Neste caso, tomando em consideração o erro analítico, a razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ do granito RMS-40 também poderia estar sobreposta ao campo das rochas gabrodioríticas, tonalíticas e granodioríticas de Reguengos.

Deste modo, apesar dos dados não serem inteiramente conclusivos, as razões isotópicas iniciais das rochas de Arraieiras poderão indiciar uma relação genética forte com o grande corpo intrusivo. Contudo, não obstante a sua composição granítica, isotopicamente não se situam no extremo "crustal" das rochas magmáticas de Reguengos. Isto poderá ajustar-se à hipótese de uma hibridização em nível mais profundo do que o da instalação, com a obtenção de uma relativa homogeneização isotópica mas não macroelementar. Se, no nível de instalação, o líquido granítico não tiver sofrido nenhum processo significativo de assimilação de rochas encaixantes, ele acabará por ficar com razões isotópicas menos crustais do que as de rochas mais máficas afectadas por esses processos.

Em contrapartida, a localização da amostra do tonalito de Gagos no diagrama $\epsilon\text{Nd}_{\text{inicial}}$ vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{inicial}}$ (Fig. 3), com um valor de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{338} = 0.705083$, já não pode ser explicado por um eventual efeito de erro analítico sobre a razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, pois esta é de 0.790 ± 0.022 ; ou seja, a variação de $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$, dentro dos limites do erro, tem um efeito praticamente desprezável no valor calculado de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{338}$. Isto permite concluir que a diferença da assinatura isotópica do tonalito de Gagos relativamente às rochas do maciço de Reguengos é significativa, devendo corresponder ao envolvimento, na génese da rocha do corpo satélite, de uma fonte da crosta inferior. A contemporaneidade com as restantes litologias deverá resultar de se relacionarem com um fenómeno térmico comum – ascensão

de magmas máficos desde o manto superior – que terá contribuído para fenómenos de anatexia em diferentes níveis crustais.

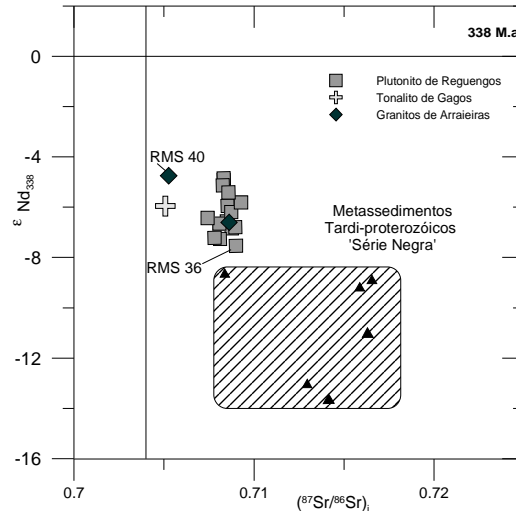


Fig. 3 – Diagrama $\epsilon\text{Nd}_{\text{inicial}}$ vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{inicial}}$ (para 338 Ma). Acerca das amostras RMS-36 e RMS-40, ver discussão no texto.

Conclusões

Do estudo agora efectuado, parece poder-se concluir o seguinte:

- As litologias mais félsicas nas zonas marginais ao plutonito de Reguengos de Monsaraz não se restringem a granitos biotíticos, incluindo também, pelo menos na zona do ribeiro dos Gagos, rochas tonalíticas com baixo índice de cor (leucotonalitos).

- As datações U-Pb efectuadas apontam para a contemporaneidade destas rochas félsicas não só entre si, mas também relativamente às fácies principais do maciço de Reguengos, com idades em torno de 337-338 Ma.

- A informação geoquímica, quer elementar quer isotópica, do granito de Arraieiras é compatível com a existência de uma forte relação genética entre esta rocha e as do plutonito de Reguengos, através de processos em que terão intervindo mistura de líquidos máficos (mantélicos?) e de fusão de metassedimentos, diferenciação magmática e assimilação de material encaixante no nível de instalação final.

- O facto de a assinatura isotópica do granito de Arraieiras ser "menos crustal" do que a de algumas litologias mais máficas do maciço de Reguengos resulta, provavelmente, de o granito ter sofrido menos processos de assimilação nas etapas finais da instalação.

- Já o tonalito de Gagos, apesar da sua contemporaneidade, parece ter uma relação menos forte com as restantes litologias referidas, apresentando uma assinatura isotópica que aponta para o envolvimento de contribuição de uma fonte infracrustal.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro da FCT, através de uma bolsa de doutoramento (SFRH/41802/2007) e do projecto Petrochron (PTDC/CTE-GIX/112561/2009).

Referências Bibliográficas

- Antunes, A., Santos, J.F., Azevedo, M.R., Mendes, M.H., Ribeiro, S. (2009). Novos dados de petrografia, geoquímica e geocronologia do plutonito de Reguengos de Monsaraz (Zona de Ossa Morena). Proc. VII Congresso Ibérico de Geoquímica / X Congresso Nacional de Geoquímica, Soria, 17: 788-798.
- Antunes, A., Santos, J.F. & Azevedo, M.R. (2010a). A variabilidade química da plagioclase no plutonito de Reguengos de Monsaraz (OMZ): testemunhos de mistura de magmas. Memórias nº14. X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XVI Semana da Geoquímica, Porto, p.71.
- Antunes et al. (2010b) New petrographic, geochemical and geochronological data for the Reguengos de Monsaraz pluton (Ossa Morena Zone, SW Iberian Massif, Portugal). *Estudios Geológicos*, 66 (1): 25-34.
- Antunes, A., Santos, J.F. & Azevedo, M.R. (2010c). Sr-Nd isotope evidence for mixing in the mafic rocks from the Reguengos de Monsaraz Variscan Pluton (Ossa Morena Zone, Portugal). *Acta Mineralogica-Petrographica, Series 6*, p.513, Abstracts Volume. Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrology, University of Szeged, Hungary.
- Antunes, A., Santos, J.F., Azevedo, M.R., Corfu, F. (2011). New U-Pb zircon age constraints for the emplacement of the Reguengos de Monsaraz Massif (Ossa Morena Zone). Hutton Symposium on granites and related rocks. Abstracts Volume 9-10.
- Araújo, A., Piçarra Almeida, J., Borrego, J., Pedro, J., Oliveira, T. (2006). As regiões central e sul da Zona de Ossa Morena. In Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. & Kullberg, J.C. (Coords.) *Geologia de Portugal no Contexto da Ibéria*, Universidade de Évora, 151-172.
- Carvalhosa, A., Zbyzewski, G., 1991. Notícia Explicativa da Folha 40-B (Reguengos de Monsaraz) da Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50000. Serv. Geol. de Portugal, Lisboa. 51 pp.
- Corfu, F. (2004). U-Pb age, setting and tectonic significance of the anorthosite-mangerite-charnockite-granite suite, Lofoten-Vesteralen, Norway. *Journal of Petrology* 45 (9), 1799-1819.
- Krogh, TE (1982) Improved accuracy of U-Pb zircon ages by creation of more concordant systems using an air abrasion technique. *Geochim Cosmochim Acta* 46:637-649.
- La Roche, H., Leterrier, J., Granclaude, P. & Marchal, M. (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major elements analysis. *Chem. Geol*, 29: 183-210.
- Mattinson, J.M. (2005) Zircon U-Pb chemical abrasion ('CA-TIMS'): combined annealing and multistep partial dissolution analysis for improved precision and accuracy of zircon ages. *Chem. Geol.*, 220: 47- 66.
- Oliveira, J.T., Oliveira, V. & Piçarra, J.M. (1991). Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa Morena em Portugal: síntese crítica do estado actual dos conhecimentos. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 77: 3-26.
- Silva, M.M.V.G. & Pinto, M.M.S.C. (2006). Geoquímica das rochas ígneas do plutão de Reguengos de Monsaraz (Alto Alentejo). *Livro de resumos do VII Congresso Nacional de Geologia*, vol. I: 249-251.