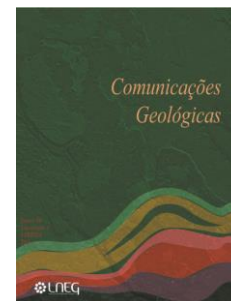


Discussão sobre a determinação da idade do granito do Porto pelo sistema Rb-Sr: implicações do valor da constante de decaimento do ^{87}Rb

Discussion on the Rb-Sr age determination of Porto granite: implications of the ^{87}Rb decay constant

A. Almeida^{1*}, J. F. Santos², F. Noronha¹



Artigo original
Original article

© 2015 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Resumo: A determinação da idade absoluta por métodos isotópicos constitui um dado indispensável no constrangimento das condições petrogenéticas e evolutivas de uma rocha, contribuindo para uma melhor caracterização do enquadramento geológico e tectónico. Os granitos da região do Porto têm sido alvo de diversos estudos isotópicos e geocronológicos que permitiram estabelecer comparações recorrendo a diferentes métodos, nomeadamente U-Pb, Rb-Sr e Sm-Nd. O cálculo da idade do granito peraluminoso de duas micas do Porto pelo sistema Rb-Sr baseado em propostas mais recentes do valor da constante de decaimento do ^{87}Rb , assumidas como mais rigorosas do que a habitualmente recomendada, resultou no valor de 311 ± 7 Ma para a instalação do granito, confirmando a afiliação com o grupo dos granitos sintectónicos relativamente à terceira fase de deformação hercínica. Estes resultados são mais concordantes com as idades obtidas em trabalhos anteriores pelo método U-Pb em zircão e monazite para o mesmo granito.

Palavras-chave: Rb-Sr, U-Pb, granito, constante de decaimento de ^{87}Rb .

Abstract: The determination of absolute ages by isotopic systematics is an indispensable datum to constrain the petrogenesis and evolution conditions of a rock, being a contribution to a better characterization of the geological and tectonic settings. The granitic rocks of Porto region have been the object of several isotopic and geochronological studies that have allowed a comparative approach by different methods, namely U-Pb, Rb-Sr and Sm-Nd. The age determination of the Porto peraluminous two-mica granite by the Rb-Sr systematics based on recent estimates of the ^{87}Rb decay constant, assumed as more accurate than the constant usually recommended, suggests the age of 311 ± 7 Ma for the emplacement of the Porto granite. This age is in agreement with the affiliation of Porto granite to the group of syn-tectonic granites related with the third Hercynian deformation phase. The present results are more concordant with the U-Pb ages reported in previous works for zircon and monazite of the same granite.

Keywords: Rb-Sr, U-Pb, granite, ^{87}Rb decay constant.

1. Introdução

A cidade do Porto ocupa uma área de cerca de 41 km² cuja geologia compreende rochas ígneas, formações metamórficas e sedimentos de superfície. As rochas ígneas são dominadas por um maciço de granito de duas micas sintectónico, que constitui o objeto do presente trabalho, e ocorrências subordinadas de granitos ante- a sintectónicos e tardi- a pós-orogénicos. O estudo do granito do Porto, com base na petrografia, mineralogia, geoquímica e no seu contexto geodinâmico, permite que seja classificado no grupo dos granitos de duas micas peraluminosos, sintectónicos relativamente à terceira fase de deformação hercínica, D₃ (e.g., Ferreira *et al.*, 1987; Almeida, 2001; Almeida *et al.*, 2014). O problema que se propõe discutir foi suscitado pela variação das idades apresentadas para o mesmo granito, em particular para as idades calculadas mais recentemente com as quais se espera confirmar com maior precisão a coerência da instalação e cristalização deste granito, o mais representativo do substrato da região do Porto e do património arquitetónico distintivo da evolução histórico-social da cidade.

2. Cronologia das idades propostas para o granito do Porto

Os resultados pelo método Rb-Sr obtidos até ao momento mencionaram as idades de 394 ± 58 Ma, 332 ± 6 Ma e 317 ± 19 Ma (Mendes, 1967/1968) a partir de isócronas respetivamente em rocha total, biotite e moscovite; 312 ± 10 Ma (Priem *et al.*, 1970), 345 ± 4 Ma (Abranches *et al.*, 1979), 343 ± 10 Ma (Silva, 1995) e 306 ± 7 Ma (Almeida *et al.*, 2014), em rocha total. Em todos os exemplos, a constante de decaimento do ^{87}Rb utilizada (originalmente ou em recálculos posteriores) foi a proposta por Steiger e Jäger (1977). O estudo geocronológico U-Pb em zircão e monazite apresentado em Almeida (2001) e Martins *et al.* (2001) refere o valor de 318 ± 2 Ma para a idade do granito.

¹CGUP, DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto, Portugal.

²Geobiotec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro 3810-193 Aveiro, Portugal.

*Autor correspondente/Corresponding author: aalmeida@fc.up.pt

3. Geologia isotópica de Rb-Sr

A determinação da idade absoluta de uma rocha recorrendo ao sistema Rb-Sr tem sido continuamente revista considerando o aperfeiçoamento das técnicas analíticas quer na obtenção dos teores dos elementos rubídio e estrôncio e respetivos resultados isotópicos, quer nos métodos para se atingir uma constante de decaimento do ^{87}Rb o mais rigorosa possível que conduziram à publicação de mais de duas dezenas de referências sugerindo diferentes métodos experimentais de determinação da constante de decaimento do ^{87}Rb . Neste trabalho, discutir-se-á a comparação entre os resultados recorrendo às constantes de decaimento de ^{87}Rb de Steiger e Jäger (1977), devido à sua importância como recomendação da Subcomissão de Geocronologia da IUGS até ao momento, e a outras três referências, nomeadamente Nebel *et al.* (2011), Rotenberg *et al.* (2012) e Villa *et al.* (2015) por se basearem em métodos mais atualizados e precisos, com a particularidade de o valor apresentado pelos últimos autores ter sido a proposta mais recente como recomendação da IUPAC-IUGS (International Union of Pure and Applied Chemistry-International Union of Geological Sciences), substituindo o valor de Steiger e Jäger (1977). Apesar de alguma discrepância, as três novas propostas têm como consequência a obtenção de valores de λ_{87} cerca de 2 % inferiores à recomendada nas últimas décadas justificando uma discussão das idades do granito do Porto recalculadas com as novas constantes. A tabela 1 sintetiza os resultados de análises, para o sistema isotópico Rb-Sr, de amostras de testemunhos de sondagem de granito do Porto, criteriosamente selecionadas de modo a serem desprovidas de efeitos de processos de alteração meteórica.

Tabela 1. Dados das análises isotópicas para o sistema Rb-Sr em amostras do granito do Porto segundo Almeida *et al.* (2014). Estes dados foram usados nos cálculos da idade cujos resultados se apresentam na tabela 2.

Table 1. Isotopic analyses data for the Rb-Sr systematics in Porto granite samples according to Almeida *et al.* (2014). These data were used in age determinations whose results are displayed in table 2.

Amostra	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
9C-5	9,22 ($\pm 0,26$)	0,753166 ($\pm 26 \times 10^{-6}$)
ST1-7	24,46 ($\pm 0,75$)	0,828277 ($\pm 28 \times 10^{-6}$)
ST2-12	18,35 ($\pm 0,52$)	0,792127 ($\pm 30 \times 10^{-6}$)
ST3-6	34,38 ($\pm 0,97$)	0,860717 ($\pm 33 \times 10^{-6}$)
ST14-2	47,29 ($\pm 1,34$)	0,921667 ($\pm 20 \times 10^{-6}$)

As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Rb}$ mostram uma correlação muito elevada (MSWD=0,71) e definem uma isócrona obtida por uma solução de modelo 1 no programa Isoplot 4 (Ludwig, 2012), sendo 306 ± 7 Ma o valor de idade registado quando se utiliza a constante de Steiger e Jäger (1977). Não havendo indícios de fenómenos metassomáticos que tivessem causado re-homogeneização de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ à escala do maciço, a isócrona foi interpretada como representando a idade de instalação (Almeida *et al.*, 2014).

4. Geocronologia U-Pb

A determinação da idade do granito do Porto pelo sistema Rb-Sr em rocha total teve como principal objetivo confirmar a idade

anteriormente obtida pelo método U-Pb (Almeida, 2001; Martins *et al.*, 2001), em duas frações de zircão e uma de monazite separadas a partir da amostra ST2-12 do presente estudo. Nessa amostra, verifica-se que as duas frações de zircão definem uma discórdia inversa cuja interseção inferior é de $316,8 \pm 5,7$ Ma (MSWD=0,20). A monazite é ligeiramente discordante e indica uma idade $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ de 318 Ma (Almeida, 2001; Martins *et al.*, 2001).

5. Discussão

A reavaliação do cálculo da constante de decaimento do ^{87}Rb tem recebido uma atenção por parte de muitos autores com a preocupação de se determinar o valor mais rigoroso possível que permita que o decaimento do ^{87}Rb para ^{87}Sr constitua um geocronómetro altamente preciso e comparável com outros sistemas com constantes de decaimento muito bem calibradas, nomeadamente o sistema U-Pb (*e.g.*, Steiger e Jäger, 1977; Nebel *et al.*, 2011; Rotenberg *et al.*, 2012; Villa *et al.*, 2015).

O cálculo da idade do granito do Porto pela geocronologia Rb-Sr e usando o valor de λ_{87} preconizado por Steiger e Jäger (1977) (Tabela 2) resultou relativamente mais jovem do que a idade sugerida pela geocronologia U-Pb, respetivamente 306 ± 7 Ma e 318 ± 2 Ma. Estes resultados foram discutidos por Almeida *et al.* (2014) tendo-se verificado que a margem de erro da idade obtida nos zircões (317 ± 7 Ma) permitia assumir a idade de 313 Ma.

Para o presente estudo procedeu-se a uma reflexão sobre as novas propostas de constante de decaimento para o ^{87}Rb , calculadas por métodos distintos (Tabela 2). Utilizaram-se três valores de λ_{87} : $1,393 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$, correspondente a uma semi-vida de 49,76 Ga, determinado por comparação ao sistema U-Pb (Nebel *et al.*, 2011), $1,397 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$, equivalente a uma semi-vida de 49,62 Ga obtido pelo método da acumulação de ^{87}Sr produzido em laboratório (Rotenberg *et al.*, 2012) e o mais recente, $1,3972 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$, apenas com mais uma casa decimal que o proposto pelos autores anteriores, equivalente a uma semi-vida de 49,61 Ga (Villa *et al.*, 2015).

Tabela 2. Resultados do cálculo da idade Rb-Sr do granito do Porto em função da constante de decaimento aplicada. Foi utilizado sempre o mesmo conjunto de amostras (ver Tabela 1).

Table 2. Results of the Rb-Sr age of Porto granite on the basis of the applied decay constant. It has always been used the same set of samples (see Table 1).

Trabalho com proposta de λ_{87}	λ_{87} ($\times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$)	Idade calculada para o granito do Porto (Ma)
Steiger e Jäger (1977)	1,42	306 ± 7
Nebel <i>et al.</i> (2011)	1,393	312 ± 7
Rotenberg <i>et al.</i> (2012)	1,397	311 ± 7
Villa <i>et al.</i> (2015)	1,3972	311 ± 7

Os novos valores da idade do granito do Porto são, recorrendo a Isoplot 4 (Ludwig, 2012), 312 ± 7 Ma, se usada a constante de Nebel *et al.* (2011), e 311 ± 7 Ma se usadas as constantes de Rotenberg *et al.* (2012) e de Villa *et al.* (2015) (Fig. 1). As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ iniciais, em ambos os casos, são iguais a 0,7128, o que está de acordo com as características de tipo S apresentadas por este granito, tal como descrito por Almeida *et al.* (2014). Visto que a constante de decaimento não

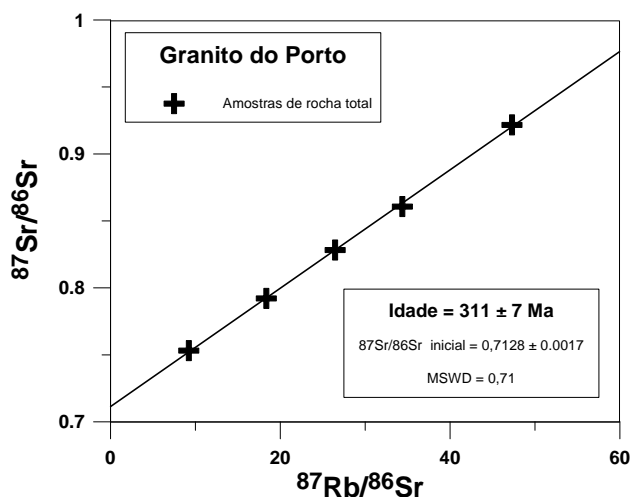


Fig. 1. Isócrona Rb-Sr do granito do Porto calculada com as razões isotópicas da tabela 1 e os valores de λ_{87} propostos por Rotenberg *et al.* (2012) e Villa *et al.* (2015).

Fig. 1. Rb-Sr isochron of Porto granite calculated with the isotopic ratios from table 1 and the λ_{87} values suggested by Rotenberg *et al.* (2012) and Villa *et al.* (2015).

interfere no cálculo de MSWD, as duas isócronas agora apresentadas, assim como a de Almeida *et al.* (2014), têm, para esse parâmetro de ajustamento à reta ideal, o valor de 0,71.

6. Conclusões

O exemplo do granito do Porto parece ser mais um dado no sentido dos resultados referidos por Nebel *et al.* (2011), segundo os quais há um melhor ajustamento entre as idades Rb-Sr e U-Pb se, para o primeiro sistema, se trabalhar com uma constante de decaimento inferior à proposta por Steiger e Jäger (1977), tal como a que é apresentada no próprio trabalho de Nebel *et al.* (2011) ou duas outras (mas muito semelhantes) sugeridas por Rotenberg *et al.* (2012) e Villa *et al.* (2015). A idade de 311 ± 7 Ma assim calculada para o granito do Porto reveste-se de uma importância acrescida ao precisar a idade Vestefaliana para a terceira fase de deformação hercínica, D₃, confirmando a inserção do maciço no grupo dos granitos sin-D₃ da Península Ibérica.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado por fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade – COMPETE e por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito dos projetos Petrochron (PTDC/CTE-GIX/112561/2009), Geobiotec

(UID/GEO/04035/2013) e PEst-OE/CTE/UI0039/2014 (CGUP). Os autores agradecem a cuidada revisão de Rita Solá e de um revisor anónimo cujos comentários e sugestões em muito beneficiaram a versão final deste artigo.

Referências

- Abranches, M. C. B., Canilho, M. H., Canêlhas, M. G. S., 1979. Idade absoluta pelo método Rb-Sr dos granitos do Porto e de Portalegre (Nota preliminar). *Bol. Soc. Geol. Portugal*, **21**(2/3): 239-248.
- Almeida, A., 2001. Geochemical and geochronological characterization of the syn-tectonic two-mica granite of Porto (NW Portugal). In: M. Lago, E. Arranz & C. Galé (Eds.). *Actas do III Congresso Ibérico de Geoquímica e VIII Congresso de Geoquímica de Espanha*, Zaragoza, 311-315.
- Almeida, A., Santos, J. F., Noronha, F., 2014. Contribuição dos sistemas isotópicos Sm-Nd e Rb-Sr para o estudo petrogenético do maciço granítico peraluminoso de duas micas da cidade do Porto (NW Portugal). *Comunicações Geológicas*, **101**(I): 27-30.
- Ferreira, N., Iglésias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A., Ribeiro, M. L., 1987. Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J., Lopez Plaza, M., Rodriguez Alonso, M. (Eds.). *Geología de los Granitoides y Rocas Asociadas del Macizo Hesperico*, Editorial Rueda, Madrid, 37-51.
- Ludwig, K. R., 2012. *Isoplot 3.75. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 5.
- Martins, H., Almeida, A., Noronha, F., Leterrier, J., 2001. Novos dados geocronológicos de granitos da região do Porto: Granito do Porto e Granito de Lavadores. *Actas do VI Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XII Semana de Geoquímica*. Universidade do Algarve, Faro, 146-148.
- Mendes, F., 1967/1968. Contribution à l'étude géochronologique, par le méthode au strontium, des formations cristallines du Portugal. *Bol. Mus. Lab. Min. Geol., Univ. Lisboa*, **11**(1): 155.
- Nebel, O., Scherer, E. E., Mezger, K., 2011. Evaluation of the ^{87}Rb decay-constant by age-comparison against the U-Pb system. *Earth Planet. Sci. Lett.* **301**: 1-8.
- Priem, H. N. A., Boelrijk, N. A. I. M., Verschure, R. H., Hebeda, E. H., Verdurme, E. A. Th., 1970. Dating events of acid plutonism through the Paleozoic of the Western Iberian Peninsula. *Ecl. Geol. Helv.* **63**: 255-274.
- Rotenberg, E., Davis, D. W., Amelin, Y., Ghosh, S., Berquist, B. A., 2012. Determination of the decay-constant of ^{87}Rb by laboratory accumulation of ^{87}Sr . *Geochim. Cosmochim. Acta*, **85**: 41-57.
- Silva, M. M. V. G., 1995. *Mineralogia, petrologia, e geoquímica de encraves de rochas graníticas de algumas regiões Portuguesas*. Universidade de Coimbra. Tese de doutoramento, 288.
- Steiger, R. H., Jäger, E., 1977. Subcommission on geochronology: convention in the use of decay-constants in geo- and cosmochemistry. *Earth Planet. Sci. Lett.* **36**: 359-362.
- Villa, I. M., De Bièvre, P., Holden, N. E., Renne, P.R., 2015. IUPAC-IUGS recommendation on the half life of ^{87}Rb . *Geochim. Cosmochim. Acta*, **164**: 382-385.