

XIV SEMANA DE  
GEOQUÍMICA

VIII CONGRESSO DE  
GEOQUÍMICA  
DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA

2005

ANGOLA  
BRASIL  
CABO VERDE  
GUINÉ BISSAU  
MOÇAMBIQUE  
PORTUGAL  
SAO TOMÉ E PRÍNCIPE  
TIMOR LOROSAE

ACTAS

VOLUME 2

XIV SEMANA DE GEOQUÍMICA  
VIII CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
UNIVERSIDADE DE AVEIRO  
AVEIRO - PORTUGAL

11 A 16 DE JULHO DE 2005



# GEOCRONOLOGIA E PETROGÉNESE DO PLUTÃO GRANÍTICO DE CASTELO BRANCO, CENTRO DE PORTUGAL

**I.M.H.R. ANTUNES<sup>(1)</sup>, A. M. R. NEIVA<sup>(2)</sup>, M.M.V.G. SILVA<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Instituto Politécnico de Castelo Branco. Quinta da Senhora de Mércules. 6001-909 Castelo Branco.  
[imantunes@esa.ipcb.pt](mailto:imantunes@esa.ipcb.pt)

<sup>(2)</sup> Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra. Largo Marquês de Pombal. 3000 Coimbra.

## RESUMO

No plutão de Castelo Branco, distinguem-se cinco granitóides, G1 a G5, dispostos concentricamente do núcleo para o bordo do plutão. Os diagramas de variação, seus perfis de terras raras, dados isotópicos Rb/Sr e as composições das plagioclases indicam que: a) o granito de grão médio a fino moscovítico-biotítico (G1), o granodiorito de grão médio a fino, levemente porfiróide, biotítico-moscovítico (G2) e o granito de grão grosseiro moscovítico-biotítico (G5) correspondem a três pulsações magmáticas distintas resultantes da fusão parcial de materiais metassedimentares; b) aquele granodiorito G2, o granodiorito de grão médio a grosseiro, porfiróide, biotítico-moscovítico (G3) e o granito de grão médio a grosseiro, porfiróide, de duas micas (G4) definem uma sequência de diferenciação magmática. Além disso, G2, G3 e G4 permitem estabelecer uma isócrona Rb-Sr de rocha total de idade  $300 \pm 16$  Ma e  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  inicial de  $0.7113 \pm 0.0033$ . G3 e G4 derivam do magma granodiorítico G2, por cristalização fraccionada de quartzo, plagioclase e biotite. G1, G2 e G5 têm a idade de  $310 \pm 1$  Ma obtida por U-Pb em cristais isolados de zircão e monazite.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  inicial é de  $0.7090 \pm 0.0011$ ,  $0.7108 \pm 0.0024$  e  $0.7120 \pm 0.0003$  para G1, G2 e G5, respectivamente, para esta idade. Foram obtidas idades de  $297 \pm 3$  Ma a  $303 \pm 3$  Ma em monazites dos cinco granitóides por U-Pb-Th, utilizando uma microsonda electrónica.

## ABSTRACT

Five granitic rocks G1 to G5, concentric displayed from core to rim, were distinguished in the Castelo Branco pluton. The variation diagrams, REE patterns, Rb/Sr isotopic data and plagioclase compositions suggest that: a) the medium- to fine-grained muscovite-biotite granite (G1), medium- to fine-grained slightly porphyritic biotite-muscovite granodiorite (G2) and coarse-grained muscovite-biotite granite (G5) correspond to three distinct granite pulses resulting from partial melting of metasedimentary materials; b) that granodiorite G2, medium- to coarse-grained porphyritic biotite-muscovite granodiorite (G3) and medium- to coarse-grained porphyritic two-mica granite (G4) define a sequence of magmatic differentiation. Furthermore, G2, G3 and G4 also define a whole-rock Rb-Sr isochron which yields the age of  $300 \pm 16$  Ma and initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio of  $0.7113 \pm 0.0033$ . G3 and G4 are derived from the granodioritic magma G2 by fractional crystallization of quartz, plagioclase and biotite. G1, G2 and G5 are of  $310 \pm 1$  Ma age obtained by U-Pb in separated zircon and monazite crystals. G1, G2 and G5 have initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of  $0.7090 \pm 0.0011$ ,  $0.7108 \pm 0.0024$  and  $0.7120 \pm 0.0003$ , respectively for the age of 310 Ma.

## GEOLOGIA

O plutão de Castelo Branco é constituído por granitóides de idade Hercínica e a sua instalação foi condicionada pela terceira fase de deformação Hercínica, sendo rochas tardi a pós F3, pois as tensões dominantes nesta fase apenas afectaram os granitos de forma bastante ténue (Ferreira *et al.*, 1987). O plutão de Castelo Branco intruiu metassedimentos do Complexo Xisto-Metagrauváquico de idade câmbria e aflora numa área de cerca de  $390 \text{ km}^2$ .

O plutão de Castelo Branco é constituído por cinco granitóides dispostos concentricamente. O centro do plutão é ocupado por um granito de grão médio a fino, moscovítico-biotítico (G1), que é rodeado pelo granodiorito de grão médio a fino, levemente porfiróide, biotítico-moscovítico (G2), seguido do granodiorito de grão médio a grosseiro, porfiróide, biotítico-moscovítico (G3), que é rodeado pelo granito de grão médio a grosseiro, porfiróide, de duas micas com quantidades idênticas de biotite e moscovite (G4). A bordadura do plutão é limitada, a N e NE da área, pelo granito de grão grosseiro, moscovítico-biotítico (G5), que não ocorre na zona S e W do plutão, as quais são ocupadas pelo granito G4.

## GEOCRONOLOGIA

O granito de duas micas (G4) foi datado pelo método Rb-Sr de rocha total, que deu a idade de 310 Ma (Beetsma, 1995). Agora dataram-se todos os tipos de granitóides do plutão de Castelo Branco, usando três técnicas geocronológicas distintas e estabeleceu-se um modelo petrogenético.

### • Resultados de U-Pb em cristais de zircão e monazite

Em amostras representativas de três granitóides (G1, G2 e G5) do plutão de Castelo Branco foram separados cristais de zircão e monazite, seguindo a metodologia de Krogh (1987). As fracções de melhor qualidade foram seleccionadas para a análise de U-Pb por espectrometria de massa (ID-TIMS), na Universidade de Oslo (Noruega). A idade média, por U-Pb, obtida em cristais de zircão e monazite nos diferentes granitóides é a mesma entre si (Tabela 1).

No granito G1, as três fracções de zircão analisadas não são concordantes devido à presença de núcleos restíticos que foram observados, contudo obteve-se uma idade de concórdia de  $310 \pm 1$  Ma. O processo de cristalização magmática, terá ocorrido em sistema aberto, tendo havido uma perda contínua de Pb e modificando a idade destes cristais. As monazites, de idade Paleozóica, são afectadas por desequilíbrios associados aos diversos episódios geológicos ocorridos e apresentam um excesso de  $^{206}\text{Pb}$  devido ao excesso de  $^{230}\text{Th}$  que possuem (Kalt *et al.*, 2000). A idade será dada pela razão  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  da monazite mais concordante. Na projecção conjunta dos resultados de U-Pb em zircão e monazite obtém-se uma curva de discórdia inversa com uma intersecção superior em  $529 \pm 69$  Ma, indicando a presença de núcleos restíticos. Para G1, considera-se a idade média das fracções de zircão e de monazite de  $310 \pm 1$  Ma (Tabela 1).

No granodiorito G2 foram analisadas três fracções de zircão e uma de monazite. Os cristais de zircão projectam-se próximo da curva da concórdia mas um deles revela a presença de núcleos restíticos, sendo considerada a idade de  $310 \pm 1$  Ma obtida na fracção de zircão mais concordante. A idade da monazite é igual à obtida para os zircões (Tabela 1).

As quatro fracções de zircão do granito G5 são concordantes e projectam-se na curva da concórdia. Na monazite mais concordante foi obtida uma idade idêntica. Para o granito G5 considera-se a idade de zircão e monazite de  $310 \pm 1$  Ma.

A metodologia U-Pb em cristais de zircão e monazite indica que os três granitóides, G1, G2 e G5, estudados têm a idade de instalação de  $310 \pm 1$  Ma, igual à obtida por Beetsma (1995) para G4.

Tabela 1. Resultados de datações obtidas nos granitóides e seus zircões e monazites do plutão de Castelo Branco

	G1	G2	G3	G4	G5
U-Pb em zircão e monazite (ID-TIMS)	$310 \pm 1$ Ma	$310 \pm 1$ Ma	-	-	$310 \pm 1$ Ma
Rb-Sr em rocha total (ICP-MS)	-	$300 \pm 16$ Ma MSWD = 0.21			-
U-Th-Pb em monazite (EPMA)	$303 \pm 3$ Ma MSWD = 9 (N=31)	$301 \pm 4$ Ma MSWD = 2 (N=38)	$301 \pm 4$ Ma MSWD = 3 (N=32)	$297 \pm 3$ Ma MSWD = 35 (N=45)	$301 \pm 3$ Ma MSWD = 14 (N=49)

G1 – granito de grão médio a fino, moscovítico-biotítico; G2 – granodiorito de grão médio a fino, levemente porfiróide, biotítico-moscovítico; G3 – granodiorito de grão médio a grosseiro, porfiróide, biotítico-moscovítico; G4 – granito de grão médio a grosseiro, porfiróide, de duas micas; G5 – granito de grão grosseiro moscovítico-biotítico. N – número de análises; - não determinado.

### • Resultados de Rb-Sr em rocha total

Para a determinação de dados isotópicos de Rb-Sr por ICP-MS, foram seleccionadas amostras representativas dos cinco granitóides após o estudo e interpretação das relações de campo, dados petrográficos e geoquímicos da rocha total. As determinações isotópicas foram realizadas na Universidade de Granada (Espanha), usando a metodologia de Montero e Bea (1997).

Os granitóides G2, G3 e G4 definem uma sequência e, conseqüentemente, uma isócrona Rb-Sr de rocha total, que dá a idade de  $300 \pm 16$  Ma,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de  $0.7113 \pm 0.0033$  e  $\text{MSWD} = 0.210$ . Considerando os erros analíticos, esta idade enquadra-se na obtida para estes granitóides pelo método U-Pb em zircão e monazite. O granito G5 não se projecta nesta isócrona.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  inicial é de  $0.7090 \pm 0.0011$ ,  $0.7108 \pm 0.0024$  e  $0.7120 \pm 0.0003$  para G1, G2 e G5, respectivamente, com base na idade de 310 obtida por U-Pb para zircão e monazite. Além disso, a média dos valores de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  inicial para G2, G3 e G4 é de  $0.7100 \pm 0.0016$  para esta idade de 310 Ma.

• Resultados de U-Pb-Th em monazites

Na datação da monazite, procedeu-se ao seu estudo por microscopia electrónica e posterior análise de U-Pb-Th por microsonda electrónica (EPMA), na Universidade de Clermont-Ferrand (França). As condições de análise e o tratamento estatístico dos dados estão de acordo com Montel *et al.* (1996). As idades obtidas nos vários granitóides são semelhantes entre si e incluem-se no intervalo de variação do erro analítico (Tabela 1). Nos granitos G4 e G5 obtiveram-se erros mais elevados devido ao número considerável de análises e à dispersão que apresentam. Em G1, o valor de  $\text{MSWD}$  é aceitável, pois situa-se dentro do intervalo considerado como válido no tratamento destes dados geocronológicos. As datações obtidas por microsonda electrónica apresentam-se bastante consistentes e com precisão, face às dificuldades que esta metodologia apresenta. Na determinação de U-Pb em zircão e monazite, o Th não é quantificado; sendo a idade de um mineral fortemente controlada pelos elementos Th-Pb, poderá justificar as diferenças de idade encontradas pelas duas metodologias (Tabela 1). Contudo, a coerência dos dados valida a aplicação deste método de datação. Comparativamente com a idade obtida pela isócrona Rb-Sr, os resultados incluem-se no intervalo de variação associado ao erro analítico obtido na sua construção (Tabela 1).

## PETROGÉNESE

As diferentes técnicas analíticas utilizadas sugerem que os granitóides do plutão de Castelo Branco são contemporâneos e com uma idade de instalação de  $310 \pm 1$  Ma. Os cocientes  $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$  inicial indicam que os granitóides G1, G2 e G5 são derivados da fusão parcial de materiais metassedimentares. Os diagramas de variação dos granitóides G2, G3, G4 e G5 e o aumento progressivo em  $\delta^{18}\text{O}$  sugerem uma sequência de diferenciação magmática. Contudo, só os perfis de terras raras de G2, G3 e G4 são subparalelos e há aumento na anomalia negativa de Eu de G2 para G4. O perfil de terras raras de G5 corta os dos outros granitóides nas terras raras pesadas. De G2 a G4, o teor de anortite da plagioclase decresce, mas ele mantém-se idêntico nas plagioclases de G4 e G5. Portanto, G2, G3 e G4 formarão uma sequência, mas G5 não pertencerá a esta sequência. A modelização de elementos maiores e menores mostra que G3 e G4 derivam de G2 por cristalização fraccionada de quartzo, plagioclase e biotite e G5 não está relacionado com esta sequência.

Os diagramas de variação e os perfis de terras raras mostram que o granito G1, no núcleo do plutão, não pertence à sequência (Antunes *et al.*, 2004). Tem os valores mais elevados de  $\delta^{18}\text{O}$  e a plagioclase com o teor mais baixo de anortite. Este granito corresponderá a uma pulsação magmática distinta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, I.M.H.R., Neiva, A.M.R., Silva, M.M.V.G., 2004. Geochemistry of granitoids from Castelo Branco, Central Portugal. 32<sup>nd</sup> International Geological Congress. Scientific Sessions (Part 2) 194-37, 910.

Beetsma, J.J. 1995. The late Proterozoic / Paleozoic and Hercynian crustal evolution of the Iberian massif, N Portugal. Ph.D. Thesis Vrije Universiteit Amsterdam, 223.

Ferreira, N., Inglésias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A., Ribeiro, M.L. 1987. Granitóides da zona Centro Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. *In*: F. Bea, A. Carmina, J.C. Gonzalo,

M.L. Plaza, J.M.L. Rodrigues. 1987. Geología de los granitoids y rocas asociadas del Macizo Hespérico. Libro Homenaje a L.C.G. Figueirola. Editorial Ruela. Madrid.

Kalt, A., Corfu, F., Wijbrans, J.R. 2000. Time calibration of a P-T path from a Variscan high-temperature low-pressure metamorphic complex (Bayerische Wald, Germany), and the detection of inherited monazite. *Contrib. Mineral Petrol.* 138: 143-163.

Krogh, T.E. 1987. Improved accuracy of U-Pb ages by the creation of more concordant systems using an air abrasion technique. *Geochim. Cosmoch. Acta* 46, 637-649.

Montel, J.M., Forest, S., Veschambre, M., Nicolet, C.H., Provost, A. 1996. Electron microprobe dating of monazite. *Chem. Geol.* 131, 37-53.

Montero, P., Bea, F. 1997. Accurate determination of  $^{85}\text{Rb}/^{88}\text{Sr}$  and  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  by inductively coupled plasma mass spectrometry in isotope geosciences: an alternative to isotope dilution analysis. *Geostandards Newsletters*.