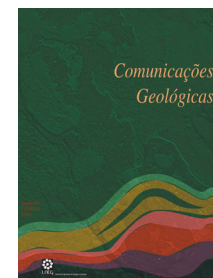


## Geocronologia e geoquímica isotópica de granitoides e metassedimentos da área de São Pedro das Águias (concessão para a prospeção de W de Tabuaço)

### Geochronology and isotope geochemistry of granitoids and metasediments of São Pedro das Águias area (Tabuaço W project)

T. Cerejo<sup>1</sup>, J. F. Santos<sup>1\*</sup>, J. C. Sousa<sup>2</sup>, N. Castanho<sup>2</sup>, G. Sérgio<sup>2</sup>, S. Ribeiro<sup>1</sup>



Artigo Curto  
Short Article

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

**Resumo:** As litologias identificadas na área da Quinta de São Pedro das Águias correspondem a: xistos biotíticos, xistos negros, mármore, rochas calcossilicadas *s.s.* e skarns da sequência metassedimentar da Formação de Bateiras, pertencente ao Grupo do Douro do CXG; granito de Paredes da Beira-Tabuaço; vários corpos aplíticos e pegmatíticos. Para as litologias granitoides, foi obtida uma isócrona Rb-Sr de  $311 \pm 7$  Ma (MSWD=1,7;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  inicial = 0,7146), a qual é aqui interpretada como datando a sua instalação durante uma etapa tardia da D<sub>3</sub> varisca. O granito revela características do tipo S, nomeadamente por ser moscovítico e peraluminoso (A/CNK médio = 1,28), e ter assinatura isotópica claramente compatível com crosta metassedimentar ( $-8,9 \leq \epsilon\text{Nd}_{311} \leq -7,8$ ;  $+129 \leq \epsilon\text{Sr}_{311} \leq +192$ ). A sobreposição da assinatura isotópica do granito com a dos metapelitos encaixantes indica que o magma parental foi provavelmente gerado por anatexia de metassedimentos do Grupo do Douro. Os metapelitos estudados são, do ponto de vista isotópico, em particular por apresentarem valores mais baixos de  $\epsilon\text{Nd}_{311}$ , claramente distintos dos metassedimentos do CXG do Grupo das Beiras, assemelhando-se, em contrapartida, a outras unidades metassedimentares do Maciço Ibérico.

**Palavras-chave:** Metassedimentos do Grupo do Douro, Skarns com scheelite, Granito de Paredes da Beira-Tabuaço, Isócrona Rb-Sr, Assinaturas isotópicas de Sr e Nd.

**Abstract:** In the area of Quinta de São Pedro das Águias, the following lithologies were identified: biotite-zone “normal” and black phyllites, marbles, calcissilicate (*s.s.*) rocks and skarns, belonging to the Bateiras Formation, of the Douro Group of the CXG; Paredes da Beira-Tabuaço granite; several aplitic and pegmatitic bodies. Rb-Sr isotope analyses provided a  $311 \pm 7$  Ma whole-rock isochron (MSWD=1.7; initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  = 0,7146) for the granitoids. This date is interpreted here as the emplacement age of the granitoid magmas, during a late stage of the Variscan D<sub>3</sub>. The granite revealed a S-type nature, namely because it is a muscovite granite, it shows a peraluminous composition (average A/CNK = 1.28), and the Sr and Nd isotope fingerprints ( $-8.9 \leq \epsilon\text{Nd}_{311} \leq -7.8$ ;  $+129 \leq \epsilon\text{Sr}_{311} \leq +192$ ) fit into the composition of metasedimentary crust. The isotope signatures, at 311 Ma, of the granite and of the studied metapelites overlap each other, suggesting that the parental magma was generated by anatexis of Grupo do Douro metasediments. Isotopically, especially due to their lower  $\epsilon\text{Nd}_{311}$ , the studied metapelites are clearly distinct from the Grupo das Beiras metasediments (the other major division of the CXG), and, instead, they resemble other metasedimentary units of the Iberian Massif.

**Keywords:** Grupo do Douro metasediments, Scheelite-bearing skarns, Paredes da Beira-Tabuaço granite, Rb-Sr isochron, Sr and Nd isotope signatures.

<sup>1</sup>Geobiotec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup>Colt Resources, Rua Centro Empresarial, Ed. 13, Corpo A, Beloura Office Park, 2710-693 Sintra, Portugal.

\* Autor correspondente / Corresponding author: [jfsantos@ua.pt](mailto:jfsantos@ua.pt)

#### 1. Enquadramento geral

A zona em estudo, que abarca a área da Quinta de São Pedro das Águias, situa-se três quilómetros a sudeste de Távora (concelho de Tabuaço, distrito de Viseu), entre as longitudes  $7^{\circ}31'33.80''\text{W}$  e  $7^{\circ}30'36.60''\text{W}$  e as latitudes  $41^{\circ}05'35.70''\text{N}$  e  $41^{\circ}04'56.90''\text{N}$ , ao longo do flanco ocidental do vale do rio Távora, fazendo parte da área de concessão de Tabuaço, para a prospeção de W, da empresa Colt Resources.

Na área definida, afloram o granito de Paredes da Beira-Tabuaço (Ferreira & Sousa, 1994), a SW, e os metassedimentos da Formação de Bateiras (Sousa, 1982) do Grupo do Douro do Complexo Xisto-Grauváquico Ante-Ordovícico (CXG), a NE, bem como alguns pequenos corpos aplíticos e pegmatíticos.

A área foi afetada por duas fases de deformação dúctil principais, interpretadas como a D<sub>1</sub> e a D<sub>3</sub> variscas regionais (Ferreira & Sousa, 1994), tendo as estruturas da D<sub>3</sub> uma orientação predominantemente NW-SE. Contudo uma terceira etapa de deformação é visível em afloramento, podendo corresponder a um episódio tardio da D<sub>3</sub> (Borrego, 2011).

O granito de Paredes da Beira-Tabuaço faz parte do maciço granítico de Tabuaço, considerado como tardio relativamente à D<sub>3</sub> (Sousa & Sequeira, 1989; Ferreira & Sousa, 1994). Idades K-Ar obtidas em biotites e moscovites do granito de Sendim-Laboreira, a fácies de maior expressão no maciço de Tabuaço, levaram a atribuir-se uma idade de instalação de 310 Ma a estes granitos (Ferreira *et al.*, 1987).

## 2. Petrografia

### 2.1. Granitoides

Os granitoides aflorantes na área estudada são predominantemente de dois tipos: um extenso corpo granítico de grão médio (granito de Paredes da Beira-Tabuaço), e vários corpos aplíticos, cortando os metassedimentos. Por vezes, em sondagens, são encontrados filões pegmatíticos.

O granito contém, como minerais principais, quartzo, albite, microclina e moscovite. Como minerais acessórios, apresenta turmalina relativamente comum e, em proporções menores, biotite, apatite, zircão e opacos. A sua textura é granular xenomórfica a hipidiomórfica, de grão médio. Os aplitos distinguem-se essencialmente pela granularidade fina e por serem pobres de moscovite primária. Nos pegmatitos, para além da textura muito grosseira, com cristais centimétricos, é notório o domínio de microclina.

### 2.2. Metapelitos

As litologias metassedimentares mais comuns têm composição pelítica, dividindo-se em xistos biotíticos e xistos negros. As lâminas estudadas de metapelitos apresentam textura lepidogranoblástica e revelam que a xistosidade mais penetrativa é de crenulação (testemunhando a  $D_3$  regional). Em algumas amostras é possível observar a xistosidade de crenulação afetada por dobramento, o que poderá corresponder a uma etapa tardia da atuação da  $D_3$ .

Os xistos biotíticos têm uma associação mineralógica constituída por quartzo, moscovite, biotite, clorite e opacos. Quanto aos xistos negros, apresentam quartzo, grafite, moscovite, clorite, biotite e pirite.

Realce-se que todas as amostras de metapelitos têm paragéneses da zona da biotite, quando, pelo local de colheita de amostras, seria de esperar que houvesse indícios de um grau mais alto. Esta discrepância poderá estar a testemunhar que, ao longo do contacto entre os metassedimentos e o granito, tenha ocorrido, nesta zona, alguma deslocação tectónica, como é sugerido por dados inéditos de sondagens recentes efetuadas pela Colt Resources.

### 2.3. Rochas calcossilicatadas

Apesar dos metassedimentos aflorantes serem predominantemente metapelíticos, existem importantes intercalações de corpos de composição calcossilicatada. Nos trabalhos da Colt Resources (Borrego, 2011), as rochas calcossilicatadas *s.l.* têm sido divididas em “carbonatos”, skarns e calcossilicatadas *s.s.*

Os “carbonatos” correspondem a mármorees muito impuros, não mineralizados. Contêm calcite, quartzo, epidoto, esfena, biotite, clorite, mica branca, anfíbola (tremolite-actinolite), apatite e opacos. Consoante os níveis, a textura é granoblástica, granonematoblástica ou granolepidoblástica.

Os skarns apresentam texturas granoblásticas inequigranulares e têm composições mineralógicas com vesuvianite, esfena, plagioclase (geralmente muito

sericitizada), fluorite, quartzo, calcite, clinopiroxena cálcica, clinzoisite, granada e scheelite.

Quanto às rochas calcossilicatadas *s.s.*, são constituídas por quartzo, epidoto, clinopiroxena cálcica, calcite, esfena, sericite, clorite, plagioclase, biotite, apatite e opacos. A textura é granoblástica.

## 3. Métodos analíticos

As análises químicas de elementos foram efetuadas nos laboratórios da empresa *ALS-Geochemistry* em Sevilha (Espanha), por ICP-AES, para elementos maiores, e ICP-MS, para elementos vestigiais.

As composições isotópicas de Sr e Nd foram determinadas, em 14 amostras (previamente moídas) de rocha total, no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro. A dissolução foi feita com HF/HNO<sub>3</sub> e recurso a bombas de digestão ácidas Teflon Parr. Os elementos Sr e Nd foram extraídos por cromatografia iónica, usando as resinas AG8 50 W Bio-Rad e Ln Resin (ElChrom Technologies). Todos os reagentes eram ultrapuros e a água foi produzida por um aparelho Milli-Q Element (Millipore). As razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  foram medidas num espetrómetro de massa de ionização térmica VG SECTOR 54. A correção da fracionamento de massa foi feita considerando  $^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,1194$  e  $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$ . Durante este estudo, o padrão SRM-987 deu um valor médio de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,710252 \pm 19$ , enquanto o padrão JNdi-1 deu  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,5120989 \pm 70$ , em ambos os casos para um grau de confiança de 95%. As concentrações de Rb, Sr, Sm e Nd em sete amostras de rochas granitoides foram determinadas pelo método de diluição isotópica, usando um “spike” duplo de  $^{87}\text{Rb}/^{84}\text{Sr}$  e  $^{150}\text{Nd}/^{149}\text{Sm}$ .

## 4. Geoquímica dos granitoides

Os granitoides analisados são extremamente diferenciados, como se pode verificar pelos elevados teores de SiO<sub>2</sub> ( $\geq 72,5\%$ , nos granitos e aplitos), pelos baixos valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3t</sub> ( $\leq 1\%$ ) e CaO ( $\leq 0,6\%$ ) e de MgO ( $\leq 0,06\%$ ), e pelas grandes anomalias negativas de Eu.

Outro aspeto importante dos granitoides é serem fortemente peraluminosos, com  $1,08 \leq A/CNK \leq 1,32$ . Esta evidente peraluminosidade, conjugada com a sua composição mineralógica, indica que estes granitoides podem ser considerados de tipo S (Chappell & White, 1974).

Nos diagramas de discriminação tectónica de Pearce *et al.* (1984), os granitoides estudados projetam-se nos campos de ambiente sin-colisional.

## 5. Geologia isotópica

### 5.1. Geocronologia de granitoides

Usando os dados obtidos para o sistema isotópico Rb-Sr nas amostras dos granitoides, obteve-se uma isócrona de rocha total (Fig. 1; Tab. 1) definida por sete pontos (três amostras de granitos, três de aplitos e uma de pegmatito), registando-se um valor de idade de  $311 \pm 7$  Ma, com uma

razão inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de  $0,7146 \pm 0,0033$  e com um valor de MSWD de 1,7, correspondendo a uma solução de modelo 1 de Ludwig (2012). Conjugando estes resultados com todos os dados geológicos já descritos, a idade de  $311 \pm 7$  Ma marca a instalação dos corpos granitoides numa etapa relativamente tardia da D<sub>3</sub> varisca. O facto de as razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  das amostras de granitos, aplitos e pegmatito definirem uma correlação tão perfeita como a registada confirma a consanguinidade entre estas litologias, já sugerida pelos dados de geoquímica elemental. O valor de razão inicial de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de 0,7146 corresponde a  $\epsilon\text{Sr}_{311} = +149$ , indicando uma proveniência claramente crustal do magma que lhes deu origem, o que, mais uma vez, está de acordo com dados previamente apresentados.

Tabela 1. Concentrações de Rb e Sr e razões  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  e  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . As amostras classificadas como “granito” provêm da unidade de Paredes da Beira-Tabuaço do maciço granítico de Tabuaço, enquanto as restantes são de pequenos corpos intrusivos nos metassedimentos.

Table 1. Rb and Sr concentrations and  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios. Samples classified as “granito” were collected in the Paredes da Beira-Tabuaço unit of the Tabuaço granite massif, whilst the other samples correspond to small bodies intrusive in the metasediments.

Amostra	Litologia	Sr (ppm)	Rb (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	erro (2 $\sigma$ )	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	erro (2 $\sigma$ )
T14	Granito	87.8	649	21.6	0.6	0.808763	0.000031
T26	Granito	15.1	405	80.3	2.3	1.071623	0.000041
T10	Granito	12.9	670	161.2	4.6	1.431071	0.000054
T08	Aplito	115	1125	28.7	0.8	0.841353	0.000027
T05	Aplito	36.4	542	43.9	1.2	0.904675	0.000034
T25	Aplito	26.7	750	84.2	2.4	1.085159	0.000035
T13	Pegmatito	142	1281	26.4	0.7	0.835073	0.000023

## 5.2. Geoquímica isotópica

Os valores de  $\epsilon\text{Nd}_{311}$  em todas as litologias estudadas são negativos, variando entre -6,4 e -9,8. No caso dos metapelitos, os valores obtidos são de -8,3 e -9,8, enquanto as rochas calcossilicatadas *s.l.* apresentam valores ligeiramente maiores (entre -8,1 e -6,4). Os granitoides, por seu turno, têm  $\epsilon\text{Nd}_{311}$  que variam numa gama muito limitada, entre -8,9 e -7,8. Esta quase coincidência dos valores iniciais de  $\epsilon\text{Nd}$  nos granitoides é mais um testemunho da sua consanguinidade. Adicionalmente, o facto de esses valores se situarem dentro do leque dos obtidos nos metassedimentos está de acordo com as características de tipo S referidas anteriormente.

Quanto às razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{311}$ , é de notar uma clara separação entre os metapelitos (com valores de 0,7188 e 0,7148) e as calcossilicatadas *s.l.* (entre 0,7102 e 0,7090). Os valores mais baixos nestas últimas estão de acordo com um protólito em que o Sr estivesse presente predominantemente numa componente carbonatada de precipitação química, provavelmente a partir de água do mar. Esta ideia recebe ainda um reforço adicional se se tiver em conta que, para 509 Ma (no Câmbrico, período plausível para a deposição do Grupo do Douro), as razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  calculadas para as amostras de rochas calcossilicatadas *s.l.* variam entre 0,7100 e 0,7087, ou seja, em torno da composição estimada para a água do mar naquela idade (cerca de 0,709; McArthur *et al.*, 2001). A escolha de 509 Ma para o cálculo de razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

próximas da idade de deposição deveu-se a que a curva daquela razão na água do mar está bem constrangida entre o presente e 509 Ma (McArthur *et al.*, 2001), mas não para idades mais antigas.

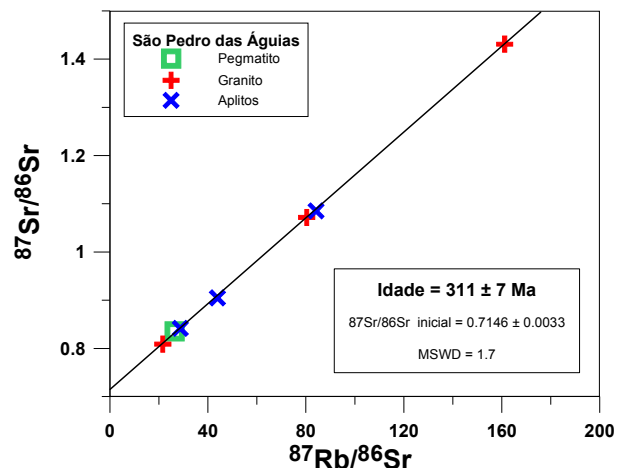


Fig. 1. Isócrona Rb-Sr definida por amostras de rocha total de granitoides da área de São Pedro das Águas. Os valores usados constam da tabela 1.

Fig. 1. Whole-rock Rb-Sr isochron for the granitoids from São Pedro das Águas area. The plotted values are presented in table 1.

É de sublinhar o desfazamento, visível na figura 2, entre os valores de  $\epsilon\text{Nd}_{311}$  das amostras de metassedimentos estudadas neste trabalho relativamente ao campo dos metapelitos e metagrauvaques do Grupo das Beiras do CXG (Beetsma, 1995; Tassinari *et al.*, 1995; Azevedo & Valle Aguado, 2013). Contudo, é comum metassedimentos do Maciço Ibérico apresentarem valores de  $\epsilon\text{Nd}$ , para idades variscas, menores do que os do Grupo das Beiras, como sucede com unidades proterozoicas e câmblicas da ZOM, e ordovícicas e silúricas da ZCI (Beetsma, 1995; Casquet & Galindo, 2004). Assim, por um lado, não é surpreendente encontrar metassedimentos da crosta média e superior com valores de  $\epsilon\text{Nd}$ , como os agora registados. Além disso, por outro lado, com os dados deste trabalho parece evidenciar-se uma separação entre as assinaturas isotópicas dos metassedimentos do Grupo do Douro e do Grupo das Beiras, aspeto que se julga que deveria ser explorado em trabalhos futuros em ambas as unidades do CXG.

A projeção das composições isotópicas dos granitoides na figura 2 mostra que os líquidos de que derivam tiveram origem, provavelmente, numa fonte de composição semelhante à dos xistos encaixantes. Com efeito, é de realçar que, apesar de terem sido analisadas só duas amostras de metapelitos, uma delas se projeta no interior da área definida pelas composições dos granitoides e a outra tem uma localização próxima. Assim, conjugando esta forte afinidade isotópica com a peraluminosidade patenteada pelas rochas intrusivas, os metapelitos do Grupo do Douro parecem ter sido a fonte de líquidos anatéticos cuja diferenciação originou os granitoides estudados.

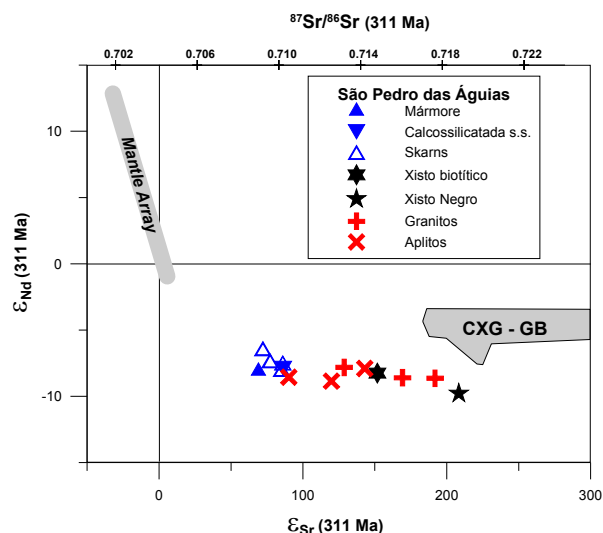


Fig. 2. Diagrama  $\epsilon_{\text{Nd}}(311\text{Ma})$  vs.  $\epsilon_{\text{Sr}}(311\text{Ma})$ , ou  $\epsilon_{\text{Nd}}(311\text{Ma})$  vs.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(311\text{Ma})$ , para os granitoides e rochas metassedimentares da área de São Pedro das Águias. CXG-GB: campo para metapelitos e metagreywackes do Grupo das Beiras do CXG (Beetsma, 1995; Tassinari *et al.*, 1995; Azevedo & Valle Aguado, 2013).

Fig. 2.  $\epsilon_{\text{Nd}}(311\text{Ma})$  vs.  $\epsilon_{\text{Sr}}(311\text{Ma})$ , or  $\epsilon_{\text{Nd}}(311\text{Ma})$  vs.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(311\text{Ma})$ , plot of the compositions of granitoid and metasedimentary rocks sampled at São Pedro das Águias area. CXG-GB: field of compositions of metapelites and metagreywackes from the Beiras Group of the "Complexo Xisto-Grauváquico" (Beetsma, 1995; Tassinari *et al.*, 1995; Azevedo & Valle Aguado, 2013).

## 6. Conclusões

A partir do estudo petrográfico, geoquímico e isotópico efetuado sobre as várias litologias presentes na zona de São Pedro das Águias, foi possível retirar as seguintes conclusões principais:

a) Análises de amostras de rocha total de granitoides colhidas em de São Pedro das Águias, originaram uma isócrona Rb-Sr de  $311 \pm 7$  Ma (MSWD=1,7;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  inicial = 0,7146), a qual estará a datar a instalação desses corpos;

b) No seu conjunto, as características petrográficas, geoquímicas e isotópicas do granito aflorante na área de São Pedro das Águias permitem atribuir-lhe uma filiação do tipo S;

c) As composições isotópicas de Sr e Nd dos granitoides, para além de confirmarem essa filiação, revelam que os metassedimentos do Grupo do Douro poderão ter sido a fonte do respetivo magma parental, visto haver sobreposição entre as assinaturas isotópicas, quando calculadas para 311 Ma, dos granitoides e dos metapelitos;

Os dados isotópicos dos metassedimentos agora estudados, caracterizam-se por valores de  $\epsilon_{\text{Nd}}(311\text{Ma})$  entre -6,4 e -9,8 (sendo de -8,3 e -9,8 nos metapelitos), portanto significativamente menores do que o campo habitualmente apresentado como o do CXG, o que aponta para que o

Grupo do Douro tenha uma assinatura isotópica distinta da do Grupo das Beiras (em que se baseia o campo geralmente referido como do CXG) e, em contrapartida, mais semelhante à de outras unidades metassedimentares do Maciço Ibérico.

## Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através dos projetos Petrochron (PTDC/CTE-GIX/112561/2009) e Geobiotec (PEST-OE/CTE/UI4035/2014), e da empresa Colt Resources.

## Referências

- Azevedo, M.R., Valle Aguado, B., 2013. Origem e instalação de granitoides variscos na Zona Centro-Ibérica. In: R. Dias, A. Araújo, P., Terrinha, J.C., Kullberg, 2013. *Geologia de Portugal, volume I*. Escolar Editora, Lisboa, 377-397.
- Beetsma, J.J., 1995. *The Late Proterozoic/Paleozoic and Hercynian Crustal Evolution of the Iberian Massif, N Portugal*. Thesis, Vrije University, Amsterdam, 223 p.
- Borrego, J., 2011. *São Pedro das Águias Tungsten Deposit – Structural Mapping Results (October 2011)*. GeoLog Internal Report, Colt Resources, 17 p.
- Casquet, C., Galindo, C., 2004. Magmatismo varisco y postvarisco en la Zona de Ossa-Morena. In: J.A.Vera, (Ed.). *Geología de España*. Sociedad Geológica de España / IGME, Madrid, 194–198.
- Chappell, B.W., White, A.J.R., 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, **8**, 173-174.
- Ferreira, N., Macedo, C.R., Sousa, M.B., 1987. Cronostratigrafia dos granitos da região de Moimenta da Beira-Tabuaço-Penedono. *Memórias do Museu Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade do Porto*, **1**, 287-301.
- Ferreira, N., Sousa M.B., 1994. *Notícia Explicativa da Folha 14-B (Moimenta da Beira) da Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50000*. Instituto Geológico e Mineiro, Lisboa, 53 p.
- Ludwig, K.R., 2012. *User's Manual for Isoplot 3.75 – A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center Special Publication n° 5, 75 p.
- McArthur, J.M., Howarth, R.J., Bailey, T.R., 2001. Strontium isotope stratigraphy: LOWESS version 3: best fit to the marine Sr-isotope curve for 0–509 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age. *The Journal of Geology*, **109**, 155-170.
- Pearce, J., Harris, N., Tindle, A., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, **25**, 956-983.
- Sousa, M.B., 1982. *Litostratigrafia e Estrutura do Complexo Xisto-Grauváquico Ante-Ordovícico - Grupo do Douro (NE Portugal)*. Tese doutoramento, Universidade de Coimbra (não publicada), 222 p.
- Sousa, M.B., Sequeira, A.J., 1989. *Notícia Explicativa da Folha 10-D (Alijó) da Carta Geológica de Portugal na Escala 1:50000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 58 p.
- Tassinari, C.C.G., Medina, J., Pinto, M.S., 1995. Rb-Sr and Sm-Nd geochronology and isotope geochemistry of Central Iberian metasedimentary rocks (Portugal). *Geologie en Mijnbouw*, **75**, 69-79.