



VIII Congresso Ibérico  
de Geoquímica  
XVII Semana  
de Geoquímica

# MICAS LITINÍFERAS DOS APLITO-PEGMATITOS GRANÍTICOS DE CABEÇO DOS POUPOS, SABUGAL (CENTRO DE PORTUGAL)

## *LITHIUM MICAS OF GRANITIC APLITE-PEGMATITES FROM CABEÇO DOS POUPOS, SABUGAL (CENTRAL PORTUGAL)*

**P. Bravo Silva<sup>1\*</sup>, Ana M.R. Neiva<sup>2</sup>, J.M. Farinha Ramos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) e Centro de Geociências, Portugal, \*paulo.bravo@lneg.pt, farinha.ramos@lneg.pt

<sup>2</sup> Departamento de Ciências da Terra e Centro de Geociências, Universidade de Coimbra, Portugal, neiva@dct.uc.pt

**P. Bravo Silva<sup>1\*</sup>, Ana M.R. Neiva<sup>2</sup>, J.M. Farinha Ramos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> National Laboratory of Energy and Geology (LNEG), S. Mamede de Infesta, Portugal, \*paulo.bravo@lneg.pt, farinha.ramos@lneg.pt

<sup>2</sup> University of Coimbra, Coimbra, Portugal, neiva@dct.uc.pt

### Resumo

Na região de Cabeço dos Poupos (Sabugal, centro de Portugal) afloram várias soleiras e filões aplito-pegmatíticos, com assinaturas mineralógica e geológica típicas de pegmatitos REL-Li, que se integram no subtipo berilo-columbite-fosfato. Trata-se de aplito-pegmatitos de elementos raros com um grau moderado de evolução geoquímica. A moscovite primária é facilmente reconhecida, do ponto de vista textural e geoquímico, como constituindo a mica dominante nos aplito-pegmatitos desta região. Contudo, também ocorre moscovite litinífera e zinwaldite tabular, de cristalização precoce. Em alguns destes filões, reconheceu-se a presença de micas tardias, com composições de moscovite litinífera, zinwaldite, lepidolite e polilithionite. Em geral, as micas litiníferas tardias mostram contactos bruscos com as micas mais precoces. As micas litiníferas revelaram teores de Fe+Mg, Li, Rb e F mais elevados do que a moscovite primária, sendo, por outro lado, mais empobrecidas em Al<sup>VI</sup>, Al<sup>IV</sup>+Al<sup>VI</sup> e OH.

Palavras-chave: aplito-pegmatitos graníticos, Cabeço dos Poupos, micas, REL-Li, Sabugal.

### Abstract

In the Cabeço dos Poupos region (Sabugal, central Portugal) there are some granitic aplite-pegmatite veins and sills with mineralogical and geological signatures typical of the REL-Li pegmatites (beryl-columbite-phosphate subtype). These rare-element aplite-pegmatites have a moderate degree of geochemical evolution. Primary muscovite is texturally and chemically identified, and represents the dominant mica in these aplite-pegmatites. However, there are also some lithian muscovite and tabular zinnwaldite of early crystallization. In some of these aplite-pegmatite veins there are late lithium micas, with compositions of lithian muscovite, zinnwaldite, lepidolite and polilithionite. In general, later lithium micas show sharp contacts with the earlier ones. Lithium micas have higher Fe+Mg, Li, Rb and F contents and lower Al<sup>VI</sup>, Al<sup>IV</sup>+Al<sup>VI</sup> and OH than primary muscovite.

Keywords: Cabeço dos Poupos, granitic aplite-pegmatites, micas, REL-Li, Sabugal.

## 1. Introdução

A composição química das micas pode fornecer informações muito significativas acerca da origem e evolução dos pegmatitos (e.g. London, 2008). Em particular, nos últimos anos têm sido descritos padrões de zonamento geoquímico em micas de aplitos e pegmatitos que se revelam de extrema utilidade no estabelecimento da petrogénese destas rochas (e.g. Neiva *et al.*, 2008; Van Lichtenvelde *et al.*, 2008).

Neste trabalho, apresenta-se o resultado de estudos de geoquímica mineral efectuados em micas de filões aplito-pegmatitos berilíferos de Cabeço dos Poupos (Sabugal), sendo descritas as composições químicas encontradas nestes minerais e discutido o seu significado textural e petrológico.

## 2. Geologia

O sector de Cabeço dos Poupos do campo aplito-pegmatítico de Pega (Sabugal) é caracterizado pela ocorrência de uma grande quantidade de filões e soleiras de aplito-pegmatitos berilíferos, que compreendem filões inclinados a subverticais, com orientação média E-W a WNW-ESE, e soleiras aplito-pegmatíticas de orientações muito variáveis, em torno da atitude média N10°E, 20°SE. Os filões inclinados e subverticais apresentam espessuras variáveis entre 10 cm e 15 m e uma extensão que chega a atingir os 700 m, ao passo que as soleiras aplito-pegmatíticas possuem até 2.5 m de espessura e uma extensão aflorante que pode atingir os 200 m. Estes filões e soleiras são todos eles intrusivos num granito de grão grosseiro, porfiróide, biotítico>moscovítico (granito de Pega), tardi a pós-tectónico relativamente à 3ª fase de deformação varisca. Na zona de contacto dos filões e soleiras com o granito hospedeiro forma-se uma estreita faixa de metassomatismo, com uma espessura média de 15 cm, caracterizada pela concentração de zinvaldite.

Na zona do Cabeço dos Poupos, os filões e soleiras aplito-pegmatíticos berilíferos apresentam coloração clara, esbranquiçada a levemente rosada. Os filões que revelam apenas fase pegmatítica ou aplítica são raros, sendo mais comum a ocorrência de uma mistura, muitas vezes complexa e intrincada, de ambas as fases, em fracções aplito-pegmatíticas. Contudo, a estrutura interna de grande parte destes filões revela-se frequentemente zonada, mostrando fracções predominantemente aplíticas preferencialmente junto dos contactos de muro dos filões, ao passo que as fracções pegmatíticas se concentram no núcleo e nas proximidades dos contactos de tecto. Os filões subverticais podem ter até 5 a 6 camadas, que compreendem, para além de uma fracção aplítica presente na zona de bordadura de muro e de uma fracção pegmatítica a tecto, camadas internas alternantes de aplito-pegmatito e pegmatito (Fig.

1). Nos filões com zonamentos mais complexos observa-se, por vezes, uma zona de bordadura, a muro e a tecto dos filões inclinados, rica em feixes micáceos radiais, arborescentes, dispostos numa matriz aplítica e pegmatítica, respectivamente. Estas zonas de bordadura dos filões, embora com forte predominio da moscovite e moscovite litinífera, também revelaram localmente a presença de zinvaldite tabular.

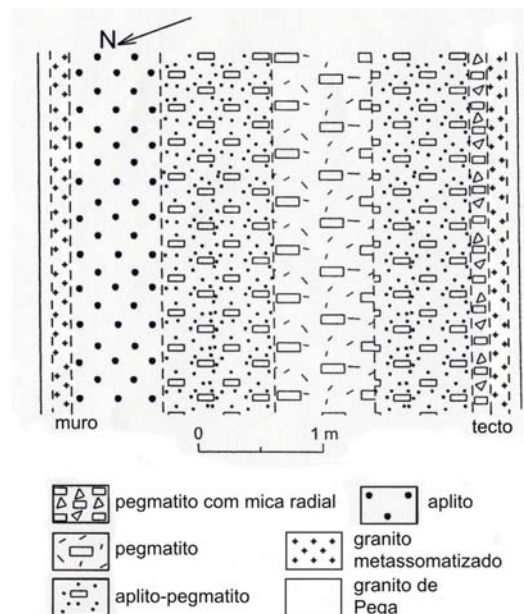


Fig.1 – Esquema ilustrativo do zonamento interno verificado em filão aplito-pegmatítico subvertical, de Cabeço dos Poupos, Sabugal.

As soleiras e massas aplito-pegmatíticas de tipo berilífero mostram, igualmente, uma estrutura interna zonada, que se caracteriza por uma alternância rítmica, bandada, entre fases aplítica e pegmatítica. Contudo, as soleiras berilíferas de menor espessura apresentam-se muitas vezes sem qualquer tipo de zonamento visível, revelando apenas uma fracção aplito-pegmatítica maciça, da qual se destacam gigacristais de feldspato potássico, frequentemente com disposições sub-perpendiculares aos encostos das soleiras.

## 3. Petrografia

Os aplito-pegmatitos de Cabeço dos Poupos são constituídos por quartzo, ortoclase e microclina perfiticas, albite, moscovite, moscovite litinífera, turmalina, berilo, zircão, columbite-tantalite, cassiterite, apatite e triplite. Em alguns filões, em particular nas proximidades do contacto com o granito hospedeiro, foi detectada a presença de zinvaldite e rara polilitionite. A lepidolite é muito rara e apenas foi encontrada numa soleira, rodeando cristal de moscovite primária. Como minerais secundários, destaca-se a presença de heterosite e eosforite. A composição mineralógica e geoquímica dos aplito-pegmatitos de Cabeço dos Poupos permitem

classificá-los como pertencentes à sub-classe REL-Li da classe de pegmatitos de elementos raros da família Li-Cs-Ta (Černý & Ercit, 2005). Ainda de acordo com a classificação referida, estes aplito-pegmatitos de elementos raros agrupam-se no tipo berilífero, subtipo berilo-columbite-fosfato, sendo caracterizados pela assinatura geoquímica Be, Nb-Ta, P, (Li, F;  $\pm$ Sn, B).

As zonas aplíticas dos filões possuem, em regra, granulado muito fino, sacaróide, apresentando ao microscópio uma textura xenomórfica a hipidiomórfica granular. As fracções aplito-pegmatíticas e pegmatíticas, de granulado grosseiro a muito grosseiro, revelam, em geral, textura hipidiomórfica granular. A transição entre as zonas aplíticas e as zonas pegmatíticas mais internas é muitas vezes gradual, havendo frequentemente uma interpenetração dos dois tipos texturais extremos. Verifica-se, assim, que algumas zonas internas, com textura predominantemente pegmatítica, são envolvidas por aplito e pegmatito de granulado mais fino, fundamentalmente constituídos por albite, quartzo, moscovite, com algum feldspato potássico.

A moscovite constitui a mica dominante nos filões aplito-pegmatíticos berilíferos estudados, associada muitas vezes a moscovite litínifera. A moscovite primária mais precoce apresenta-se tanto sob a forma de pequenas inclusões em cristais de albite, quartzo e feldspato potássico, como em agregados cristalinos e cristais dispersos bem desenvolvidos, tabulares. Os cristais de moscovite primária são anédricos a subédricos e apresentam, em regra, sinais de deformação relevante, em regime dúctil-frágil, como sejam a extinção ondulante, o arqueamento das superfícies de clivagem, alguma indentação dos bordos e fracturação intracristalina. Alguns cristais de moscovite desenvolvem, muitas vezes, texturas reaccionais de interpenetração, apresentando bordos serrilhados, em particular no contacto com outros cristais de moscovite, ou com albite e quartzo. No contacto da moscovite com o feldspato potássico e a albite formam-se, frequentemente, texturas simplectíticas muito finas na moscovite, com exsolução de quartzo vermicular. Os cristais precoces de moscovite primária revelam a presença de inclusões de cristais subédricos a euédricos de albite, por vezes muito frequentes, bem como de quartzo, zircão e apatite. A moscovite primária deverá ser posterior à principal fase de cristalização da albite, do feldspato potássico e do quartzo, uma vez que corrói e invade os cristais mais precoces destes minerais. Nas faixas aplíticas, grande parte da moscovite é intersticial, apresentando-se em cristais tabulares, anédricos, em geral menos deformados do que os cristais das fases pegmatíticas.

A moscovite litínifera subédrica rodeia e penetra ao longo das clivagens da moscovite primária e os contactos são nítidos, indicando que a moscovite litínifera substitui a moscovite primária (Fig. 2a,b). A moscovite litínifera radial de aplito mostra contactos nítidos entre áreas claras e escuras nas imagens de electrões retrodifundidos (Fig. 2c). A moscovite litínifera clara rodeia e penetra a moscovite litínifera escura, sugerindo que a substitui.

Zinvaldite de aplito-pegmatito penetra ao longo das clivagens e parcialmente rodeia a moscovite litínifera (Fig. 2d), sugerindo que a zinvaldite substitui a moscovite litínifera. Localmente, zinvaldite e moscovite litínifera de aplito-pegmatito parecem intercrescidas e mostram diferentes orientações (Fig. 2e), mas a zinvaldite tem uma pequena inclusão de moscovite litínifera e penetra ao longo das clivagens desta mica, sugerindo que a zinvaldite substitui a moscovite litínifera e não há coexistência destas micas. Rara polilitionite rodeia parcialmente a moscovite litínifera de aplito (Fig 2f) e o contacto é nítido entre as duas micas.

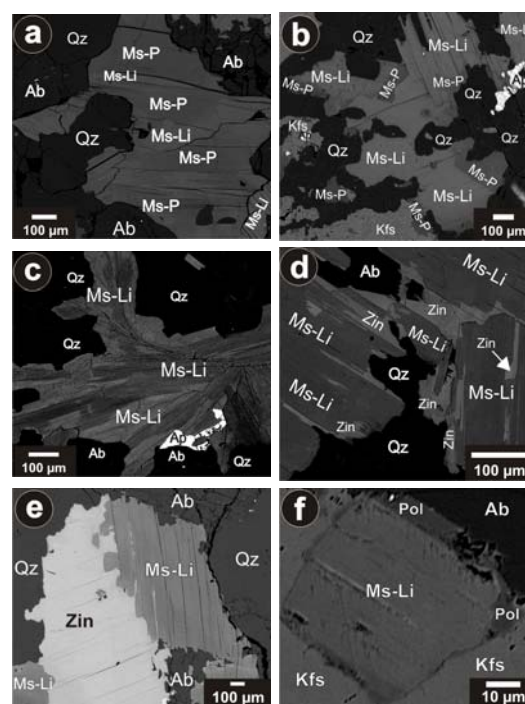


Fig. 2 – Imagens de electrões retrodifundidos de micas zonadas dos aplito-pegmatitos berilíferos de Cabeço dos Poupos, Sabugal. Ms-P – moscovite primária, Ms-Li – moscovite litínifera, Zin – zinvaldite, Pol – polilitionite, Kfs – feldspato potássico, Ab – albite, Qz – quartzo, Ap – apatite.

#### 4. Geoquímica das micas

Na Tabela 1 apresentam-se algumas análises químicas representativas das diversas micas encontradas nos filões aplito-pegmatíticos de Cabeço dos Poupos, determinadas por microsonda electrónica.

Tabela 1 – Composições químicas representativas das micas de aplitos, aplito-pegmatitos e pegmatitos de Cabeço dos Poupous, Sabugal.

|                                | Aplito    |           | Pegmatito |           | Aplito-pegmatito |           |        | Aplito    |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                | Ms-P      | Ms-Li     | Ms-P      | Ms-Li     | Ms-Li            | Zin       | Lpd    | Ms-Li     | Zin       | Ms-Li     | Pol       |
| SiO <sub>2</sub>               | 45.12     | 44.99     | 45.81     | 46.21     | 45.07            | 45.98     | 50.28  | 45.26     | 38.09     | 44.83     | 57.44     |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.15      | 0.26      | 0.04      | —         | 0.11             | 0.04      | 0.01   | 0.02      | 0.60      | 0.07      | —         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 34.28     | 32.05     | 35.17     | 31.18     | 33.67            | 21.92     | 22.06  | 33.31     | 24.24     | 33.36     | 17.14     |
| FeO <sub>t</sub>               | 3.05      | 4.98      | 2.04      | 4.83      | 3.57             | 10.35     | 4.88   | 4.44      | 19.46     | 3.17      | 1.04      |
| MnO                            | 0.22      | 0.14      | —         | —         | 0.33             | 1.07      | 0.53   | 0.08      | 0.89      | 1.15      | —         |
| MgO                            | 0.35      | 0.41      | 0.09      | 0.04      | 0.04             | —         | 0.05   | 0.29      | 0.42      | 0.02      | 0.05      |
| ZnO                            | —         | —         | —         | —         | 0.08             | 0.31      | 0.35   | —         | 0.37      | 0.30      | 0.19      |
| CaO                            | —         | —         | —         | 0.05      | 0.02             | —         | 0.05   | 0.02      | 0.02      | —         | 0.09      |
| BaO                            | —         | —         | 0.17      | 0.09      | 0.08             | 0.08      | 0.06   | —         | —         | —         | —         |
| Li <sub>2</sub> O*             | 0.84      | 1.24      | 0.75      | 1.30      | 1.28             | 3.63      | 4.87   | 1.02      | 1.35      | 0.88      | 6.94      |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.48      | 0.34      | 0.43      | 0.53      | 0.41             | 0.17      | 0.17   | 0.43      | 0.15      | 0.45      | 0.14      |
| K <sub>2</sub> O               | 10.45     | 10.70     | 10.56     | 10.46     | 10.36            | 10.54     | 10.78  | 10.65     | 9.27      | 10.47     | 10.78     |
| Rb <sub>2</sub> O              | 0.19      | 0.21      | 0.33      | 0.42      | 0.34             | 0.27      | 0.42   | 0.31      | 0.43      | 0.37      | 0.48      |
| Cs <sub>2</sub> O              | —         | —         | —         | —         | —                | —         | 0.11   | —         | —         | —         | —         |
| F                              | 1.77      | 2.38      | 1.63      | 2.46      | 2.44             | 8.61      | 8.96   | 2.05      | 2.09      | 1.83      | 8.85      |
| H <sub>2</sub> O**             | 3.61      | 3.28      | 3.71      | 3.24      | 3.29             | 0.14      | 0.15   | 3.47      | 3.01      | 3.54      | 0.37      |
|                                | 100.52    | 100.98    | 100.73    | 100.81    | 101.09           | 103.11    | 103.73 | 101.35    | 100.39    | 100.44    | 103.51    |
| O≡F                            | 0.74      | 1.00      | 0.68      | 1.03      | 1.02             | 3.62      | 3.76   | 0.86      | 0.88      | 0.77      | 3.72      |
| Total                          | 99.78     | 99.98     | 100.05    | 99.78     | 100.07           | 99.49     | 99.97  | 100.49    | 99.51     | 99.67     | 99.79     |
|                                | (Fig. 2a) | (Fig. 2a) | (Fig. 2b) | (Fig. 2b) | (Fig. 2d)        | (Fig. 2d) | —      | (Fig. 2e) | (Fig. 2e) | (Fig. 2f) | (Fig. 2f) |

\*Li<sub>2</sub>O calculado segundo as equações de Tischendorf *et al.*, 1997; \*\*H<sub>2</sub>O calculada por balanço estequiométrico.  
Ms-P – moscovite primária, Ms-Li – moscovite litinífera, Zin – zinvaldite, Lpd – lepidolite, Pol - polilitionite

As composições de moscovite primária, moscovite litinífera, zinvaldite, lepidolite e polilitionite dos aplito-pegmatitos berilíferos de Pega encontram-se projectadas nos diagramas Li - (R<sup>3+</sup>+Ti) - R<sup>2+</sup> e (Al<sup>IV</sup>+Al<sup>VI</sup>) versus (Fe+Mg) da Fig. 3 (a,b). A moscovite primária e a moscovite litinífera constituem as micas mais enriquecidas em (Al<sup>IV</sup> + Al<sup>VI</sup>). Por outro lado, verifica-se que os teores de (Fe + Mg) e de (Al<sup>IV</sup> + Al<sup>VI</sup>) aumentam da polilitionite para a zinvaldite, ao passo que a lepidolite apresenta teores intermédios.

A moscovite litinífera revela teores mais elevados de Fe<sup>2+</sup>, Li e F, e teores mais baixos de Al<sup>VI</sup>, Al<sup>IV</sup>+Al<sup>VI</sup> e OH do que a moscovite primária que penetra (Fig. 2a,b). Nas imagens de electrões retrodifundidos, as áreas claras da moscovite litinífera radial (Fig. 2c) revelam teores mais elevados de Fe<sup>2+</sup>, Li, F e teores mais baixos de Al<sup>IV</sup>, Al<sup>VI</sup>, Al<sup>IV</sup>+Al<sup>VI</sup> e OH do que as áreas escuras desta mica. Numa amostra de aplito-pegmatito berilífero, foi encontrada lepidolite muito rara, rodeando cristal de moscovite litinífera e mostrando enriquecimento em Si, Fe<sup>2+</sup>, Mn, Li, K, Rb e F relativamente à moscovite litinífera que rodeia. Os teores de Al<sup>IV</sup>, Al<sup>VI</sup> e Na da lepidolite são, por outro lado, inferiores aos da moscovite litinífera. A zinvaldite apresenta sempre teores de Fe<sup>2+</sup>, Mn, Li e F superiores aos da moscovite litinífera a que está associada, traduzindo-se nas imagens de electrões retrodifundidos por apresentar tonalidades mais claras do que a moscovite litinífera, dado o número atómico médio

superior. Por outro lado, a moscovite litinífera possui teores mais elevados de Al<sup>VI</sup>, Al<sup>IV</sup> + Al<sup>VI</sup> e OH do que a zinvaldite. Embora de ocorrência extremamente rara, é de destacar a presença de polilitionite nestes aplito-pegmatitos berilíferos, dado constituir a mica mais enriquecida em lítio (e.g. Fleet, 2003) com teores de Li<sub>2</sub>O que atingem os 6.94% (Tabela 1). O bordo de polilitionite encontra-se enriquecido em Si, Li, Rb e F relativamente ao núcleo de moscovite litinífera, revelando, no entanto, teores mais baixos de Al<sup>IV</sup>+Al<sup>VI</sup> e OH.

## 5. Conclusões

Os aplito-pegmatitos de elementos raros de Cabeço dos Poupous (Sabugal), embora de moderado grau de evolução geoquímica, típico de pegmatitos do subtipo berilo-columbite-fosfato, revelaram a presença importante de micas litiníferas de cristalização precoce, tais como moscovite litinífera e zinvaldite tabular. A moscovite primária constitui a mica dominante destes filões e soleiras, apresentando características texturais e geoquímicas que a identificam claramente. Para além destas micas de cristalização precoce, foi possível detectar a presença de micas tardias, revelando substanciais enriquecimentos em Li, com composições de moscovite litinífera, zinvaldite, lepidolite e polilitionite. Estas composições testemunham a ocorrência de uma fase de acumulação de Fe<sup>2+</sup>, Li e F no líquido silicatado residual da camada limite, tal como também foi

observado nas soleiras aplito-pegmatíticas de Arcozelo da Serra (Neiva *et al.*, 2008).

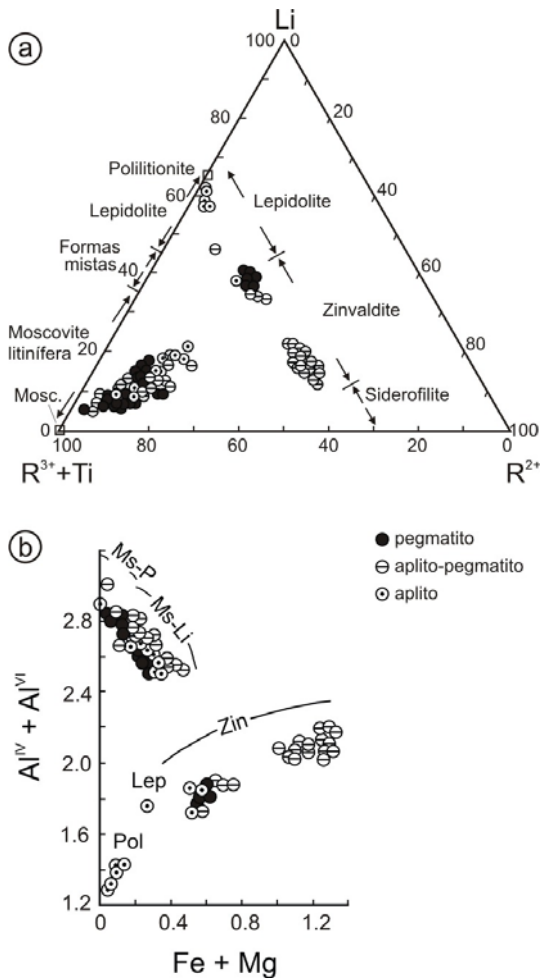


Fig. 3 – Projecção das micas dos aplito-pegmatitos berilíferos de Cabeço dos Poupos nos diagramas: a)  $Li-R^{3+}+Ti-R^{2+}$  de Foster (1960), com as modificações resultantes da classificação de Rieder *et al.* (1999).  $R^{3+}=Al^{VI}$ ,  $R^{2+}=(Fe^{2+}+Mn^{2+}Mg)$ ; b) diagrama  $Al^{IV}+Al^{VI}$  vs.  $(Fe+Mg)$ . Ms-P – moscovite primária, Ms-Li – moscovite litinífera.

As micas litiníferas tardias vão progressivamente rodeando e penetrando as mais precoces, em geral mostrando contactos bruscos entre os cristais. Em geral, as micas litiníferas possuem teores de  $Fe+Mg$ ,  $Li$ ,  $Rb$  e  $F$  mais elevados do que a moscovite primária, revelando, por outro lado, empobrecimento em  $Al^{VI}$ ,  $Al^{IV}+Al^{VI}$  e  $OH$ .

## Agradecimentos

As imagens de electrões retrodifundidos e análises químicas das micas foram obtidas na microsonda electrónica JEOL JXA-8500F do LNEG, S. Mamede de Infesta, com a inestimável colaboração da Eng.<sup>a</sup> Fernanda Guimarães. Este trabalho foi realizado no âmbito da investigação produzida pelo Centro de Geociências da Universidade de Coimbra.

## Referências Bibliográficas

- Černý, P. & Ercit, T.S., 2005. The classification of granitic pegmatites revisited. *Can. Mineral.* 43, 2005-2026.
- Fleet M.E., 2003. *Rock-Forming Minerals. Sheet silicates: Micas* (Volume 3A), 2<sup>nd</sup> Ed. The Geological Society, London, 758 pp.
- Foster, M.D., 1960. Interpretation of the composition of lithium micas. *United States Geological Survey Professional Paper*, 354-E, 115-146.
- London, D., 2008. Pegmatites. *Can. Mineral. Sp. Publ.* 10, 347 pp.
- Neiva, A.M.R., Gomes, M.E.P., Ramos, J.M.F., Silva, P.B., 2008. Geochemistry of granitic aplite-pegmatite sills and their minerals from Arcozelo da Serra area (Gouveia, central Portugal). *Eur. J. Mineral.* 20, 465-485.
- Rieder, M., Cavazzini, G., D'Yakonov, Y.S., Frank-Kamenetskii, V. A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval, P.V., Müller, G., Neiva, A.M.R., Radoslovich, E.W., Robert, J.L., Sassi, F.P., Takeda, H., Weiss, Z., Wones, D.R., 1998. Nomenclature of micas. *Can. Mineral.*, 36 (3), 905-912.
- Tischendorf, G., Gottesmann, B., Förster, H.-J., Trumbull, R.B., 1997. On Li-bearing micas: estimating Li from electron microprobe analyses and improved diagram for graphical representation. *Mineral. Mag.*, 61 (6): 809-834.
- Van Lichtervelde, M.V., Grégoire, M., Linnen; R.L., Béziat, D., Salvi, S., 2008. Trace element geochemistry by laser ablation ICP-MS of micas associated with Ta mineralization in the Tanco pegmatite, Manitoba, Canada. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 155: 791-806.