
**Urânio e outros elementos em argilas residuais de doleritos,
granitos e aplito-pegmatitos da região de Fornos de Algodres,
Beira Alta**

***Uranium and other elements in residual clays of dolerites, granites
and aplite-pegmatites from Fornos de Algodres region, Beira Alta***

M.J. TRINDADE – mjtrindade@itn.pt (ITN, EN 10, 2686-953 Sacavém, Portugal; GeoBioTeC)

M.I. DIAS – isadias@itn.pt (ITN, EN 10, 2686-953 Sacavém, Portugal; GeoBioTeC)

M.I. PRUDÊNCIO – iprudenc@itn.pt (ITN, EN 10, 2686-953 Sacavém, Portugal; GeoBioTeC)

F. ROCHA – tavares.rocha@ua.pt (Univ. Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal; GeoBioTeC)

RESUMO: Apresentam-se resultados obtidos por AAN para U e outros elementos, em argilas residuais derivadas de granitos e de veios doleríticos e aplito-pegmatíticos da região de Fornos de Algodres, rica em jazigos uraníferos. O U está enriquecido nas argilas em relação à crosta continental superior, sobretudo na fracção < 2 µm, tendo as de origem dolerítica as maiores concentrações (6-263 ppm U).

PALAVRAS-CHAVE: Urânio, argilas residuais, granitos, filões, Fornos de Algodres.

ABSTRACT: Results obtained by NAA for U and other elements in residual clays derived from granites, and dolerite and aplite-pegmatite veins of Fornos de Algodres region, rich in uranium ores, are presented. Uranium is enriched in clays relatively to upper continental crust, mainly in < 2 µm fraction, with the dolerite ones presenting the highest concentrations (6-263 ppm U).

KEYWORDS: Uranium, residual clays, granite, veins, Fornos de Algodres.

1. INTRODUÇÃO

Na província uranífera das Beiras (Portugal Central) os jazigos de U, geralmente encaixados em granitos hercínicos pós-tectónicos, podem ser filonianos epitermais ou de impregnação de minerais secundários de U em brechas quartzo-limoníticas ou graníticas, em granitos e diques doleríticos alterados, no complexo xisto-grauváquico ou em aluviões recentes (Gusmão, 2008).

Os granitóides portugueses têm teores médios de U estimados em 6.7-8.9 ppm (Neves et al., 1996), embora tenham sido observados valores mais elevados nas Beiras (7-22 ppm U, Salgado et al., 1998). Em filões e caixas de falha milonitizadas detectaram-se maiores teores de U (15-223 ppm, Salgado et al., 1998) e fundo radiométrico anómalo.

A região de Fornos de Algodres teve ocupação pré-histórica durante o 3º milénio AC, donde resultou forte produção cerâmica durante o Calcolítico e o início da idade do Bronze (Valera, 1999). As matérias-primas utilizadas foram sobretudo as argilas derivadas da alteração de diques doleríticos, mas também materiais de origem granítica (Dias et al., 2000a; Dias et al., 2005).

Podendo estas argilas serem ainda hoje utilizadas por oleiros da região, este trabalho pretende avaliar a concentração em U nestes materiais. Para tal estuda-se a distribuição do U e de outros elementos nos vários tipos de argila, quer na amostra total, quer na fracção argilosa ($< 2 \mu\text{m}$).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na região de Fornos de Algodres os granitos são na maioria porfiróides de duas micas (Granito de Muxagata), ocorrendo ainda granitos biotíticos e o complexo xisto-grauváquico do Grupo do Douro. O conjunto é intersectado por filões de dolerito, quartzo e aplito-pegmatito.

Para este trabalho recolheram-se 4 amostras num perfil de alteração no granito de Muxagata (G1-granito pouco alterado a G4-solo granítico), 9 amostras em veios de dolerito com diferentes graus de alteração (D1 a D9) e 4 amostras de veios de aplito-pegmatito alterado (AP1 a AP4).

A composição química das argilas (amostra total e fracção $< 2 \mu\text{m}$) foi obtida por activação neutrónica (AAN), recorrendo ao Reactor Português de Investigação (Sacavém). As amostras e os padrões foram irradiados a um fluxo de $4.4 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ durante 2 minutos (irradiação curta) e por 7 horas (irradiação longa). Detalhes referentes às medições e processamento dos espectros gama podem ser consultados em Gouveia & Prudêncio (2000).

3. RESULTADOS

De acordo com Dias et al. (2000b), os doleritos alterados são os mais ricos em minerais argilosos na região. Os aplito-pegmatitos contêm abundante feldspato K e também filossilicatos. A plagioclase é mais abundante nos granitos e os óxidos de Fe (principalmente goetite) e piroxenas nos doleritos. As micas estão presentes em todas as argilas. Na fracção $< 2 \mu\text{m}$ dos doleritos predomina a esmectite, seguida de caulinite, ilite, clorite, interstratificados e óxidos de Fe, enquanto nos materiais graníticos, predomina a caulinite, seguida de esmectite e ilite.

A composição química dos diversos tipos de argilas foi comparada com a da crosta continental superior (CCS), em amostra total e na fracção argilosa (Figura 1). Os granitos alterados possuem maiores concentrações em U, Ta, Th, Rb, Cs, K e algumas terras raras (TR), e menores concentrações em Cr, Co, As, Sc, Fe, Mn, Zr, Ba e Na que a CCS. Na fracção argilosa observa-se forte enriquecimento em TR, U, Th, Cs e em elementos pouco abundantes na amostra total (Mn, Fe, Sc, Cr, Co, As) que nesta fracção apresentam teores semelhantes às da CCS, sugerindo que a adsorção destes elementos nos minerais argilosos exerce importante controlo na sua abundância. Os teores de Na e K decrescem significativamente na fracção $< 2 \mu\text{m}$.

Nos aplito-pegmatitos observa-se um padrão químico semelhante ao dos granitos, mas ligeiramente mais enriquecido em TR na amostra total. No entanto, a fracção argilosa apresenta um enriquecimento em TR muito menos significativo do que se verifica nos granitos.

Os doleritos alterados têm maiores teores em elementos geralmente associados a rochas básicas (Fe, Sc, Cr, Co e Zn), bem como Cs, TR, Ta e sobretudo U, que a CCS. Estes materiais são fortemente empobrecidos em Na e, em menor proporção em K, Th e Zr. Não existem diferenças significativas na concentração elementar entre amostra total e fracção $< 2 \mu\text{m}$, excepto ligeiro acréscimo desta fracção em TR, Th e U e decréscimo principalmente em Na, K e Cs.

Todas as amostras normalizadas aos condritos (Figura 2) mostram enriquecimento em TR leves e anomalia negativa de Eu, devido à abundância de feldspatos, sobretudo acentuada nos materiais derivados de aplito-pegmatitos e granitos. Pequena anomalia negativa em Ce é também observada. O padrão de TR é semelhante na amostra total e na fracção argilosa para os 3 grupos de amostras, apresentando a última maiores concentrações em todas as TR, principalmente nas argilas derivadas de granitos. No perfil de meteorização granítico a concentração de TR diminui na fracção argilosa para o topo do perfil, sugerindo certa mobilidade destes elementos.

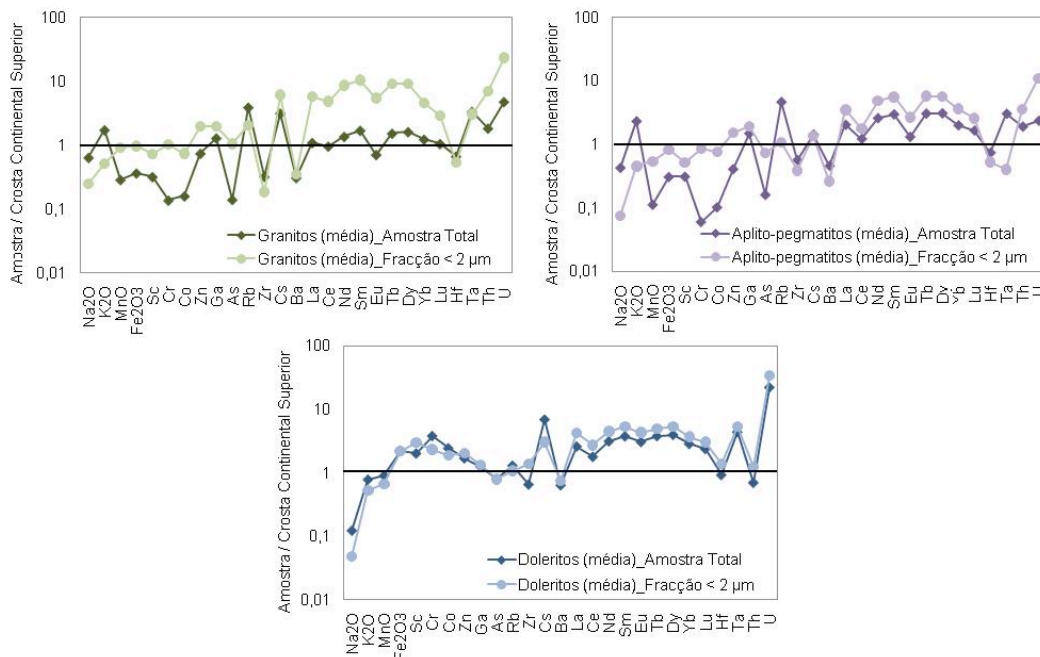


Figura 1 – Composição química, em amostra total e na fracção <math>< 2 \mu\text{m}</math>, das argilas residuais de alteração de diversos tipos de rocha normalizados à crosta continental superior (valores de Rudnick & Gao, 2003).

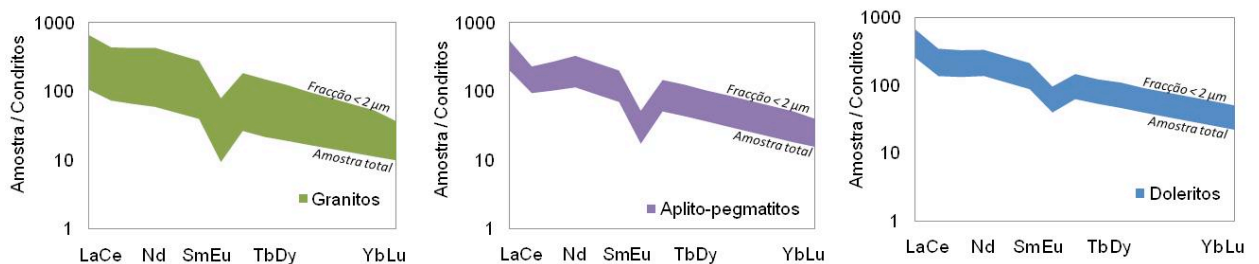


Figura 2 – Variações nos padrões de TR normalizadas aos condritos entre amostra total e fracção <math>< 2 \mu\text{m}</math> (valores de Anders & Grevesse, 1989, multiplicados por 1.36, de acordo com Korotev, 1996).

O U em particular encontra-se nos materiais graníticos em concentrações (12-15 ppm U) superiores às observadas em rochas afins (Neves et al., 1996), mas englobados na gama de valores que tem sido estimada para as Beiras. As argilas residuais de aplito-pegmatitos têm, em geral, menores teores de U que os granitos, enquanto os doleritos alterados podem apresentar valores extremamente elevados ($\approx 100x > \text{CCS}$), comparáveis ou até superiores aos que têm sido observados em filões e caixas de falha com fundo radiométrico anômalo (Figura 3).

O enriquecimento da fracção argilosa em U, TR e Th nos materiais derivados dos granitos e aplito-pegmatitos sugere que os minerais argilosos ou residuais nessa fracção exercem controle na abundância destes elementos. Embora o reduzido número de amostras não permita investigar correlações químicas, tais elementos nos granitos estão provavelmente associados a minerais como a monazite, ou na forma solúvel de uraninite. Nos doleritos alterados não se observam variações significativas entre amostra total e fracção argilosa, nem correlação entre o U e TR, Th ou outros elementos, sugerindo que o U não se fixa em minerais que alojam esses elementos, mas em suportes mineralógicos próprios. Durante a alteração dos granitos, o U terá sido mobilizado, transportado e depositado sob a forma de minerais secundários de U, cujos mais abundantes têm sido referidos como sendo fosfatos hidratados de U (autunite e torbenite), embora não tenham sido identificados por difracção de raios-X. A acumulação de U nos veios tem sido atribuída a um processo supergénico recente (Dias & Andrade, 1970).

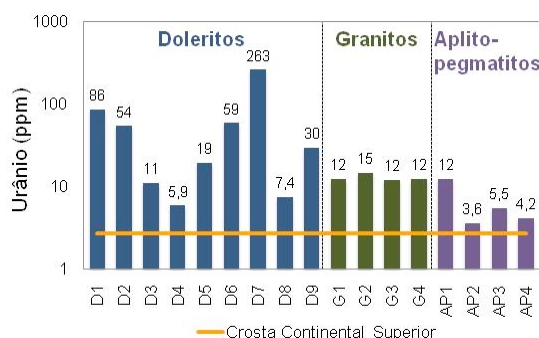


Figura 3 – Concentração do U em amostra total para os diversos tipos de argilas estudados.

4. CONCLUSÕES

Entre os materiais argilosos resultantes da alteração de granitos, aplito-pegmatitos e doleritos da região de Fornos de Algodres, os valores mais elevados de urânio encontraram-se nas argilas derivadas de doleritos. Estes materiais são também os mais finos e plásticos, pelo que têm sido utilizados na região desde a antiguidade para a produção de cerâmica. Dados os elevados teores de U encontrados nesses materiais e em resultado do decaimento radioactivo, os potenciais níveis elevados de libertação de radão podem fazer exceder a dose máxima de radiação (500 milirem/ano). Deste modo, sugere-se a realização de medições radiométricas em diques básicos alterados, potenciais fontes de matéria-prima, no intuito de confirmar se os níveis de radiação aceitáveis são excedidos, antes da sua utilização na produção de cerâmica.

Referências

- Dias, J.M. & Andrade, A.A.S. (1970) – Portuguese uranium deposits. *Memórias e Notícias*, 70, pp. 1-22.
- Dias, M.I.; Prudêncio, M.I.; Prates, S.; Gouveia, M.A. & Valera, A.C. (2000a) – Tecnologias de produção e proveniência de matéria-prima das cerâmicas campaniformes da Fraga da Pena (Fornos de Algodres – Portugal). In: *Actas do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular, vol. IV*, V. Real, Portugal, pp. 253-268.
- Dias, M.I.; Prudêncio, M.I.; Gonçalves, M.A.; Sequeira Braga, M.A. & Gouveia, M.A. (2000b) – Geochemical and mineralogical diversity of clay materials in Fornos de Algodres region (Central Portugal) and its implications on provenance studies of ancient ceramics. In: *Proceedings of the 1st Latin American Clay Conference, vol. 2*, Funchal, Madeira, pp. 237-244.
- Dias, M.I.; Valera, A.C. & Prudêncio, M.I. (2005) - Pottery production technology throughout the 3rd millennium B.C. on a local settlement network in Fornos de Algodres, central Portugal. In: Prudêncio, M.I.; Dias, M.I. & Waerenborgh, J.C. (Edt), *Understanding people through their pottery*, Trabalhos de Arqueologia 42, pp. 41-50.
- Gouveia, M.A. & Prudêncio, M.I. (2000). New data on sixteen reference materials obtained by INAA. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 245, pp. 105-108.
- Gusmão, C.C. (2008) – *Caracterização da radioactividade ambiente e contributo para análise de risco: Aplicação à área da antiga mina da Freixiosa*. Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 127 p.
- Korotev, R.L. (1996) - A self-consistent compilation of elemental concentration data for 93 geochemical reference samples. *Geostandards Newsletter*, 20, pp. 217-245.
- Neves, L.J.P.F.; Pereira, A.J.S.C.; Godinho, M.M. & Dias, J.M. (1996) – A radioactividade das rochas como factor de risco ambiental no território continental português. In: Borrego, C.; Coelho, C.; Arroja, L.; Boia, C. & Figueiredo, E. (Edt.), *V Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, vol. 1*, pp. 641-649.
- Rudnick, R.L. & Gao, S. (2003) - Composition of the Continental Crust. In: Holland, H.D. & Turekian, K.K. (Edt.), *Treatise on Geochemistry: The Crust*, Elsevier, pp. 1-64.
- Salgado, L.M.; Pereira, A.J.S.C.; Neves, L.J.P.F. & Godinho, M.M. (1998) – Distribuição de U e Th em rochas da região de Tondela (Portugal Central). *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, 84(1), pp. B122-B125.
- Valera, A.C. (1999) – The re-creation of territorialities and identities in the III millennium BC: research problems in Central Portugal. *Journal of Iberian Archaeology*, 1, pp. 109-115.