

## **Análise expedita de U e de razões Zr/Rb em solos e relação com a componente geológica na região de Nisa-Castelo de Vide, Portugal**

### ***Readily accessible analysis of U and Zr/Rb ratios in soils and its relation to the geologic component in the Nisa-Castelo de Vide, Portugal***

**Cátia Prazeres<sup>1\*</sup>, Maria João Batista<sup>1</sup>, Teresa P. Silva<sup>1</sup>, Maria Ondina Figueiredo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Unidade de Recursos Minerais e Geofísica, Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, Apartado 7586-Alfragide, 2610-999 Amadora, Portugal. \*catiageo@sapo.pt

#### **Resumo**

A região de Nisa tem sido estudada ao longo do tempo especialmente devido ao interesse quer económico quer ambiental do seu enriquecimento natural em urânio. Numa amostragem à escala regional, através de uma análise semi-quantitativa de U, Zr e Rb como elementos chave associados às rochas graníticas, obteve-se uma imagem da presença de U na camada superficial dos solos e da variação da diferenciação magmática por sectores dos maciços graníticos pela análise da razão Zr/Rb. O enriquecimento relativo de cada um destes elementos nos solos evidencia também a natureza dos materiais metassedimentares encaixantes das formações graníticas e ainda das rochas detríticas cartografadas na região. A geoquímica dos solos, colhidos na camada superficial, da região de Nisa reflete a influência da componente geológica/litológica na pedogénese.

Palavras-chave: região de Nisa; urânio; Zr/Rb; diferenciação magmática; solos superficiais

#### **Abstract**

The Nisa region has been widely studied whether due to its economical or environmental interest in its natural enrichment in uranium. In a regional scale sampling and through a semi quantitative analysis of U, Zr and Rb as key elements associated with granitic environments, one can get a display of the presence of U in the superficial horizon of the soils. The variation of the magmatic differentiation in sectors of the granitic massifs can be observed by the analysis of its Zr/Rb ratio. Relative enrichment of each one of these elements in soils also puts in evidence the metasedimentary and detritic rocks mapping in the region. The geochemistry of the soils from Nisa region reflects the influence of the geologic/lithological component on the soil genesis.

Keywords: Nisa region; uranium; Zr/Rb ratio; magmatic differentiation; superficial soils

## Introdução

O solo, sendo uma interface entre várias componentes naturais reflete a influência das formações litológicas sobre as quais se desenvolve.

A região de Nisa tem sido alvo de diversos trabalhos, devido ao interesse geológico desta zona mas também pelo potencial em mineralizações fundamentalmente de urânio que ali se encontram. O fundo radiométrico elevado do granito de Nisa está de resto bem documentado [1]. Os maciços graníticos desta zona já foram sujeitos a cartografia detalhada, do ponto de vista da prospecção de ocorrências minerais e de rochas ornamentais, da sua fracturação – Maciço de Nisa – [2], ou da petrologia e modo de implantação (e.g. [3], [4]).

Para além dos usos mais comuns da geoquímica de solos nas áreas da contaminação ambiental ou da prospecção mineral, os solos evidenciam aspectos que podem ser utilizados em interpretações geológicas ou para complementar conhecimentos já estabelecidos.

No âmbito do projecto de caracterização da região uranífera de Nisa, AmbiNisa, englobando a componente geoquímica do ambiente superficial, foi feita uma amostragem regional de solos, cujos resultados são aqui analisados. Pretende-se mostrar que os solos fornecem também uma imagem da diferenciação magmática dos maciços graníticos aflorantes e como mapeamento dos materiais metassedimentares, encaixantes das formações graníticas ou ainda das formações detríticas que ocorrem na região.

## Enquadramento geológico

A área de estudo localiza-se no NE alentejano, no domínio de transição entre a Zona Centro-Ibérica (ZCI) e a Zona de Ossa-Morena (ZOM). Na área coberta pela amostragem de solos afloram três maciços graníticos que se instalaram em períodos diferentes relativamente ao ciclo varisco: os maciços de Portalegre e Carrascal, orientados NW-SE, com idades de instalação de  $492,7 \pm 3,5$  Ma (U/Pb SHIMP) e de  $486-471$  Ma ( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ), respectivamente, ambos pré-variscos; e o maciço de Nisa, de

$306,2 \pm 3$  Ma a  $309,0 \pm 4,6$  Ma (U/Pb SHIMP), tardi-varisco. Neste último considera-se uma diferença de  $\pm 10$  Ma na implantação da zona W (mais antiga) e E (mais recente) [3]. O maciço de Portalegre é composto por granitóides biotítico-moscovíticos muito evoluídos [4], mostrando diferenciação de quatro tipos de granitóides no interior do Maciço. O maciço do Carrascal é formado por um granito exterior porfiróide de grão grosseiro a médio, biotítico, intensamente deformado, que envolve um granito biotítico de grão médio a fino [4], apresentando algumas manchas de intrusões máficas. O maciço de Nisa corta os maciços anteriores e tem um alinhamento em forma de arco. É ocupado na maior parte da sua extensão pelo granito de Nisa, porfiróide de grão grosseiro, de duas micas. Os corpos graníticos interiores e que seguem o mesmo alinhamento são o granito de Gáfete, de grão fino a médio, de duas micas com biotite predominante; o granito de Alpalhão, de grão fino, predominantemente biotítico e o granito de Quareleiros, porfiróide, de duas micas [4].

Na zona N da área de estudo encontram-se as formações metassedimentares do Grupo das Beiras, do Neoproterozóico superior-Câmbrico inferior, formadas por xistos mais ou menos micáceos e grauvaques. Apresentam sinais de metamorfismo de contacto na orla formada com o granito a sul.

A SE, no mesmo alinhamento dos maciços NW-SE, afloram ainda arcoses, conglomerados, quartzitos e xistos do Ordovícico inferior intercalados com xistos, quartzitos e calcários dolomíticos associados do Devónico. Na zona W dominam os arenitos neogénicos e depósitos de vertente e aluvionares do Quaternário associados ao encaixe das linhas de água.

## Métodos

A amostragem de solos obedeceu a uma malha de uma amostra/km<sup>2</sup> num total de 914 amostras, cobrindo 11 cartas à escala 1/25000. A colheita das amostras foi efectuada até uma profundidade de 20 cm. As formações geológicas/litológicas e as condições climáticas no Alto Alentejo, entre outros factores de formação do solo, favoreceram a formação de solos Litólicos na

área de Nisa, ocorrendo também nas zonas das aluviões do Tejo, Aluviössolos.

As amostras de solo foram homogeneizadas e secas ao ar ou em estufa a temperatura < 40 °C. As amostras foram desagregadas e crivadas à fracção < 100 mesh.

Foi feita uma análise semi-quantitativa a estas amostras de solo, baseada no método de despiste da presença de U que já tinha sido realizado num estudo piloto num perfil de 11 amostras colhidas perpendicularmente à zona do jazigo de Nisa, através de um diagnóstico expedido por espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão em comprimentos de onda (FRX-DCO) [5]. Nessa campanha procedeu-se também à caracterização mineralógica dos solos por difracção de raios X (DRX). Assim, uma porção representativa de cada amostra foi analisada por FRX-DCO no intervalo angular de 21 a 28° 2θ que abrange as riscas Kα de diagnose de vários elementos geoquimicamente significativos: U, Zr, Sr e Rb, bem como de outros elementos vestigiais cuja eventual presença seria útil averiguar: Y, Nb, Pb e Th, este último frequentemente associado ao U. As análises foram obtidas com um gerador com uma potência máxima de 4 kW e voltagem máxima de 100 kV (PW 1730) ao qual estão anexos um difractor com geometria de Bragg-Brentano (PW 1500), provido de cristal curvo monocromador, e um espectrómetro automatizado de fluorescência de raios-X por dispersão em comprimentos de onda (PW 1400, com software X-41), os quais podem ser alimentados em alternativa pelo mesmo gerador. Para a recolha de difractogramas utilizou-se uma ampola de anti-cátodo de cobre e para os ensaios FRX-DCO, uma ampola de ródio.

### Resultados e discussão

A presença de U mostrou-se muito elevada em apenas duas amostras de solo. Estas amostras foram colhidas em locais francamente mineralizados e onde, inclusivamente, são visíveis os minerais secundários de U (Figs. 1 e 2). São igualmente zonas fracturadas.

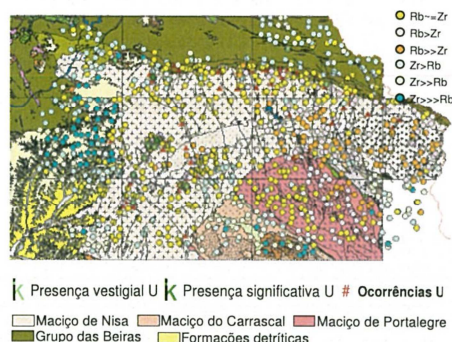


Fig.1- Mapeamento geoquímico da presença de U nos solos e das relações Zr/Rb sobreposto à geologia da região.

As outras amostras de solos apresentam ou quantidades vestigiais de U, ou quantidades não perceptíveis nos registos de FRX. Contudo, há locais que apresentam presença de U sem que tenha sido detectada uma fase específica do mesmo elemento por DRX. Estes resultados permitem admitir que o U presente se encontra retido noutros minerais, nomeadamente minerais argilosos, capazes de o imobilizar. Estes minerais foram identificados durante a campanha prospectiva realizada na região da mina de Nisa, como se pode observar no Quadro 1, e Figura 2.



Fig. 2 - Exemplo de local mineralizado com minerais secundários de U visíveis e associados a óxidos e oxihidróxidos de ferro.

Face à ocorrência de esmectite/montmorilonite e minerais interestratificados em vários solos analisados, destaca-se o papel destes minerais como potenciais retentores de U.

Quadro 1 – Abundância relativa dos minerais identificados nas amostras de solos do perfil-teste junto à mina de Nisa. Oz: Quartzo; Fld: Feldspato; Plg: Plagioclase; Ms: Moscovite; Caul: Caulinite; Esm: Esmeclite; Int: interestratificados 1.24 Å e 0,64 Å; ?: identificação sujeita a dúvida; \*Amostra com urânio (detectado por FRX-DCO)

Nº amostra	Minerais identificados								
	Oz	Fld	Plg	Ms	Int	Caul	Esm	12.3	6.4
1	xxx	-	xx	-	x	-	x	x	x
2	x	-	x	x	?	-	xx	?	x
3	x	-	x	-	x	?	-	?	?
4	xx	x	-	xx	-	-	-	x	x
5	xx	x	-	?	x	-	?	?	?
6	xx	x	-	-	x	-	x	x	x
7	xxx	x	-	x	-	-	xx	x	?
8	xxx	x	-	-	x	-	x	x	x
9*	xx	x	-	x	-	-	xx	x	x
10	xxx	x	-	-	x	-	xx	?	x
11	xxx	x	-	-	x	-	xx	-	?

A distribuição do Zr/Rb nos solos da região coincide com a distribuição litogeoquímica destes dois elementos no maciço granítico de Nisa. Daí ser uma distribuição zonada, observando-se um enriquecimento progressivo em Rb e empobrecimento em Zr para E do granito de Nisa, compatível com uma diferenciação para E. A distribuição destes dois elementos apresenta-se distinta nos solos originados a partir dos granitos de Gáfete que se encontram no núcleo do granito de Nisa, tal como acontece relativamente à sua distribuição litogeoquímica.

Os solos desenvolvidos sobre os dois granitos situados na zona S apresentam composições distintas nestes dois elementos, sendo que sobre o maciço que se encontra a W, do Carrascal, se verifica um empobrecimento em Rb e enriquecimento em Zr, enquanto os solos sobrejacentes ao granito que se encontra a E, de Portalegre, apresentam, no seu lado W, uma proporção equivalente entre os dois elementos e, para E, um enriquecimento em Rb, coincidente com a presença de um magma diferenciado dentro deste.

Existe ainda um enriquecimento de Zr sobre os metassedimentos bem como nas amostras colhidas sobre rochas detríticas mais recentes, pertencentes à bacia do Tejo a W.

## Conclusões

A presença relativa de Zr e Rb nos solos reflecte a variação na diferenciação magmática que originou os corpos graníticos subjacentes. O carácter sedimentar ou detrítico é também evidenciado pelo enriquecimento em Zr nos solos em relação ao Rb. O U foi detectado em maior quantidade nos solos da zona W do granito de Nisa onde a fracturação e o preenchimento filoneano é mais intenso podendo o U ser mais facilmente mobilizado, e assim, passar para o solo, neste sector onde a razão Zr/Rb ronda a similitude de concentrações. Na zona E deste granito a análise expedita de U pode indicar o menor grau de alteração ou de percolação nas fracturas e conseqüente transporte de urânio e sua imobilização pela componente argilosa, bem como da idade mais jovem de implantação desta zona.

## Agradecimentos

À Empresa de Desenvolvimento Mineiro que financiou o estudo.

## Referências bibliográficas

- [1] Batista, M. J., Figueiredo, M.O., Silva, T., Lourenço, C., Midões, C., Ramalho, E., Solá, R., Prazeres, C., Fernandes, J., Ferreira, M.L., Leote, J., Ribeiro, L., Martins, L., 2009. Caracterização geoambiental do depósito uranífero de Nisa. Relatório técnico para a empresa EDM.
- [2] Campos, A.B.A., Pereira, L.C.G., 1991. A arquitectura e a fracturação do granito de Nisa (Alto Alentejo-Portugal). MEM NOT PUBL MUS LAB MIN. GEOL.112:121-133.
- [3] González-Menéndez, L.G., Azor, A., Ordóñez, A.R., Sanchez-Almazo, I., 2011. The metamorphic aureole of the Nisa-Albuquerque batholith (SW Iberia): implications for deep structure and emplacement mode. INT J EARTH SCI. 100(7):1533-1550.
- [4] Solá, A.R., 2007. Relações petrogeoquímicas dos Maciços graníticos do NE alentejano, Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra, 367p.
- [5] Figueiredo, M.O., Silva, T.P., Batista, M.J., Leote, J., Ferreira, M.L., Limpo, V., 2011. Uranium in surface soils: An easy-and-quick assay combining X-ray diffraction and X-ray fluorescence qualitative data. J GEOCHEM EXPLOR.109:134-138.