



## ROCHAS PERALUMINAOSAS PRESENTES NO GRUPO SERRA DO ITABERABA ASSOCIADAS A MINERALIZAÇÕES DE OURO

Annabel PÉREZ-AGUILAR<sup>1</sup>, Caetano JULIANI<sup>2</sup>, Lena Virgínia Soares MONTEIRO<sup>3</sup>,  
Jorge Silva BETTENCOURT<sup>2</sup>

1- Instituto Geológico/SMA - [annabelp@igeologico.sp.gov.br](mailto:annabelp@igeologico.sp.gov.br); 2- Universidade de São Paulo - [cjuliani@usp.br](mailto:cjuliani@usp.br), [jsbetten@usp.br](mailto:jsbetten@usp.br); 3 - Universidade Estadual de Campinas - [lena@ige.unicamp.br](mailto:lena@ige.unicamp.br).

### Resumo

No segmento central do cinturão Ribeira aflora a seqüência meta-vulcanossedimentar mesoproterozóica do Grupo Serra do Itaberaba, onde há presença de rochas peraluminosas compostas essencialmente por margarita ± coríndon ± muscovita ± rutilo (margarita-coríndon xistos) e por topázio ± rutilo (topázio xistos). São rochas muito enriquecidas em  $Al_2O_3$  (até 78,06%), possuindo varáveis quantidades de  $SiO_2$  (até 34,86%),  $CaO$  (até 9,23%),  $K_2O$  (até 1,54%) e  $TiO_2$  (até 2,99%), sendo que os topázio xistos apresentam-se muito enriquecidos em  $F^-$  (até 8,68%). Estas rochas possuem, também, enriquecimento relativamente alto em  $W$  (até 1920 ppm),  $Zr$  (até 582 ppm) e  $V$  (até 443 ppm). Os dados litoquímicos, associados a dados de  $\delta^{18}O$  em rocha total obtidos em amostras destas rochas (6,9 a 10,1‰), sugerem a participação de água hidrotermal-magmática na formação destas rochas, correspondendo os margarita-coríndon xistos e topázio xistos ao produto metamórfico de zonas de alteração argílica e argílica avançada, associados a processos mineralizantes em ouro do tipo *high-sulfidation* submarina presentes na região. Concentrações de  $Ag$  (até 3,1 ppm) denotam a mobilização de metais preciosos durante os processos de alteração hidrotermal.

**Palavras-chave:** rochas peraluminosas, margarita-coríndon xistos, topázio xistos; alteração argílica avançada; mineralização de ouro *high-sulfidation* submarina

### Abstract

The Serra do Itaberaba Group, which corresponds to a metamorphosed mesoproterozoic volcano-sedimentary sequence, outcrops in the central segment of the Ribeira Fold Belt. Within this group are present peraluminous rocks mainly composed of margarite ± corundum ± muscovite ± rutile (margarite-corundum schists) and of topaz ± rutile (topaz schists). These rocks are very enriched in  $Al_2O_3$  (up to 78,06%), having variably amounts of  $SiO_2$  (up to 34,86%),  $CaO$  (up to 9,23%),  $K_2O$  (up to 1,54%), and  $TiO_2$  (up to 2,99%). Topaz schist are very enriched in  $F^-$  (up to 8,68%). Lithochemical data together with whole rock  $\delta^{18}O$  values obtained for samples from these rocks (6,9 a 10,1‰), as well as enrichments in  $W$  (up to 1920 ppm),  $Zr$  (up to 582 ppm), and  $V$  (up to 443 ppm), suggest participation of magmatic-hydrothermal waters associated to genuses of these rocks, corresponding margarite-corundum schists and topaz schists to the metamorphic product of argillic and advanced argillic alteration zones to which are associated oceanic high-sulfidation gold mineralization present in the area.  $Ag$  concentrations (up to 3,1 ppm) show mobilization of precious metals during hydrothermal alteration processes.

**Keywords:** peraluminous rocks, margarite-corundum schist, topaz schist; advanced argillic alteration, oceanic high-sulfidation gold mineralization.

### 1. Introdução

Nas proximidades da cidade de São Paulo, na porção central do cinturão Ribeira (Almeida *et al.*, 1973), aflora o Grupo Serra do Itaberaba que constitui uma seqüência meta-vulcanossedimentar mesoproterozóica (Juliani *et al.*, 2000). Neste grupo há presença de rochas peraluminosas compostas essencialmente por margarita ± coríndon ± muscovita ±



rutilo (margarita-coríndon xistos) e por topázio  $\pm$  rutilo (topázio xistos), as quais afloram como lentes com espessuras variando entre 2 e 60 m intercaladas entre metabasitos, rochas metavulcanoclásticas e metapelitos (Juliani *et al.*, 1994; Pérez-Aguilar *et al.*, 2007).

## 2. Geologia

As rochas do Grupo Serra do Itaberaba foram afetadas por paleo-sistemas hidrotermais que se desenvolveram associados à colocação de pequenas intrusões de andesitos/riolitos em um ambiente de retro-arco. Estes paleo-sistemas hidrotermais foram responsável pela gênese de extensas zonas de alteração clorítica cortadas por zonas restritas de zonas de alteração argílica e argílica avançada (Pérez-Aguilar *et al.*, 2005; Fig. 1), semelhantes àquelas presentes em depósitos de metais de base do tipo *Kuroko* (Sangster, 1972; Shikazono, 2003). Estas zonas de alteração foram posteriormente afetadas por dois eventos metamórficos de grau médio (Juliani *et al.*, 1997). Os produtos metamórficos das zonas de alteração clorítica são rochas compostas por cordierita  $\pm$  cummingtonita/antofilita  $\pm$  granada, correspondendo os margarita-coríndon xistos e topázio xistos ao produto metamórfico de zonas de alteração argílica e argílica avançada (Pérez-Aguilar *et al.*, 2005; 2007)

## 3. Materiais e Métodos

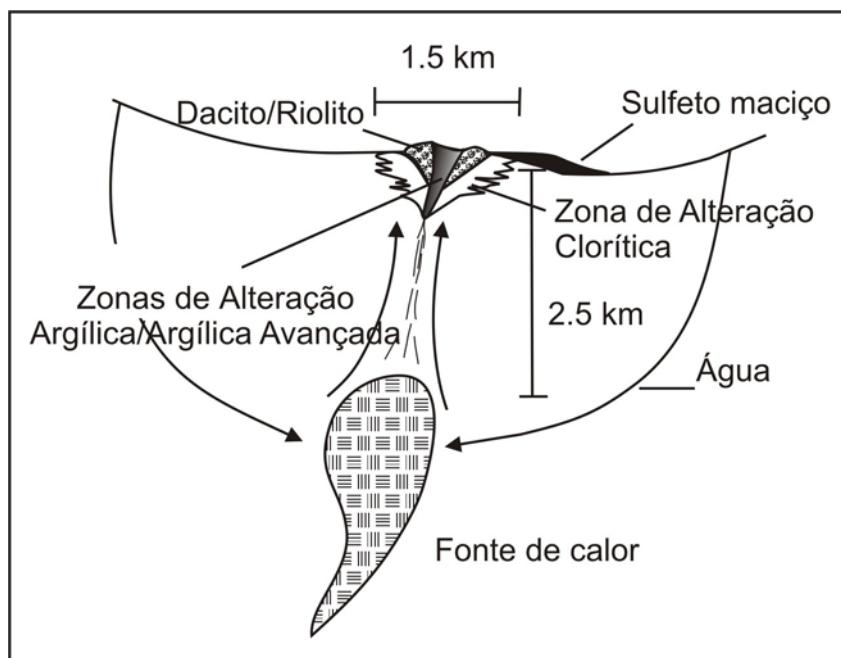
No laboratório Actlabs do Canadá foram realizadas 21 análises químicas de elementos maiores e traços pelo pacote WRA + trace 4Lithoresearch, relativas a amostras de marunditos, topazitos e rochas associadas. Os elementos maiores foram analisados pelo método de fusão ICP com metaborato/tetraborato de lítio e os elementos traços foram analisados pelo método ICP/MS. Estas análises foram complementadas pela obtenção dos valores de F<sup>-</sup> (ISE). Os dados litoquímicos foram processados através do software MINPET 2,02.

## 4. Resultados

Quanto aos elementos maiores representativos, os margarita-coríndon xistos apresentam valores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> variando entre 58,38 e 78,06 %, de SiO<sub>2</sub> variando entre 58,38 e 78,06%, de CaO variando entre 1,69 e 9,23%, de K<sub>2</sub>O variando entre 0,11 e 1,54% e de TiO<sub>2</sub> variando entre 1,8 e 2,28%. Quanto aos elementos maiores representativos, os topázio xistos apresentam valores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> variando entre 49,72 e 53,27%, de SiO<sub>2</sub> variando entre 31,22 e 34,86%, de K<sub>2</sub>O variando entre 1,08 e 3,03%, de TiO<sub>2</sub> variando entre 1,23 e 2,99% e de F<sup>-</sup> variando entre 6,3 e 8,68%. Em relação aos elementos traços, os margarita-coríndon xistos e topázio xistos exibem enriquecimentos em W variando entre 156 e 1920 ppm, em Zr



variando entre 192 e 582 ppm, em V variando entre 139 e 443 ppm, em Bi variando entre 2 e 315 ppm, em Th variando entre 14,6 e 91,5 ppm, em Cr variando entre 110 e 310 ppm e em Ag variando entre 0,7 e 1,6 ppm. Uma amostra de topázio-sericita xisto apresenta valores de Ag de 3,1 ppm.



**Figura 1** – Reconstrução esquemática dos paleo-sistemas hidrotermais do Grupo Serra do Itaberaba (Pérez-Aguilar *et al.*, 2005)

## 5. Discussão e Conclusões

O enriquecimento de rochas ígneas e vulcanoclásticas, presentes no fundo oceânico, em  $Al_2O_4$  (até 78,06 %) e  $TiO_2$  (até 2,28%) foi consequência da presença de vapores ácidos e sulfatados (*high-sulfidation*) que foram responsáveis pela lixiviação da maioria dos cátions presentes, deixando um resíduo muito rico em Al e Ti, gerando zonas de alteração argílica e argílica avançada, associados à colocação de pequenos corpos de dacitos/riolitos em ambiente de retro-arco. A estes processos de alteração esteve associado mineralizações de Au. Os margarita-coríndon xistos e os topázio xistos correspondem ao produto metamórfico, em grau médio, de zonas de alteração argílica e argílica avançada. Enriquecimentos em  $CaO$  (até 9,23%) e devem a sobreposição de um evento de carbonatização. O grande enriquecimento em  $F^-$  (até 8,68%) nos protolitos dos topázio xistos indica que os processos de alteração hidrotermal ocorreram em sub-superfície, permitindo a retenção de voláteis. O enriquecimento das rochas peraluminosas em  $W$  (até 1920 ppm),  $Zr$  (até 582 ppm),  $Bi$  (até 315 ppm) e  $V$  (até 443 ppm) indica a participação de água hidrotermal-magmática na formação dos protolitos das mesmas, o que é corroborado pelos dados de  $\delta^{18}O$  em rocha total obtidos em amostras destas rochas (6,9 a 10,1‰).



(Pérez-Aguilar *et al.* 2007). Enriquecimentos em Cr (até 310 ppm) correspondem a enriquecimentos residuais do Cr presente em rochas básicas de fundo oceânico. Enriquecimentos em Ag (até 3,1 ppm) indica que os processos hidrotermais estiveram associados a mobilizações de metais preciosos, especialmente de Au, intensamente lavrado na época da colônia (Juliani *et al.*, 1995). A identificação de rochas peraluminosas em seqüência meta-vulcanossedimentares representa uma valiosa ferramenta de prospecção mineral uma vez que estas rochas podem estar associadas a mineralizações de ouro.

Agradecimentos: FAPESP processo nº 2007/00405-0.

## 6 Referências Bibliográficas

- Almeida F.F.M. de, Amaral G., Cordani U.G., Kawashita K. 1973. The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazon River. In: Nairn A.E.M & Stehli F.G. (eds.) *The ocean basin and margins*. New York, Plenum 1, pp. 411–446.
- Juliani C., Hackspacher P.C., Dantas E.L., Fetter A.H. 2000. The mesoproterozoic volcano-sedimentary Serra do Itaberaba Group of the Central Ribeira Belt, São Paulo, Brazil: implications for the age of overlying São Roque Group. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 82–86.
- Juliani,C., Beljavskis,P.; Juliani, L.deJ.C.O. 1995b. As mineralizações de ouro de Guarulhos e os métodos de sua lavra no período colonial. *Geologia Ciência – Técnica*, 13: 8-25. (Revista de divulgação técnico-científica do Centro Paulista de Estudos Geológicos do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo)
- Juliani, C., Pérez-Aguilar, A., Martin, M.A.B., 1997. Geotermobarometria e evolução metamórfica P-T-d do Grupo Serra do Itaberaba (SP). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **69**: 441–442.
- Juliani C., Schorscher H.D., Pérez-Aguilar A. 1994. Corundum–margarite schists (“marundites”) in the Precambrian Serra do Itaberaba Group, São Paulo, Brazil: geological relationships and petrogenesis. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **66**:498.
- Pérez-Aguilar, A.; Juliani, C.; Monteiro, L.V.S.; Fallick, A.E. 2007. Stable isotope study on margarite-corundum schists (metamorphosed high-sulfidation alteration zones) from the Serra do Itaberaba Group, Brazil. In: Miller, J.A. (ed.) International Symposium on Applied Isotope Geochemistry, 7, *Abstract Volume*, p.106-107.
- Pérez-Aguilar, A., Juliani, C, Monteiro L.V.S., Fallick A.E., Bettencourt J.S. 2005. Stable isotopic constrains on Kuroko-type paleo-hydrothermal systems in the Mesoproterozoic Serra do Itaberaba Group, São Paulo State, Brazil. *Journal of South Amererican Earth Science*, **18**: 305–321.
- Sangster D.F. 1972. Precambrian volcanogenic massive sulphide deposits in Canada: a review. *Geological Survey of Canada*, Paper 72.
- Shikazono, N. 2003. *Geochemical and tectonic evolution of back-arc hydrothermal systems – implication for the origin of Kuroko and epithermal vein-type mineralizations and the global geochemical cycle*. Elsevier, New York, 463p.