



II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METALOGENIA

II BRAZILIAN SYMPOSIUM ON METALLOGENY

7 a 10 de junho de 2009
Hotel Serra Azul - Gramado-RS

ÉPOCAS METALOGENÉTICAS BRASILEIRAS
CICLOS TECTÔNICOS E
MODELOS METALOGENÉTICOS

MINERALIZAÇÕES EPITERMAIS *HIGH-SULFIDATION* PALEOPROTEROZÓICAS E MESO/CENOZÓICAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

Yuri Bugarin Woiski Miranda - Universidade de São Paulo/USP, yuri.miranda@usp.br
Caetano Juliani - Departamento de Mineralogia e Geotectônica/USP, cjuliani@usp.br

Este estudo é parte do Trabalho de Formatura em desenvolvimento pelo autor e visa uma comparação dos minerais de minérios e de das zonas de alteração hidrotermal de sistemas epitermais “modernos” com os paleoproterozóicos.

As mineralizações *high-sulfidation* são típicas do Meso/Cenozóico e sua quase ausência em terrenos mais antigos pode ser atribuída a diferenças nos sistemas hidrotermais antigos, ou ao baixo potencial de preservação, por serem os sistemas epitermais formados na superfície ou muito próximo dela, o que faz com que as mineralizações possam ser rapidamente erodidas ou metamorfasadas com desenvolvimento da orogênese. A ocorrência de uma mineralização de Au *high-sulfidation* paleoproterozóica na Província Aurífera do Tapajós sugere que os sistemas epitermais antigos foram semelhantes aos modernos, mas a mineralogia desse sistema não foi ainda detalhada, o que poderá indicar diferenças nos sistemas hidrotermais em função de variações físico-químicas controladas pelo sistema magmático e atmosférico, já que pode haver mistura de fluidos magmáticos e meteóricos nessas mineralizações.

Existem duas mineralizações paleoproterozóicas conhecidas. Uma, localizada em Enåsen na Suécia (Hallberg, 1994), encontra-se metamorfasada na fácies granulito e sua gênese foi inferida devido a sua mineralogia aluminosa e ao ambiente tectônico. Devido a esses fatores esta ocorrência não será utilizada para comparação com ambientes modernos. A outra, que ocorre na Província Aurífera de Tapajós, não foi metamorfasada e está muito pouco deformada (Juliani *et al.*, 2005), constituindo-se na única bem preservada do mundo.

As comparações entre estes depósitos serão focadas nos seguintes pontos: ambiente tectônico, tipos de magmas, tipos de fluidos e isótopos estáveis, gênese das rochas vulcânicas e a mineralogia da alteração hidrotermal e do minério. Essas informações foram compiladas por Arribas (1995), que destaca 14 depósitos *high-sulfidation* e descreve suas principais características geológicas. Desses apenas um é mesozóico e os demais são cenozóicos.

As ocorrências meso/cenozóicas são formadas em ambientes de arcos magmáticos, podendo ser relacionados a margens continentais ou arcos de ilha. No Tapajós os dados geológicos e geoquímicos indicam que o magmatismo Uatumã ocorreu em um arco magmático continental (Tassinari & Macambira, 1999; Santos *et al.*, 2001; Juliani *et al.*, 2005), com vulcânicas e granitos de alto potássio, semelhantes aos que ocorrem no segmento Central da cadeia Andina. Entretanto, essa região distingue-se dos terrenos meso/cenozóicos por não apresentar, a despeito da baixa taxa de erosão indicada pela preservação da mineralização epitermal, uma geomorfologia de cordilheira.

Todos os depósitos selecionados por Arribas (1995) possuem filiação magmática cálcio-alcalina, representados por dacitos, andesitos, riolitos, quartzo monzonito e quartzo dioritos, assim como o depósito paleoproterozóico do Tapajós, que associa-se com rochas de filiação magmática cálcio-alcalina de alto potássio.

Análises de isótopos estáveis de hidrogênio, oxigênio e enxofre sugerem fluidos com predominância de água magmática, com pouca contribuição de água meteórica, em temperaturas variando de 90 a 480 °C e com salinidade entre < 1 a 45 wt equivalentes de NaCl. Porém este é um ambiente dinâmico, possuindo variação de salinidade e temperatura dentro de um mesmo depósito. Estes dados são comuns tanto aos depósitos meso/cenozóicos quanto ao depósito paleoproterozóico em questão, exceto



quanto às inclusões fluidas do último, que não puderam ser estudadas em função das suas dimensões muito pequenas.

A gênese das rochas vulcânicas hospedeiras das mineralizações é variada e ocorrem em diferentes tipos de vulcões. A ocorrência paleoproterozóica tem a gênese associada a vulcões anelares, já as outras associam-se a complexos dômicos, diatremas, estrato-vulcões, vulcões *central-vent* e, tal qual no Tapajós, também a margens de caldeiras.

O estudo mineralógico do depósito paleoproterozóico de Tapajós encontra-se, ainda, em estágio inicial, tendo sido descritos apenas os principais minerais do sistema. A composição mineralógica das zonas de alteração hidrotermal inclui alunita, natro-alunita, pirofilita, andalusita, quartzo, rutilo, diásporo, woodhouseita-svanbergita, caolinita, dickita, enargita-luzonita, covelita, bornita, calcopirita, galena, esfalerita, barita, pirita, ouro e prata. Esta mineralogia é semelhante à dos depósitos mais recentes, mas ainda não foram descritos outros sulfossais que comumente estão presentes nas mineralizações epitermais. Núcleos de sílica maciça e capas de sílica com hematita estão presentes tanto nos sistemas modernos quanto no paleoproterozóico. Andalusita não foi descrita em depósitos *high-sulfidation* não metamórficos terciários dos Estados Unidos, indicando que as temperaturas dos sistemas epitermais paleoproterozóicos podem ter sido um pouco mais elevadas que as típicas de depósitos epitermais modernos. Entretanto, andalusita tem sido encontrada em alguns depósitos do mesozóicos e proterozóico na Europa.

É importante destacar o excelente estado de preservação do sistema epitermal paleoproterozóico do Tapajós, formado há 1,869 Ga (datação Ar–Ar) e que sofreu exumação apenas em 51,3 Ma (datação Ar–Ar), como evidenciado pela presença de alunita supergênica. O único evento pós-mineralização registrado foi de cisalhamento, que pode estar relacionado com a orogenia Rio Negro (1,86–1,52 Ga) ou com a orogenia Rondônia–Juruena (1,76–1,47 Ga). Porém, não existe evidência de metamorfismo regional afetando a textura, composição química primária, composições isotópicas ou a idade Ar–Ar da alunita do depósito (Juliani *et al.*, 2005).

Assim, preliminarmente, parece não haver diferenças significativas nos sistemas hidrotermais epitermais antigos e modernos, sugerindo que a sua preservação ou não se deve apenas à evolução crustal, mas dados complementares da mineralogia do depósito podem fornecer outras indicações a esse respeito. Entretanto, a despeito da geoquímica, a ausência de uma geomorfologia de cadeias orogenéticas no Tapajós sugere que, apesar do magmatismo e do sistema hidrotermal semelhantes, no paleoproterozóico do Tapajós os processos tectônicos podem ter sido algo distinto daqueles observados em sistemas orogênicos meso/cenozóicos.

Uma possível razão para a preservação pelo intemperismo e erosão dessa mineralização *high-sulfidation* pode ter sido, segundo Juliani *et al.* (2003), o rápido soterramento por sedimentos fluviais e marinhos rasos em ambiente de bacia *pull-apart*. Outro ponto importante para esta preservação é a estabilidade tectônica da Província Aurífera do Tapajós depois do evento Parauari, por razões ainda não bem compreendidas.

Agradecimentos: INCT Geociências da Amazônia (CNPq/MCT/FAPESPA).

Referências Bibliográficas:

- Arribas, A. Jr. (1995). Characteristics of high-sulfidation epithermal deposits, and their relation to magmatic fluid. In: THOMPSON, J. F. H. (Ed). Magmas, fluids and ore deposits. Mineralogical Association of Canada Short Course, 23: 419–454.
- Hallberg, A. (1994). The Enåsen gold deposit, central Sweden. 1: a Palaeoproterozoic high-sulphidation epithermal gold mineralization. Mineralium Deposita, 29: 150–162.



II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METALOGENIA

II BRAZILIAN SYMPOSIUM ON METALLOGENY

7 a 10 de junho de 2009
Hotel Serra Azul - Gramado-RS

ÉPOCAS METALOGENÉTICAS BRASILEIRAS
CICLOS TECTÔNICOS E
MODELOS METALOGENÉTICOS

- Juliani, C.; Côrrea-Silva, R.H.; Monteiro, L.V.S.; Bettencourt, J.S.; Dall'Agnol, R. (2003). Epithermal and plutonic gold mineralizations related to Paleoproterozoic acid magmatism in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil. EGS-AGU-EUG Joint Assembly. Geophys. Res. Abstr. 5, 14239 (CD-ROM).
- Juliani, C.; Rye, R.O.; Nunes, C.M.D.; Snee, L.W.; Silva, R.H.C.; Monteiro, L.V.S.; Bettencourt, J.S.; Neumann, R.; Neto, A.A. (2005). Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajós gold province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age and stable-isotope constraints. In: Chemical Geology, 215: 95–125.
- Santos, J.O.S.; Hartmann L.A.; Gaudette, H.E.; Groves, D.L.; MacNaughton, N.J.; Fletcher, I.R. (2000). A new understanding of the provinces of Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. Gondwana Research, 3: 453–488.
- Tassinari, C.C.G.; Macambira, M.J.B. (1999). Geochronological provinces of the Amazon Craton. Episodes 22: 174–182.