



VI CONGRESSO de GEOQUÍMICA dos PAÍSES de LÍNGUA PORTUGUESA

XII SEMANA de GEOQUÍMICA

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FARO - Portugal

9 a 12 de ABRIL de 2001

ACTAS

COMPORTAMENTO DO OURO NO PERFIL LATERÍTICO DO GARIMPO PORQUINHO, PROVÍNCIA TAPAJÓS, AMAZÔNIA

J. H. Larizzatti¹ & S. M. B. de Oliveira²

¹CPRM-AM e pós-graduando do Instituto de Geociências da USP

²Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo - Rua do Lago, 562 CEP 05508-900, São Paulo, SP, soniaoli@usp.br

ABSTRACT

At Garimpo Porquinho, gold-bearing quartz veins containing sulphides occur in a narrow zone affected by hydrothermal alteration. The primary mineralization is covered by 1 m thick soil beneath which a saprolite zone extends at least 9 m down into the fresh rock. In the saprolite there is no lateral dispersion of gold. In the soil, lateral dispersion of gold occurs to at least 2m from the vein. The main pathfinder elements were Ag, Bi, As and Sb. Cu and Pb, present as sulphides, can also indicate the presence of gold. The study of gold particles in the profile showed that gold has been affected by weathering: particles are smaller with more rounded shapes and surfaces are pitted by dissolution. Grains of primary gold (20 % Ag) are commonly observed to exhibit silver-poor rims which may penetrate deep into the grain. The interface between the Ag-poor rims and the core is very sharp. Self-electrorefining of electrum grains is a likely process of forming such gold-rich rims.

RESUMO

No Garimpo Porquinho, veios de quartzo portadores de ouro e rico em sulfetos ocorrem numa estreita zona alterada hidrotermalmente. A mineralização primária é recoberta por um manto de alteração de uma dezena de metros de saprolito capeado por um solo de 1 m de espessura. No saprolito a dispersão lateral do ouro é praticamente inexistente. No solo, ela ocorre a uma distância de pelo menos 2 m do veio. Os elementos que acompanham o ouro e que, portanto, podem servir de seus farejadores, são Ag, Bi, As e Sb. Cu e Pb também indicam indiretamente a presença do ouro, pois é nos veios de quartzo com maior quantidade de sulfetos que se encontra mais Au. A alteração intempérica, embora incipiente, foi capaz de alterar o ouro: as partículas de ouro primário no saprolito adjacente aos veios diminuem de tamanho da base para o topo do perfil e apresentam sinais crescentes de alteração, tais como perda das arestas e pits de dissolução na superfície. Nas partículas de Au primário (20% Ag), é frequente a ocorrência de Au secundário muito puro formando bainhas na superfície do grão, ao redor de orifícios, e penetrando fundo em suas fraturas, sempre em contato brusco com o interior do grão. A formação dessas auréolas pode ser explicada por um processo eletroquímico de autorefinamento do ouro.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo fornecer os primeiros dados sobre o comportamento do ouro e dos elementos que o acompanham durante o intemperismo na Província Tapajós. A área estudada é o Garimpo Porquinho, que hoje apresenta pequena produção proveniente principalmente dos alúvios e secundariamente dos elúvios. Situa-se no município de Itaituba, Estado do Pará, às coordenadas 57°37'17" W e 5°10'31" S.

A rocha encaixante da mineralização, que só aflora bastante intemperizada, é um biotita granodiorito equigranular. Nas proximidades dos veios mineralizados, a encaixante apresenta feições de deformação rúptil e halos centimétricos de alteração hidrotermal (sericitização, cloritização, epidotização e silicificação). O filão principal, de altitude E-W/88N, possui em média 10 cm de espessura, havendo bolsões de até 30 cm. Veios secundários com espessura de 2-3 cm saem do veio principal e também se apresentam mineralizados. A uma distância de 10 m ao norte do filão principal há um poço onde se pode observar um veio de quartzo secundário com sulfetos parcialmente intemperizados. A altitude desse veio é N50E/90 e sua espessura média é de 10 cm, afinando para o topo. Na base do poço o veio apresenta espessura de 30 cm.

AMOSTRAGEM E TÉCNICAS ANALÍTICAS

A amostragem foi realizada numa frente de lavra do filão principal, onde um perfil de alteração intempérica de 10 m de altura encontra-se exposto. Esse perfil é constituído por 2 tipos de material: solo areno-argiloso de cor amarelada, sem estruturas visíveis (0-1m) e saprolito de granodiorito pouco intemperizado (1-10m). Foram amostrados seis horizontes, estando o primeiro (H0) fora da face exposta do perfil, em posição inferior à base deste. No perfil exposto,

os horizontes de amostragem foram H1 a 10 m, H2 a 7 m, H3 a 4 m, H4 a 3 m, e H5 a 1 m de profundidade.

A amostragem dos veios de quartzo foi realizada em H0, H1, H2, H3 e H4. Desses horizontes foi retirada uma amostra composta por fragmentos selecionados de quartzo que, a olho nu, apresentassem minerais metálicos e/ou oxi-hidróxidos de ferro. Três concentrados de bateia foram obtidos a partir de um volume de 20 litros do saprolito adjacente ao veio principal nos horizontes H1, H2 e H3. Boa parte dos grãos de ouro menores que 10 μm se perdeu durante o processo; houve perdas moderadas de grãos entre 10 e 20 μm . No laboratório, os concentrados formam peneirados em quatro frações: >250 μm , 250-150 μm , 150-63 μm , <63 μm . Cada fração passou pelo separador magnético e pelo iodeto de metileno, com a finalidade de concentrar os minerais pesados não magnéticos, entre os quais o ouro que, finalmente, foi separado por catação. As partículas de ouro tiveram sua morfologia estudada por MEV e sua composição química determinada por EDS e WDS.

RESULTADOS

Os concentrados de batéia contêm, além de ouro, mica, zircão, e alguns raros sulfetos inalterados (pirita e esfalerita). Estão também presentes minerais neoformados durante a alteração intempérica com a caulinita, goethita, hematita e hollandita. Bi e Ag são os elementos que acompanham mais estreitamente o ouro. Sb e As estão razoavelmente bem correlacionados com o ouro. Mo, Cu, Pb e Zn não apresentam correlação significativa com os teores de Au.

O comportamento do ouro é muito diferente no saprolito e no solo. No saprolito, os teores elevados de Au são encontrados apenas nas amostras coletadas junto aos veios. Devido à grande heterogeneidade na distribuição primária do ouro, pode acontecer de amostras de saprolito coletadas bem próximo ao veio não apresentarem teores elevados de ouro. Em H3, à distância de 1 m do veio, o sinal de Au decresce brutalmente para teores da ordem de uma dezena de ppb, que permanecem a distâncias de 2 e 3 m do veio. Esse padrão mostra que a dispersão lateral do ouro no saprolito é praticamente inexistente. No solo, ao contrário, há uma auréola de dispersão do ouro de pelo menos 2 m de raio. Os teores de ouro diminuem a partir do veio, mas ainda são bastante elevados a 1 m e a 2 m do veio.

O principal sulfeto presente nos veios de quartzo é a pirita. Calcopirita e galena aparecem de forma subordinada. Na base do perfil, os sulfetos encontram-se razoavelmente preservados; nas zonas mais intemperizadas os aglomerados de sulfetos dão lugar a um boxwork de oxi-hidróxidos de ferro. O ouro encontra-se principalmente livre no quartzo como inclusões, ou preenchendo fraturas; também ocorre como inclusão na pirita. Os grãos são xenomórficos e variam de menos de 1 μm até cerca de 500 μm . Os grãos maiores são, muitas vezes, formados por aglomerados de cristais idiomórficos de cerca de 5 μm de diâmetro cada um, soldados entre si. A análise qualitativa dos grãos de Au mostra sempre a presença de Ag. Os teores de Au em 5 amostras de veios de quartzo variam de 311 a 362 000 ppb. Os principais elementos que acompanham o ouro são Ag, As, Sb e Bi.

Nota-se uma diminuição no tamanho das partículas de Au à medida que se sobe no perfil de alteração. A forma mais comum das partículas é placóide ou dendrítica. Em H1, a forma original das partículas é conservada, embora já se encontrem arestas arredondadas. Em H2 a forma original é rara e, em H3, completamente ausente. Nesse horizonte a maior parte das partículas está bem arredondada. Na superfície dos grãos a rugosidade aumenta de H1 para H3, bem como a presença de pits de corrosão com diâmetros que variam de frações de μm até 2 a 3 μm . Essas cavidades, formadas pela dissolução do ouro, são abundantes já na superfície das partículas de H2 e aumentam de tamanho e freqüência em H3. Nas seções polidas das partículas de ouro pode-se observar a presença de ouro secundário associado ao ouro primário. O ouro secundário apresenta tons de cinza mais claros e maior refletividade que o ouro primário, o que se deve à maior pureza do primeiro. O ouro secundário ocorre freqüentemente nas porções mais periféricas dos grãos de ouro primário, podendo apresentar-se como fina bainha de espessura < 1 μm , geralmente descontínua, orlando as reentrâncias dos grãos. É também muito comum encontrar-se ouro secundário em torno de cavidades da partícula de ouro primário, sejam estas pits de dissolução (< 1 μm a 2 ou 3 μm) ou espaços maiores, deixados pela justaposição

imperfeita de cristais. Nesses casos, formam-se auréolas mais ou menos descontínuas, com largura de frações de 1 μm a 1 ou 2 μm . Outra forma de ocorrência de ouro secundário é ao longo de fraturas do grão de Au primário, em acumulações lineares de largura da ordem de 1 μm , podendo formar bolsões localizados de até 3 μm . Na maior parte das situações descritas, a transição entre os núcleos de Au primário e as bordas de Au secundário é brusca mesmo à escala micrométrica. Todas essas formas de ocorrência de Au secundário estão relacionadas seja às bordas dos grãos, seja às fraturas e cavidades, isto é, a porções dos grãos acessíveis às soluções de alteração. No entanto, também ocorre Au secundário como zonas irregulares, às vezes em forma de lóbulos, na partícula de Au primário, podendo ocupar um volume considerável desta. Da mesma forma que nas auréolas, o contato Au primário-Au secundário é brusco. Não foram observadas partículas compostas unicamente por Au secundário.

Foi pesquisada a presença de Ag, Cu, Fe, Pd e S no Au primário. Para o limite de detecção do WDS (aproximadamente 1000 ppm), o único elemento presente é Ag, em quantidade que varia de 19,1 a 31,6%, o que corresponde a uma pureza entre 671 e 803. A composição do Au secundário foi avaliada em partículas que apresentavam uma zona central de Au primário e bordas, auréolas ou bolsões de Au secundário. Os resultados situam-se entre 96,8% Au / 3,2 % Ag e 100 % Au / 0,0 % Ag.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O perfil de alteração presente no Porquinho corresponde ao tipo B 2 0 (perfil pré-existente parcialmente truncado, afetado por alteração moderada) definido por LECOMTE & ZEEGERS (1992) para regiões de floresta úmida. Nesses casos, a superfície topográfica atual intersecta um perfil laterítico pré-existente ao nível do horizonte saprolítico que permanece ainda bastante espesso. A diferenciação pedogenética resulta na formação de um horizonte de solo de espessura reduzida. Do ponto de vista prospectivo, não se pode esperar dispersão lateral importante; esta ocorre apenas no solo, mas os halos são raramente bem desenvolvidos, embora sejam geralmente de alto contraste.

Os elementos que acompanham o ouro e que, portanto, podem servir de seus farejadores, são Ag, Bi, As e Sb. Cu e Pb também indicam, ainda que indiretamente, a presença de Au, pois é nos veios de quartzo com maior quantidade de sulfetos que se encontra mais ouro. Dado o tipo de perfil intempérico, não ocorre dispersão do ouro no saprolito que, portanto, não se constitui em bom meio de amostragem para a prospecção geoquímica. No solo, no entanto, a dispersão ocorre, no mínimo até a distância de 2 m do veio. Para fins de prospecção, nesse meio de amostragem devem também ser dosados os elementos que acompanham o ouro: Ag, As, Cu, Pb, Se, Te, Bi.

O estudo das partículas de ouro no perfil mostrou que, embora incipiente, a alteração intempérica foi capaz de alterar o ouro. As partículas de Au primário no saprolito adjacente aos veios diminuem de tamanho da base para o topo do perfil e apresentam suas superfícies com sinais crescentes de alteração. Essas evidências do intemperismo do Au foram muito bem caracterizadas em perfis lateríticos mais evoluídos, tais como os descritos por COLIN & VIEILLARD (1991).

No Porquinho, é freqüente a ocorrência de Au secundário muito puro como bolsões e auréolas em torno dos grãos de Au primário, o qual contém aproximadamente 20% de Ag. Isso é muito comum em partículas de Au provenientes de perfis lateríticos (e.g. GRAY *et al.*, 1992). No entanto, partículas que contêm zonas de Au pobre em Ag em contato brusco com zonas ricas em Ag, além das auréolas pobres em Ag não são freqüentemente descritas na literatura. A única referência de um caso semelhante é o do ouro eluvionar no distrito de Gentio do Ouro, no estado da Bahia (GRIMM & FRIEDRICH, 1991).

A ausência de dispersão lateral de Au no saprolito sugere migração limitada das soluções complexantes do ouro e reprecipitação essencialmente *in situ*. As auréolas em torno de cavidades ou nas bordas dos grãos e os bolsões de Au secundário relacionados a fraturas que penetram fundo nos grãos de Au primário poderiam resultar de um processo eletroquímico, através do qual a Ag seria evacuada através das soluções que percolam o grão, seja

externamente, seja através de suas fraturas. Esse processo produz camadas de Au superpostas de forma irregular (GROEN *et al.*, 1990), resultando em texturas semelhantes às observadas.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi realizado graças ao financiamento da CPRM e da Fapesp (Proc.1999/01537-9).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COLIN, F. & VIEILLARD, P. (1991) - Behavior of gold in the lateritic equatorial environment: weathering and surface dispersion of residual gold particles, at Dondo Mobi, Gabon. *Applied Geochemistry*, 6: 279-290.
- GRAY, D.J.; BUTT, C.R.M. & LAWRENCE, L.M. (1992) - The geochemistry of gold in lateritic terrains. In C.R.M. BUTT & H. ZEEGERS (Ed.) *Handbook of Exploration Geochemistry* Amsterdam, Elsevier, 4: 461-482.
- GRIMM, B. & FRIEDRICH, G. (1991) - Gold-bearing soils from Central Bahia, Brazil. *Zentralblatt für Geologie und Palaontologie*, 1, H.5/6: 1193-1203.
- GROEN, J.C.; CRAIG, J.R. & RIMSTIDT, J.D. (1990) - Gold-rich rim formation on electrum grains in placers. *Canadian Mineralogist*, 28: 207-228.
- LECOMTE, P. & ZEEGERS, H. (1992) - Humid tropical terrains. In: C.R.M. BUTT & H. ZEEGERS, *Handbook of Exploration Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam, 4: 241-294.