



# GRANITOS CÁLCIO-ALCALINOS DE ALTO POTÁSSIO TARDI-COLISIONAIS MINERALIZADOS EM OURO E COBRE NA PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS: UM EXEMPLO DE DEPÓSITO DO TIPO PÓRFIRO PALEOPROTEROZÓICO

Carlos Mario ECHEVERRI MISAS<sup>1</sup>, Caetano JULIANI<sup>1</sup>.

1- Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências/INCT-Geociam (MCT/CNPq/FAPESP/PETROBRÁS) – [carlosma99@yahoo.com](mailto:carlosma99@yahoo.com), [cjuliani@usp.br](mailto:cjuliani@usp.br)

## Resumo

O depósito de Au-(Cu) do tipo pórfiro do Palito localiza-se na porção central do Cráton Amazônico, na Província Aurífera do Tapajós. o Granito Palito foi introduzido no contato entre Granito Rio Novo e o Granodiorito Fofquinha e apresenta um forte metassomatismo potássico e zonas com alterações propilítica e sericitica. A mineralização concentra-se dentro do Granito Palito se associa à alteração sericitica. Os corpos de minério são principalmente veios de quartzo e de sulfetos deformados em zonas de falhas pós-mineralização de direção predominante NW-SE. O ouro correlaciona-se positivamente com o cobre. A geoquímica de amostras do depósito e de unidades associadas indicam composição cálcio-alcálica de alto potássio e afinidade com granitóides de arco vulcânico de margem continental ativa, pós-colisionais a tardios do final do Paleoproterozóico, com evolução para ambiente de intra-placa, anorogênico. As características das alterações hidrotermais, dos minérios, das inclusões fluidas e dos isótopos estáveis indicam ser o depósito de Au-(Cu) uma mineralização do tipo pórfiro.

**Palavras-chave:** cráton Amazônico, pórfiros, ouro (cobre), cálcio-alcálico, arco vulcânico.

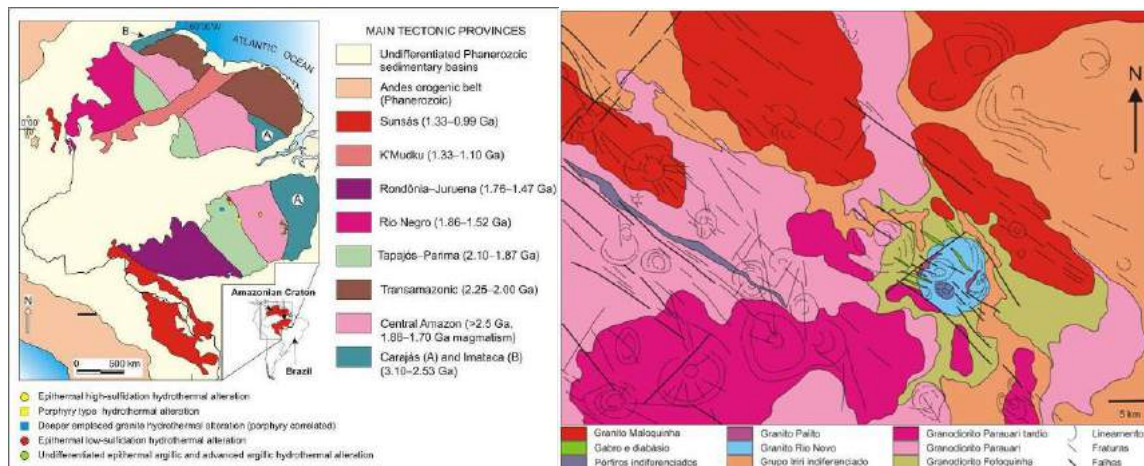
## Abstract

The Palito porphyry type gold-copper deposit is located in the central region of the Amazonian craton, in the Tapajós Gold Province (TGP). The Palito Granite was intruded in the contact between the Rio Novo Granite and Fofquinha Granodiorite, and shows intense potassic metasomatism and propylitic and sericitic hydrothermal alteration zones. The mineralization is related to the sericitic alteration and is concentrated in the Palito Granite. The ore bodies are mainly sulfide-bearing quartz veins deformed by post-mineralization faults trending predominantly NW-SE. Gold contents positively correlated with copper. Geochemical data of samples of this deposit and of associated units indicate high potassium calc-alkaline composition, with arc volcanic granite affinity of active continental margin and late to post-orogenic of the end of Paleoproterozoic. The later rocks show variations to anorogenic environment. The hydrothermal alteration, ore features, stable-isotopes and fluid inclusion analyses indicate that the gold-copper deposit represents a porphyry type mineralization.

**Keywords:** Amazonian craton, porphyries, Gold (copper), Calc-Alkaline, volcanic arc.

## 1. INTRODUÇÃO.

A mina de Au-(Cu) do Palito localiza-se na Província Aurífera do Tapajós (PAT), numa área dominada por rochas graníticas e vulcânicas intermediárias a félsicas do evento Uatumã. A PAT é formada por arcos magmáticos (**Fig. 1**) de orogenias continente-oceano paleoproterozóicas. As mineralizações de Au na província constituem *lodes* orogênicos mesotermiais em zonas de cisalhamento em granitóides, *intrusion-related* e veios epitermais em intrusivas básicas e hospedadas em metasedimentos e metavulcânicas básicas (Dreher *et al.*, 1998; Santos *et al.*, 2001). Também ocorrem mineralizações epitermais *high-* e *low-sulfidation* nas vulcânicas ácidas do Grupo Iriri (Juliani *et al.*, 2005) e do tipo pórfiro (Juliani *et al.*, 2002; Echeverri-Misas, 2010).



**Figura 1:** Principais províncias geocronológicas e tectônicas do Cráton Amazônico (Santos et al., 2000). **Figura 2:** Mapa geológico simplificado da área da mina do Palito (Echeverri-Misas, 2010).

## 2. GEOLOGIA

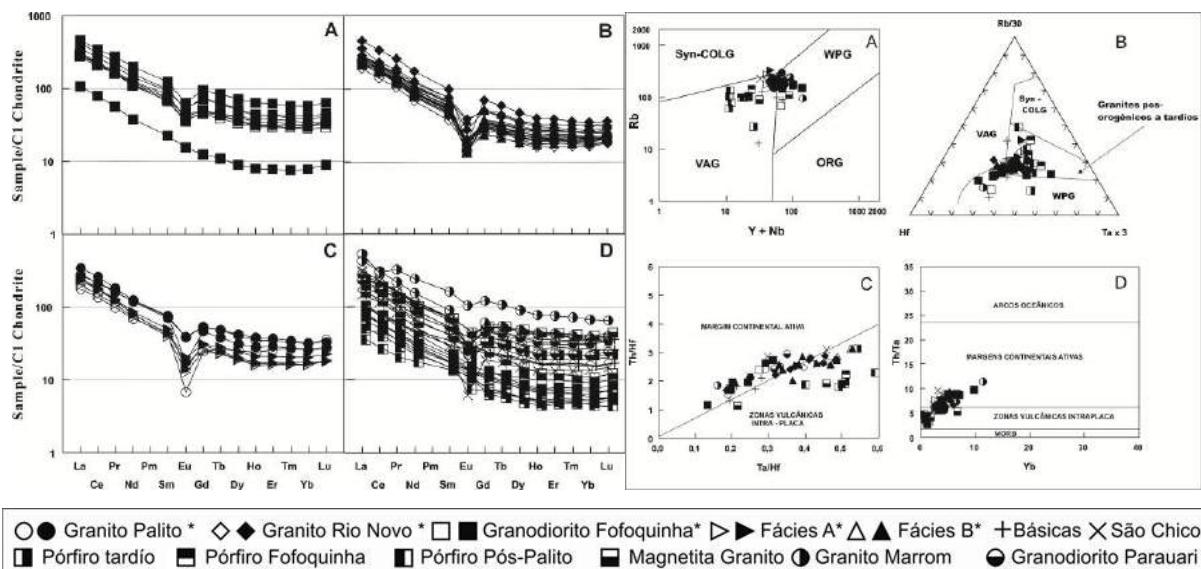
O Granito Palito é inequigranular fino e compõe um pequeno corpo que define uma estrutura circular, encaixado entre o Granodiorito Fofuquinha (porfírico) e o Granito Rio Novo (porfírico), todos estes corpos são cortados por diques básicos/intermediários e de pórfiros graníticos (**Fig. 2**). Duas fácies graníticas, uma associada ao Granito Palito, denominada Fácies A, e outra ao Granito Rio Novo, nomeada como Fácies B, foram adicionalmente identificadas. Também aflora na área os granodioritos porfíricos da Suite Parauari, diversos *stocks* de granitos da Suite Maloquinha, granitos porfíricos com magnetita e corpos menores de granito de cor marrom e de pórfiros. O depósito de Au-(Cu) do Palito apresenta alterações hidrotermais potássica, propilítica e sericítica, além da argílica restrita, semelhante às observadas em mineralizações do tipo pórfiro, como o de Cu-Mo de Chuquicamata (Alvarez & Flores, 1985) ou os de Au-Cu do Chile (Sillitoe, 1991). A alteração potássica afetou intensamente os granitos Palito e Rio Novo e menos intensamente o Granodiorito Fofuquinha. A alteração propilítica é pervasiva e fissural, nesse caso envelopando os corpos de minério. A alteração sericítica é associada espacial e temporalmente à mineralização de ouro e cobre, que é representada por veios de quartzo sulfetados e de sulfetos cataclásados e cisalhados, de direção predominante NW-SE.

## 3. LITOQUÍMICA

Nestes estudos as amostras “inalteradas” foram distinguidas das “rochas hidrotermalizadas”, que apresentam teores de ouro, com símbolos com asterisco. Foram também estudadas amostras de magnetita granito, do granodiorito Parauari, do granito marrom, dos pórfiros graníticos, de rochas básicas e de granitos do Garimpo São Chico. As análises químicas e mineralógicas do conjunto dos granitos indicam uma filiação ou tipologia cálcio-alcalina de alto potássio. As ETR mostram anomalias negativas de Eu e indicam um



aumento no fracionamento do Granodiorito Fofuquinha para o Granito Palito, o que reforça a interpretação de que o conjunto compõe uma série magmática única (**Fig. 3**). Esta série mostra um enriquecimento de elementos terras raras leves em relação às pesadas o que, juntamente com os padrões das anomalias de Eu, as distinguem dos granitos anorogênicos aluminosos do tipo A descritos por Dall' Agnol *et al.* (1994). As características de tipo A nas rochas dessa série é dada apenas pelos altos conteúdos de ferro, o que as classificaria como granitos ferrosos segundo Frost *et al.* (2001). Os demais litotipos dos arredores do depósito do Palito mostram anomalias fracas até ausentes nos pórfiros graníticos e nas rochas básicas, mas anomalias mais marcantes de Eu ocorrem no Granodiorito Parauari, Granito Marrom e São Chico (**Fig. 3**).



**Figura 3:** Padrões de ETR normalizados pelo condrito das rochas magmáticas da Mina Palito e arredores. **Figura 4:** Diagramas de Pearce *et al.* (1984) (A), Harris *et al.* (1986) (B), e Schandl & Gorton (2002) (C e D).

Os litotipos são geoquimicamente granitóides intra-placa sin-colisionais (**Fig. 4**), com as rochas menos evoluídas aparentando geração em arcos vulcânicos (Pearce *et al.*, 1984), o que seria compatível com um ambiente de margem continental ativa evoluindo para ambiente intra-placa. Os teores de Rb, Ta e Hf de Harris *et al.* (1986) e os diagramas de Schandl & Gorton (2002) indicam que as rochas das diferentes unidades foram formadas no final e após o evento colisional, com gradação para intra-placa, ou em arco vulcânico (**Fig. 4**). A geoquímica indica que as rochas são semelhantes àquelas de margens continentais do tipo Andino.

#### 4. CONCLUSÕES

O padrão estrutural da área, a associação Au-(Cu), e a sua relação espacial e temporal com halos de alteração sugerem o depósito do Palito tratar-se de uma



mineralização de filiação magmática-hidrotermal do tipo pórfiro, relacionada com a atividade hidrotermal desenvolvida durante as fases tardias da formação do plúton Palito e dos diques de pórfiro granítico nele intrusivos. O Granito Palito, junto com os seus corpos hospedeiros nomeados Granito Rio Novo e Granodiorito Fofquinha, fazem parte de uma série magmática única, formada em ambiente de arco vulcano-plutônico de margem continental ativa, com a subdução da placa oceânica proporcionando a geração do arco magmático no final do Paleoproterozóico. As assinaturas geoquímicas mostram para estes corpos uma filiação cálcio-alcálica de alto potássio, a qual é semelhante à observada em depósitos do tipo pórfiro, como os atualmente observados na cadeia dos Andes.

### Referências Bibliográficas

- ALVAREZ, O., FLORES, R., 1985. Alteración y mineralización hipógena em el yacimiento de Chuquicamata, Chile. Actas IV Congreso Geológico Chileno, v.2, pp. 3 78-3 100. Antofagasta.
- DALL'AGNOL, R., LAFON, J.M., MACAMBIRA, M.J.B., 1994. Proterozoic anorogenic magmatism in the Central Amazonian Province, Amazonian Craton: Geochronological, petrological and geochemical aspects. *Min. Petrol.* **50**, 113-138.
- DREHER, A.M., VLACH, S.R.F., MARTINI, E.S.L., 1998. Adularia associated with epithermal gold veins in the Tapajós mineral province, Pará state, northern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.* **28**, 397-404.
- ECHEVERRI-MISAS, C.M. 2010. *Evolução magmática, alteração hidrotermal e gênese da mineralização de ouro e cobre do Palito, Província Aurífera do Tapajós (PA)*. MSc., IGUSP.
- FROST, B.R., BARNES, C.G., COLLINS, W.J., ARCULUS, R.J., ELLIS, D.J., FROST, C.D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *J. Petrol.* **42**, 2033-2048.
- HARRIS, N.B.W.; PEARCE, J.A.; TINDLE, A.G., 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: Coward, M.P., Ries, A.C. (ed) Collision tectonics. Spec. Publ. Geol. Soc., 67-81.
- JULIANI, C., CORRÊA-SILVA, R.H., MONTEIRO, L.V.S., BETTENCOURT, J.S., NUNES, C.M.D., 2002. The Batalha Au-Granite system-Tapajós Province, Amazonian Craton, Brazil: Hydrothermal alteration and regional implication. *Prec. Res.*, 119: 225-256.
- JULIANI, C., RYE, O. R., NUNES, C.M.D, SNEE, L. W., CORRÊA-SILVA, R.H., MONTEIRO, L.V.S., BETTENCOURT, J.S., NEUMANN, R., ALCOVER, N.A., 2005. Paleoproterozoic high-sulfidation mineralization in the Tapajós Gold Province, Amazonian Craton, Brazil: geology, mineralogy, alunite argon age, and stable-isotope constraints. *Chem. Geol.* **215**, 95-125.
- PEARCE, J.A., HARRIS, N.B.W., TINDLE, A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Jour. Petrol.* **25**, 956-983.
- SANTOS, J.O.S., HARTMANN, L.A., GAUDETTE, H.E., GROVES, D.I., MACNAUGHTON, N., FLETCHER, I.R., 2000. A new understanding of the Provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gond. Res.* **3**, 453-488.
- SANTOS, J.O.S., GROVES, D.I., HARTMANN, L.A., MOURA, M.A., McNAUGHTON, N.J., 2001. Gold deposits of the Tapajós and Alta Floresta Domains, Tapajós-Parima orogenic belt, Amazon Craton, Brazil. *Min. Dep.* **36**, 278-299.
- SCHANDL, E.S., GORTON, M.P., 2002. Application of high field strength elements to discriminate tectonic settings in VMS environments. *Econ. Geol.* **97**, 629-642.
- SILLITOE, R., 1991. Gold metallogeny of Chile-an introduction. *Econ. Geol.* **86**, 1187-1205.