



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

---

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GEOLOGIA E METALOGÊNESE DO DEPÓSITO AURÍFERO  
DO PALITO, PROVÍNCIA DO TAPAJÓS, ITAITUBA-PA).**

---

Dissertação apresentada por:  
**RODRIGO DE MELO COSTA**

**BELÉM  
2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)  
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

---

Costa, Rodrigo de Melo

C837g Geologia e metalogênese do depósito aurífero do Palito,  
Província Tapajós, Itaituba - Pa. / Rodrigo de Melo Costa. – 2008  
xvi, 117 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) –  
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto  
de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

Orientador, Márcio Dias Santos.

1. Ouro. 2. Depósito Palito. 3. Granitóides. 4. Cisalhamento. 5.  
Província Tapajós. 6. Itaituba (PA). I.Universidade Federal do Pará  
II. Santos, Márcio Dias, Orient. III. Título.

CDD 20º ed.: 553.41098115

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**GEOLOGIA E METALOGÊNESE DO DEPÓSITO AURÍFERO DO  
PALITO, PROVÍNCIA DO TAPAJÓS, ITAITUBA-PA.**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR


**RODRIGO DE MELO COSTA**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em  
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação: **17/07/2008**

**Comitê de Dissertação:**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. MÁRCIO DIAS SANTOS (Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. RAIMUNDO NETUNO NOBRE VILLAS

  
\_\_\_\_\_  
Dr. EVANDRO LUIZ KLEIN

Belém

## Resumo

O depósito aurífero do Palito está localizado na região do rio Jamanxim, município de Itaituba, e faz parte da Província Aurífera do Tapajós, SW do Estado do Pará. O depósito compreende um sistema de filões subverticais de quartzo auríferos hospedados nos granitos paleoproterozóicos Palito e Rio Novo e controlados estruturalmente por uma zona de cisalhamento de direção NW-SE. O Granito Palito é intrusivo no Granito Rio Novo e o principal hospedeiro da mineralização. Esses granitos são dois *stocks* oxidados cálcio-alcálicos, correlacionáveis às suítes Creporizão (Rio Novo) e Tropas (Palito), caracterizadas como granitos de arco magmático.

A zona de cisalhamento é do tipo rúptil-dúctil transcorrente sinistral de alto ângulo e faz parte de uma estrutura regional denominada lineamento Tocantinzinho. Os filões maiores, de espessura métrica, são hospedados pela zona de cisalhamento principal de direção NW-SE, enquanto que os filões menores, de espessura centimétrica, são inclinados, tanto de baixo ângulo (em torno de E-W), como de médio a alto ângulo (direção NE-SW), em relação à direção principal do cisalhamento. Tal situação estrutural é compatível com o sistema de Riedel, com filões paralelos à direção principal de cisalhamento (D), filões de baixo ângulo (R e P), de médio ângulo (*gash*) e de alto ângulo (R', X). Conjunto de filões do tipo *stockwork* também ocorre localmente. Os veios mineralizados estão sempre envolvidos por um halo de alteração hidrotermal bem desenvolvido, proporcional à dimensão dos veios e comumente brechado. Alteração filica (quartzo + fengita + pirita) e cloritização (chamosita) são os tipos dominantes, acompanhados por alteração potássica (K-feldspato + biotita), carbonatização (calcita + siderita) e sulfetação (pirita + calcopirita + esfalerita) de ocorrência mais restrita.

O minério aurífero, hospedado nos veios de quartzo, ocorre sempre associado com sulfetos de ferro e cobre (principalmente pirita e calcopirita), além de esfalerita. Pirrotita, bismutinita, bismuto nativo e ouro ocorrem mais restritamente. Três gerações de pirita, duas gerações de calcopirita e uma geração de esfalerita foram reconhecidas. A pirita<sub>1</sub> é substituída pela calcopirita<sub>1</sub> a qual é substituída pela pirita<sub>2</sub>, enquanto que a cristalização de esfalerita é controlada pela temperatura e pela razão Cu/Zn do sistema, ou seja, a esfalerita substitui a calcopirita<sub>1</sub> em condições de baixa temperatura e baixa razão Cu/Zn e, em condições de maior temperatura e razão Cu/Zn mais alta, a calcopirita<sub>1</sub> substitui a esfalerita. O ouro está sempre associado a, ou incluso em, calcopirita, bismutinita e bismuto nativo. Gerações venulares tardias de sulfetos são representadas pela pirita<sub>3</sub> e

calcopirita<sup>2</sup>. Os principais minerais da ganga, associados com o minério, são quartzo, clorita e fengita, além de quantidades subordinadas de carbonato, fluorita, rutilo, zircão e ilmenita.

O estudo das inclusões fluidas revelou três tipos de fluidos: 1) H<sub>2</sub>O-NaCl de baixa salinidade (até 2,0 % peso eq. NaCl) interpretado como água meteórica; 2) H<sub>2</sub>O-NaCl-FeCl<sub>2</sub> de alta salinidade (45 a 50 % peso eq. NaCl) interpretado como salmoura magmática; e 3) fluido aquocarbônico (H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl) de baixa salinidade (1,0 a 1,7 % peso eq. NaCl) provavelmente de origem magmática. As condições de temperatura e pressão de formação do depósito do Palito foram estabelecidas pelo geotermômetro da clorita e isócoras calculadas a partir dos dados microtermométricos. As condições T-P calculadas para o aprisionamento das salmouras situam-se entre 335° e 405°C e 2 e 4,7 Kb. As salmouras magmáticas foram interpretadas como o principal fluido genuinamente mineralizante, ou seja, o enxofre, o cloro e os metais (principalmente Au e Cu) são de origem magmática, concentrados na fase residual do magma granítico que gerou o granito Palito. As salmouras magmáticas transportaram os metais em alta temperatura (acima de 400°C) na forma de complexos clorados. A mistura do fluido mineralizante com fluidos de baixas temperatura e salinidade, provavelmente água meteórica, e a interação fluido-rocha provocaram aumento do pH e abaixamento da fugacidade de enxofre, via reações de hidrólise e sulfetação, respectivamente, as quais causaram a deposição do minério abaixo de 400°C em sítios de transtensão da zona de cisalhamento.

As características geológicas, da alteração hidrotermal e do fluido mineralizante do depósito Palito são compatíveis com um modelo genético relacionado a intrusão e estruturalmente controlado. O estilo filoneano, as rochas graníticas hospedeiras da mineralização, a alteração hidrotermal (sericitização e cloritização com potassificação restrita), a associação metálica Au-Cu-Zn(Pb-Bi) e o fluido mineralizante (H<sub>2</sub>O-NaCl-FeCl<sub>2</sub>) são compatíveis com uma relação genética da mineralização com o granito Palito (*intrusion related gold deposits*). O granito forneceu os fluidos, os metais e calor para movimentar o sistema hidrotermal, enquanto que o cisalhamento forneceu as armadilhas estruturais para a deposição do minério.

Palavras-chave: Província Tapajós. Ouro. Depósito Palito. Granitóides. Cisalhamento

## ABSTRACT

The Palito Gold Deposit lies in the Jamanxim river region, easternmost part of the Tapajós Gold Province, southern Pará State. The Palito deposit comprises a mineralized quartz vein system hosted by Palito and Rio Novo Paleoproterozoic granites and is controlled by a NW-SE brittle-ductile strike-slip shear zone which belongs to a regional structure so called Tocantinzinho Lineament. The Palito Granite crosscuts the Rio Novo Granite and is the main host rock for the gold mineralization. The Rio Novo and Palito granites are two oxidized calc-alkaline monzogranitic stocks correlated respectively to Creporizão and Tropas Suites, characterized as magmatic arc granites.

The thicker lodes, of metric width, are hosted by the NW-SE main fractures, whereas thinner veins, of centimetric width, associated with the thicker lodes, make both low angle (around E-W direction) and middle to high angle (NE-SW direction) in relation to the main shear direction. Such a structural situation is compatible to the Riedel system, with parallel lodes (D), low-angle veins (R and P), middle-angle veins (gash) and high-angle veins (R' and X). Stockwork veinlets also occur as a minor ore type. The veins are always involved by a well developed, normally brecciated, hydrothermal alteration halo. Phyllic alteration (quartz + phengite + pyrite) and chloritization (chamosite) are the two main hydrothermal alteration types which are followed by potassic alteration (K-feldspar + biotite), carbonatization (calcite + siderite + sericite) and subordinated sulfidation (pyrite + chalcopyrite + sphalerite).

The gold ore, hosted by quartz veins, is always associated to iron and copper sulfides (chiefly pyrite and chalcopyrite), besides sphalerite. Pyrrhotite, bismuthinite, native bismuth and gold are minor metallic phases. Three generations of pyrite, two generation of chalcopyrite and one generation of sphalerite were recognized. Substitution of chalcopyrite<sub>1</sub> for pyrite<sub>1</sub> and pyrite<sub>2</sub> for chalcopyrite<sub>1</sub> are widespread, whereas sphalerite crystallization is controlled by temperature and Cu/Zn ratio of the system, that is, substitution of sphalerite for chalcopyrite<sub>1</sub> occurs when temperature and Cu/Zn ratio are low and, vice versa, substitution of chalcopyrite<sub>1</sub> for sphalerite occurs in higher temperature and Cu/Zn ratio conditions. The gold is always associated or included in chalcopyrite, bismuthinite and native bismuth. Late sulfide generations are represented by veinlets of pyrite<sub>3</sub> and chalcopyrite<sub>2</sub>. The main gangue minerals associated to gold ore are quartz, phengite and chlorite, besides minor carbonate, fluorite, rutile, zircon and ilmenite

Three kinds of fluids were recognized in the fluid inclusion study: 1) low salinity H<sub>2</sub>O-NaCl (up to 2,0 wt.% NaCl equiv.), interpreted as meteoric water; 2) high salinity H<sub>2</sub>O-NaCl-FeCl<sub>2</sub>-MgCl<sub>2</sub> (45-50 wt.% NaCl equiv.) interpreted as magmatic brines, 3) low salinity H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-NaCl (1,0-1,7 wt.% NaCl equiv.), probably of magmatic origin.

The temperature and pressure conditions for the Palito gold deposit formation were estimated by combination of hydrothermal chlorite geothermometry and isochores calculated from the fluid inclusion microthermometric data. P-T values for trapping of the brines range from 340 to 405°C and 2 to 4,7 kb. The magmatic brines were interpreted as the main mineralized fluid, that is, sulphur, chlorine and metals (chiefly Au and Cu) were originated and concentrated from the residual phase of the granitic magma which gave rise the Palito Granite. The brines transported the metals as chloride complexes at high temperature (over 400°C). Fluid-rock interaction and mixing between mineralized fluid and low-T and low salinity fluids (probably meteoric water) promote a raising of pH and lowering of fS<sub>2</sub> through hydrolysis and sulfidation reactions which have triggered ore deposition at lower temperature conditions (below 400°C) in transtension sites of the shear zone.

The geological and hydrothermal alteration features and the mineralizing fluid characteristics are consistent to a structurally controlled intrusion related gold deposit model for the genesis of the Palito deposit. The host granitic rocks of the gold deposit, the vein style, the hydrothermal alteration (sericitization and chloritization with minor potassic alteration), the Au-Cu-Zn (Pb-Bi) metallic association and the mineralizing fluid (H<sub>2</sub>O-NaCl-FeCl<sub>2</sub>-MgCl<sub>2</sub>) are consistent to a genetic relationship between the Palito Granite and the gold deposit. The granite supplied fluids, metals and heat to move the hydrothermal system, whereas the shear zone provided the structural traps for the ore deposition.

Key words: Tapajós Province. Gold. Palito deposit. Granitoids. Shear zone.