



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 493**

**ESTUDO ISOTÓPICO DE ROCHAS E MINÉRIO DO DEPÓSITO  
CUPRO-AURÍFERO DO SOSSEGO (CARAJÁS-PA)**

**Dissertação apresentada por:**

**CLAUDIA DANIELE DE LIMA DA SILVA**

**Orientador: Prof. Dr. Moacir José Buenano Macambira (UFPA)**

---

**BELÉM  
2017**

---

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFGA

Silva, Claudia Daniele de Lima da, 1988 - Estudo isotópico de rochas e minério do depósito cupro-aurífero do Sossego (Carajás-PA) / Claudia Daniele de Lima da Silva. – 2017.

xi, 61 f. : il. ; 30 cm Inclui

bibliografias

Orientador: Moacir Buenano Macambira

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2017.

1. Isótopos. 2. Jazidas – Pará, Sudeste. 3. Geocronologia I. Título.

---

**CDD 22. ed. 541.388**



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

**ESTUDO ISOTÓPICO NAS ROCHAS E MINÉRIO DO  
DEPÓSITO CUPRO-AURÍFERO DO SOSSEGO (CARAJÁS-PA)**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**

**CLAUDIA DANIELE DE LIMA DA SILVA**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

**Data de Aprovação: 07 / 03 / 2017**

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Moacir José Buenano Macambira  
(Orientador - UFPA)

---

Prof.ª Lena Virgínia Soares Monteiro  
(Membro - USP)

---

Prof. Raimundo Netuno Nobre Villas  
(Membro - UFPA)

*À Deus e á minha família, pelo  
carinho, compreensão e apoio  
durante esses anos.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, autor da minha fé, pelas oportunidades, pelo cuidado e pela infinita misericórdia;

À minha família, especialmente minha mãe, meus avós, minha irmã e meus tios Pedro Luiz e Izabel Silva pelo amor inatingível e por existirem em minha vida. Vocês são minha inspiração e exemplos a serem seguidos. Obrigada pelo incentivo e apoio que sempre dedicaram a mim;

À Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências (IG), em especial, ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), pela infraestrutura disponibilizada;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e ao projeto FAPESPA/VALE S.A. de Geociências da Universidade Federal do Pará pelo suporte financeiro;

À empresa de mineração VALE, em particular ao Engenheiro Florestal Tércio Koehler e ao Analista Ambiental Luciano Alves, pelo apoio logístico e concessão de material interno que viabilizaram o trabalho;

Ao Prof Moacir José Buenano Macambira, pela orientação do trabalho, pela oportunidade que me foi dada, por ter acreditado e abraçado esse estudo, pelas excelentes correções, questionamentos e aprendizados. Obrigada por tudo.

Ao Prof. Joel Macambira e a Msc em química Natasha Coral pela doação de material e amostras da Mina do Sossego;

Ao Prof Ronaldo Lemos pela disponibilidade em ensinar e me ajudar nas descrições petrográficas;

Ao geólogo Marcelo Vasquez e a CPRM, por disponibilizar o uso da catodoluminescência;

À equipe de técnicos do Pará-Iso, Elma, Jeferson, Igor e Monalisa, e ao Prof Marco Toro pelo apoio com as análises geocronológicas;

Aos professores e amigos Vânia Maria e José Augusto por serem exemplos de geólogos que amam, acreditam e se dedicam a profissão, pelos anos de aprendizado e pelas palavras certas nos momentos em que mais precisei.

A todos meus amigos, em especial Roberta Costa, Luiz Cristo, Karen Carmona, Walmir Lima, Flávio Semblano, Fernando Fernandez, Natasha Coral, Rafael Estumano, Rubia Favacho e Suzana Pinheiro. Que foram de fundamental importância durante esses dois anos. Cada um a sua maneira, com seu jeito, me ajudaram, incentivaram e apoiaram em todos os momentos. Muito Obrigada!

## RESUMO

O depósito de Cu-Au Sossego está localizado na Província Mineral de Carajás (PMC), estado do Pará. Encontra-se em uma zona de cisalhamento de direção WNW-ESE, que marca o contato da Bacia Carajás com seu embasamento. Nessa zona ocorrem outros depósitos cupro-auríferos com características similares de origem hidrotermal, que compõem o Cinturão Sul do Cobre. Eles têm sido enquadrados na classe IOCG (*Iron Oxide-Copper-Gold*), embora muitas dúvidas ainda existam quanto a sua gênese, principalmente no que diz respeito à idade da mineralização e das suas rochas hospedeiras. No caso do depósito Sossego, as rochas hospedeiras estão representadas principalmente pelo Granito Sequeirinho (GSQ), Milonito rico em biotita (MB), Gabrodiorito (GD) e Diabásio (DB), todas variavelmente alteradas. Os corpos de minério são representados por veios e zonas de *stockwork*, que localmente formam corpos brechoides com matriz de sulfetos. O estudo minerográfico no depósito permitiu identificar calcopirita, magnetita e pirita, e quantidades subordinadas de siegenita, millerita e rutilo. A idade obtida pelo método U-Pb por LA-ICP-MS em cristais de zircão do GSQ ( $2989 \pm 11$  Ma) foi interpretada como datando o magmatismo mais antigo registrado na PMC. Análises Pb-Pb em rocha total em GD e DB, e em lixiviados do Corpo Sequeirinho indicaram amostras altamente radiogênicas que, em função do relativamente baixo erro analítico, produziram retas com altos MSWD e desvios sobre as “idades”, o que foi interpretado como resultado de uma abertura do sistema isotópico, já que os valores são intermediários entre a idade admitida para as rochas hospedeiras e a das intrusões proterozoicas do depósito, que devem ter afetado os sistemas geoquímicos. A idade obtida a partir dos lixiviados de calcopirita do Corpo Sequeirinho ( $2666 \pm 580$  Ma), apesar do grande desvio, permitiu relacionar a mineralização ao magmatismo neoarqueano e à inversão da Bacia Carajás. Os eventos que ocorreram nesse período (2,74 e 2,68 Ga) teriam facilitado a percolação de fluidos hidrotermais responsáveis pela precipitação do minério de cobre. As retas com os menores desvios correspondem a lixiviados de calcopirita do Corpo Sossego que indicaram idades de  $1887 \pm 70$  e  $1884 \pm 210$  Ma, interpretadas como datando o mais jovem evento de formação da mineralização IOCG, associado à intensa granitogênese paleoproterozoica do tipo-A, representada pela Suíte Intrusiva Serra dos Carajás (1,88 Ga) da PMC.

Palavras-chave: U-Pb em zircão. Pb-Pb em sulfetos. Depósito de Cu-Au Sossego. Cinturão Sul do Cobre. Província Carajás.

## ABSTRACT

The Cu-Au Sossego deposit is located in the Carajás Mineral Province (PMC), state of Pará, northern Brazil. It is found in a WNW-ESE shear zone, which marks the boundary between the Carajás Basin and its basement. In that area, others cupro-auriferous deposits with similar characteristics occur, which constitute the South Belt Copper. They are considered to have a hydrothermal origin and included in the IOCG class (Iron Oxide-Copper-Gold), although many doubts still exist as those concerning their genesis, particularly with respect to the age of mineralization and of their host rocks. The Sossego deposit host rocks are mainly represented by Sequeirinho Granite (GSQ), Biotite-rich mylonite (MB), Gabbrodiorite (GD), and diabase (DB), all variably hydrothermalized. The orebodies are in form of veins and stockwork, and locally, are in form of breccia bodies with sulphide matrix. In the ore from the Sossego deposit it was identified chalcopyrite, magnetite and pyrite, as well as subordinated amounts of siegenite, millerite and rutile. Zircon age obtained by the U-Pb LA-ICP-MS method of GSQ ( $2989 \pm 11$  Ma) is interpreted as dating the oldest magmatism event recorded in PMC. Pb-Pb analyses in GD and DB whole rock, and leaching from Sequeirinho orebody indicated highly radiogenic samples which, due to the relatively low analytical error, produced straights with high MSWD and deviations on the "ages", interpreted as a result of the opening of the isotopic system, since the values are intermediate between the admitted ages for the host rocks and the Proterozoic intrusions of the deposit, which must have affected the geochemical systems. The age obtained from the leaching of Sequeirinho chalcopyrite ( $2666 \pm 580$  Ma), in spite of the large error, allowed relate the mineralization to the Neoproterozoic magmatism and the Carajás Basin inverting. The events that occurred during this period (2.74 and 2.68 Ga) would have facilitated the percolation of hydrothermal fluids responsible for the copper ore. The straights with minor deviations correspond to the leaching from Sossego orebody chalcopyrite, that indicated ages of  $1887 \pm 70$  and  $1884 \pm 210$  Ma, interpreted as dating the youngest event of IOCG mineralization related to the A-type Paleoproterozoic magmatism, represented by the Serra of Carajás Intrusive Suite (1.88 Ga) of the PMC.

Keywords: U-Pb zircon. Pb-Pb sulfides. Cu-Au Sossego deposit. Southern Copper Belt. Carajás Province.