



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 432

**ESTUDOS ISOTÓPICOS E DE INCLUSÕES FLUIDAS NO
DEPÓSITO CENTRAL DO CAMPO MINERALIZADO DO
CUIÚ-CUIÚ, PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS, ESTADO
DO PARÁ**

Dissertação apresentada por:

ANA CLAUDIA SODRÉ ARAÚJO

Orientador: Prof. Evandro Luiz Klein (CPRM/UFPA)

**BELÉM
2014**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Araújo, Ana Claudia Sodré, 1986-
Estudos isotópicos e de inclusões fluidas no
depósito central do campo mineralizado do
Cuiú-Cuiú, província aurífera do Tapajós,
estado do Pará / Ana Claudia Sodré Araújo. -
2013.

Orientador: Evandro Luiz Klein.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
do Pará, Instituto de Geociências, Programa de
Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém,
2013.

1. Ouro - Minas e mineração - Tapajós, Região
(PA). 2. Isótopos estáveis. 3. Inclusões
fluidas. I. Título.

CDD 22. ed. 553.41098115



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

**ESTUDOS ISOTÓPICOS E DE INCLUSÕES FLUIDAS NO
DEPÓSITO CENTRAL DO CAMPO MINERALIZADO DO CUIÚ-
CUIÚ, PROVÍNCIA AURÍFERA DO TAPAJÓS, ESTADO DO
PARÁ**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
ANA CLAUDIA SODRÉ ARAÚJO

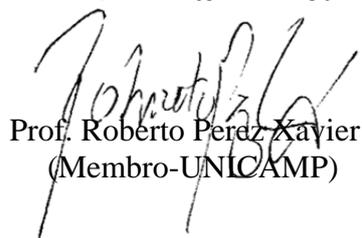
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.**

Data de Aprovação: 09 / 01 / 2014

Banca Examinadora:


Prof. Evandro Luiz Klein
(Orientador-CPRM/UFGA)


Prof. Régis Munhoz Krás Borges
(Membro-UFGA)


Prof. Roberto Peres Xavier
(Membro-UNICAMP)

AGRADECIMENTOS

A autora agradece a CAPES e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos no primeiro e segundo ano, respectivamente. Além disso, agradece ao CNPq pela concessão de apoio financeiro ao orientador da dissertação (processo 475614/2010-0 – Projeto Metalogênese do Campo Mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Estado do Pará). Um agradecimento também ao apoio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geociências da Amazônia (INCT/GEOCIAM) que contribui para maiores conhecimentos no instituto.

Meu agradecimento especial a minha mãe, pai e familiares pelo apoio emocional e moral em momentos difíceis. Aos amigos, Amanda Rocha, Rose Assunção e Eduardo Albuquerque que muitas vezes esclareceram dúvidas e também pelo apoio moral, aos professores da pós-graduação e ao PPGG em geral pela disponibilidade dos meios para obtenção de conhecimentos e dados para conclusão do trabalho. E, por fim, e não menos importante meu muito obrigado para meu grande orientador Evandro Klein pela perseverança, paciência, dedicação e atenção concedida ao longo de toda elaboração desta tese de mestrado.

RESUMO

Central é um depósito aurífero do campo mineralizado do Cuiú-Cuiú, Província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. A zona mineralizada está hospedada em falha e compreende 800m de comprimento na direção NW-SE, seguindo o *trend* regional da província Tapajós, com largura entre 50 e 70m e profundidade vertical de pelo menos 450m. A mineralização está hospedada em monzogranito datado em 1984 ± 3 Ma e atribuído à Suíte Intrusiva Parauari. Os recursos auríferos preliminarmente definidos são de 18,6t de ouro. A alteração hidrotermal é predominantemente fissural. Sericitização, cloritização, silicificação, carbonatação e sulfetação foram os tipos de alteração identificados. Pirita é o sulfeto principal e os demais sulfetos (calcopirita, esfalerita e galena) estão em fraturas ou nas bordas da pirita. O ouro preenche fraturas da pirita e análises semi-quantitativas detectaram Ag associada ao ouro. Foram identificados três tipos de inclusões fluidas hospedados em veios e vênulas de quartzo. O tipo 1 é o menos abundante e consiste em inclusões fluidas compostas por uma ($\text{CO}_{2\text{vapor}}$) ou duas fases ($\text{CO}_{2\text{liq}}\text{-CO}_{2\text{vapor}}$), o tipo 2 tem abundância intermediária e é formado por inclusões fluidas compostas por duas ($\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}}\text{-CO}_{2\text{liq}}$) ou três fases ($\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}}\text{-CO}_{2\text{liq}}\text{-CO}_{2\text{vapor}}$) e o tipo 3 é o mais abundante e consiste em inclusões fluidas compostas por duas fases ($\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}}\text{-H}_2\text{O}_{\text{vapor}}$). O CO_2 representa o volátil nas inclusões com CO_2 e essas (tipo 1 e 2) foram geradas pelo processo de separação de fases oriundo de um fluido aquo-carbônico. A densidade global (0,33 - 0,80 g/cm^3) e a salinidade (11,15 - 2,42 % em peso equivalente de NaCl) desse fluido são baixas a moderadas e a temperatura de homogeneização mostra um máximo em 340°C. Quanto ao tipo 3, o NaCl é o principal sal, a densidade global está no intervalo de 0,65 a 1,11 g/cm^3 , a salinidade compreendida entre 1,16 e 13,3 % em peso equivalente de NaCl e a temperatura de homogeneização é bimodal, com picos em 120-140°C e 180°C. A composição isotópica das inclusões fluidas presentes no quartzo e do quartzo, calcita e clorita mostram valores de $\delta^{18}\text{O}$ e δD de +7,8 a +13,6 ‰ e -15 a -35 ‰, respectivamente. Os valores de $\delta^{34}\text{S}$ na pirita são de +0,5 a +4,0 ‰ e $\delta^{13}\text{C}$ na calcita e CO_2 de inclusões fluidas de -18 a -3,7 ‰. Os valores de $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ e de $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ no quartzo e inclusões fluidas, respectivamente, plotam no campo das águas metamórficas, com um desvio em direção à linha da água meteórica. Considerando a inexistência de evento metamórfico na região do Tapajós à época da mineralização, o sistema hidrotermal responsável pela mineralização no Central, inicialmente, deu-se a partir de fluidos aquo-carbônicos magmático-hidrotermais, exsolvidos por magma félsico relacionado com a fase mais tardia de evolução da Suíte Intrusiva Parauari. As inclusões aquo-carbônicas e carbônicas formaram-se nessa etapa, predominantemente em torno de 340°C. A contínua exsolução de fluido pelo magma levou ao empobrecimento em

CO₂ nas fases mais tardias e, com o resfriamento do fluido, as inclusões aquosas passaram a predominar. A partir daí o sistema pode ter interagido com água meteórica, responsável pelo aprisionamento da maior parte das inclusões aquosas de mais baixa temperatura. É possível que parte das inclusões aquosas (as de maior temperatura) represente a mistura local dos fluidos de origens distintas. Essas observações e interpretações permitem classificar Central como um depósito de ouro magmático-hidrotermal relacionado à fase final da formação da Suíte Intrusiva Parauari.

PALAVRAS-CHAVE: Tapajós; ouro; sistema magmático-hidrotermal; Suíte Intrusiva Parauari; isótopos estáveis, inclusões fluidas.

ABSTRACT

Central is a gold deposit of the Cuiú-Cuiú goldfield, located in the Tapajós Gold Province, Amazonian Craton. The deposit is hosted in a NW-SE-trending structure and the mineralized zone is followed by 800 m along the strike and 450 m along the dip, and is 50-70 m thick. The ore bodies are hosted in a monzogranite dated at 1984 ± 3 Ma and ascribed to the Parauari Intrusive Suite. Resources are estimated in 18.6 t Au. The hydrothermal alteration is predominantly of the fissure-filling type and sericitization, chloritization, silicification, carbonatization and sulfidation are the main alteration types. Pyrite is the predominant sulfide mineral, whereas chalcopyrite, sphalerite and galena are subordinated phases occurring in fractures and rims of pyrite. Gold particles occur in fractures of pyrite and contain subordinate amounts of silver. Three types of fluid inclusions are hosted in quartz veins and veinlets. Type 1 is the least abundant and is composed of one- ($\text{CO}_{2\text{vapor}}$) and two-phases ($\text{CO}_{2\text{liq}}\text{-CO}_{2\text{vapor}}$) inclusions; Type 2 comprises two- ($\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}}\text{-CO}_{2\text{liq}}$) and three-phases ($\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}}\text{-CO}_{2\text{liq}}\text{-CO}_{2\text{vapor}}$) inclusions; Type 3 is the most abundant type and consists of two-phases ($\text{H}_2\text{O}_{\text{liq}}\text{-H}_2\text{O}_{\text{vapor}}$) inclusions. CO_2 is the volatile phase in CO_2 -bearing inclusions (types 1 and 2) and these inclusions were produced by phase separation of an aqueous-carbonic fluid. The density of this fluid is low to moderate ($0,33 - 0,80 \text{ g/cm}^3$), as is the salinity (11.15 - 2.42 wt.% NaCl equiv.). The homogenization temperatures show a peak at 340°C . Type 3 inclusions have NaCl as the main salt component, the global density varies from 0.65 to 1.11 g/cm^3 , and the salinity ranges from 1.16 to 13.3 wt.% NaCl equiv. The homogenization temperature shows bimodal distribution, with peaks at $120\text{-}140^\circ\text{C}$ and 180°C . Fluid inclusion and mineral (quartz, chlorite, calcite) isotopic compositions show $\delta^{18}\text{O}$ and δD values of $+7.8$ to $+13.6 \text{ ‰}$ and -15 a -35 ‰ , respectively. Pyrite shows $\delta^{34}\text{S}$ values of $+0.5$ to $+4.0 \text{ ‰}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values ranging from -18 to -3.7 ‰ were obtained in calcite and CO_2 inclusion fluids. The fluid $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ and $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ values plot in the field of metamorphic waters with a weak shift towards the meteoric water line. However, considering the absence of known metamorphic event at the time of mineralization at Central, the fluids are interpreted as belonging to a magmatic-hydrothermal system. Accordingly, the aqueous-carbonic fluids were exsolved from felsic magmas related to the latest phases of evolution of the Parauari Intrusive Suite and the carbonic and aqueous-carbonic fluid inclusions were trapped in this phase, predominantly at 340°C . The continuous exsolution lead to progressive decrease in the CO_2 contents of the magmas and to increasing predominance of aqueous fluids. At this time, the fluids might have interacted with meteoric waters and most of the low-temperature aqueous inclusions were trapped. It is possible that part of the aqueous fluid inclusions (those with the highest trapping temperatures) represent

local mixing of the different fluid sources. These observations allow to interpret Central as a magmatic-hydrothermal gold deposit related to the final stages of evolution of the Parauari Intrusive Suite.

KEYWORDS: Tapajós; gold; magmatic-hydrothermal system; Parauari Intrusive Suite; stable isotopes, fluid inclusions.