



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

---

**TESE DE DOUTORADO Nº183**

**QUARTZO E CASSITERITA COMO MARCADORES DA  
EVOLUÇÃO MAGMÁTICO-HIDROTERMAL DOS  
GRANITOS MOCAMBO E VELHO GUILHERME,  
PROVÍNCIA CARAJÁS**

**Tese apresentada por:**

**RUBEM SANTA BRÍGIDA BARROS NETO**  
**ORIENTADOR: Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão (UFPA)**

---

**BELÉM- PARÁ**  
**2024**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B277q Barros Neto, Rubem Santa Brígida.  
Quartzo e cassiterita como marcadores da evolução magmático-  
hidrotermal dos Granitos Mocambo e Velho Guilherme, Província  
Carajás / Rubem Santa Brígida Barros Neto. — 2024.  
xi, 103 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de  
Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica,  
Belém, 2024.

1. Geoquímica 2. Laser ablation. 3. Quartzo. 4. Alteração  
hidrotermal. 5. Provincia Carajás. I. Título.

CDD 551.908115

---



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

**QUARTZO E CASSITERITA COMO MARCADORES DA  
EVOLUÇÃO MAGMÁTICO-HIDROTHERMAL DOS  
GRANITOS MOCAMBO E VELHO GUILHERME,  
PROVÍNCIA CARAJÁS**

Tese apresentada por

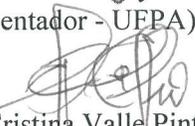
**RUBEM SANTA BRÍGIDA BARROS NETO**

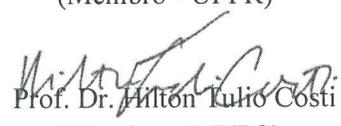
Como requisito parcial à obtenção de Grau de Doutor em Ciências na Área de  
GEOQUÍMICA e Linha de Pesquisa EVOLUÇÃO CRUSTAL E METALOGÊNESE.

Data de Aprovação: 16 / 12 / 2024

Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão  
(Orientador - UFPA)

  
Prof.ª Dr.ª Cristina Valle Pinto Coelho  
(Membro - UFPR)

  
Prof. Dr. Hilton Tullio Costi  
(Membro - MPEG)

  
Prof. Dr. Valdecir de Assis Janasi  
(Membro - USP)

  
Prof. Dr. José de Arimatéia C. de Almeida  
(Membro - UFPA)

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências, ao Programa de Pós-Graduação de Geologia e Geoquímica e ao Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides pela estrutura oferecida;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. Diante disso, agradeço à CAPES pela concessão de bolsa de estudo;

Ao meu orientador, Professor Dr. Claudio Nery Lamarão pelos ensinamentos, orientação e paciência durante toda a realização do trabalho;

À minha família, em especial a minha mãe, Inéa Noronha Barros, que sempre me apoiou e incentivou nos estudos.

Aos técnicos Vinícius Martins (USP) e Gisele Marques (UFPA), pelo apoio na obtenção dos dados de *laser ablation*, além das técnicas Ana Paula, pelas análises de MEV-CL, e Joelma pela confecção de lâminas.

A todos os amigos que compartilhei momentos de descontração, amizade, força e apoio.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho;

Ao acaso e a todo o indeterminismo de eventos da vida que me permitiram chegar até aqui.

## RESUMO

Cristais de quartzo do Granito Mocambo e Velho Guilherme e de cassiterita do Granito Mocambo presentes em rochas greisenizadas e veios hidrotermais pertencentes à Suíte Intrusiva Velho Guilherme, região do Xingu, Cráton Amazônico, foram analisados por microscopia eletrônica de varredura - catodoluminescência (MEV-CL) e por espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente por ablação a laser (LA-ICP-MS). As análises morfológicas e texturais obtidas através de imagens de CL permitiram identificar tipos similares e definir um padrão de evolução para o quartzo presente nas rochas de ambos os plutons. O tipo magmático (Qz1), presente nas rochas menos evoluídas e pouco alteradas, passando pelos Qz2 e Qz3, comuns nas rochas medianamente alteradas, até os tipos Qz4 e Q5, dominantes nas rochas mais evoluídas e hidrotermalizadas, incluindo as greisenizadas e os veios de quartzo associados, ambos marcadores da mineralização de cassiterita, wolframita e sulfetos presentes nessa suíte. As análises químicas mostraram que todos os quartzos do Granito Mocambo, detentor de um importante depósito secundário de cassiterita, são mais enriquecidos e apresentam maior variabilidade nos elementos analisados. Os quartzos magmáticos são mais enriquecidos em Ti e apresentam teores variados de Al, K, P, Na e Fe. Os conteúdos mais elevados de Al, K e Li identificados nos quartzos hidrotermais os diferenciam dos quartzos magmáticos. Por sua vez, cristais de cassiteritas mostram texturas variadas em imagens de catodoluminescência, como zoneamentos concêntricos/oscilatórios e setoriais, assim como bandamentos formados por faixas mais e menos luminescentes. Zonas escuras homogêneas são comuns e cristais relíquias, presentes geralmente em veios de quartzo associado com wolframita, são menos luminescentes. Os principais elementos traços encontrados nas cassiteritas são representados por Ti, Fe, Nb, Ta, W, Zr, Al e Hf, similar aos de mineralizações estaníferas presentes em veios de quartzo e greisens de depósitos de diferentes ambientes geológicos. No entanto, o padrão formado pelo “spidergrama” normalizado é único, apresentando picos positivos de Sc, Ti, Nb, Sb, Ta e W e negativos de V, Mn e Fe.

**Palavras chave:** geoquímica, quartzo, cassiterita, alteração hidrotermal, Província Carajás;

## ABSTRACT

Quartz crystals from the Mocambo and Velho Guilherme Granite and cassiterite from the Mocambo Granite present in greisenized rocks and hydrothermal veins belonging to the Velho Guilherme Intrusive Suite, Xingu region, Amazonian Craton, were analyzed by scanning electron microscopy - cathodoluminescence (SEM-LC) and by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS). Morphological and textural analyses obtained through CL images allowed the identification of similar types and the definition of an evolution pattern for the quartz present in the rocks of both plutons. The magmatic type (Qz1), present in the least evolved and little altered rocks, passing through Qz2 and Qz3, common in moderately altered rocks, up to types Qz4 and Q5, dominant in the most evolved and hydrothermalized rocks, including the greisenized ones and the associated quartz veins, both markers of the mineralization of cassiterite, wolframite and sulfides present in this suite. Chemical analyses show that all quartz from the Mocambo Granite, which contains an important secondary cassiterite deposit, are more enriched and present greater variability in the elements analyzed. Magmatic quartz is more enriched in Ti and present varying levels of Al, K, P, Na and Fe. The higher contents of Al, K and Li identified in hydrothermal quartz differentiate them from magmatic quartz. In turn, cassiterite crystals show varied textures in cathodoluminescence images, such as concentric/oscillatory and sectoral zoning, as well as banding formed by more and less luminescent bands. Homogeneous dark zones are common and relict crystals, usually present in quartz veins associated with wolframite, are less luminescent. The main trace elements found in cassiterites are represented by Ti, Fe, Nb, Ta, W, Zr, Al and Hf, similar to those of tin mineralizations present in quartz and greisens veins of deposits from different geological environments. However, the pattern formed by the normalized “spidergram” is unique, presenting positive peaks of Sc, Ti, Nb, Sb, Ta and W and negative peaks of V, Mn and Fe.

**Keywords:** geochemistry, quartz, cassiterite, hydrothermal alteration, Carajás Province.