



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 500**

**QUÍMICA MINERAL E PARÂMETROS DE CRISTALIZAÇÃO  
DO GRANITO TIPO A PALEOPROTEROZOICO BANNACH,  
PROVÍNCIA CARAJÁS, PARÁ**

**Dissertação apresentada por:**

**CAIO JOSÉ SOARES MESQUISTA**

**Orientador: Prof. Dr. Roberto Dall'Agnol (UFPA)**

---

**BELÉM  
2017**

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

---

Mesquita, Caio José Soares, 1990-

Química mineral e parâmetros de cristalização do Granito tipo A Paleoproterozoico Bannach, Província Carajás, Pará / Caio José Soares Mesquita. – 2017.

xiv, 136 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Roberto Dall'Agnol

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

1. Química mineralógica – Bannach (PA). 2. Petrologia - Bannach (PA). 3. Rochas ígneas - Bannach (PA). 4. Geologia estratigráfica – Proterozoico. I. Título.

CDD 22. ed. 549.13098115

---



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

**QUÍMICA MINERAL E PARÂMETROS DE CRISTALIZAÇÃO  
DO GRANITO TIPO A PALEOPROTEROZOICO BANNACH,  
PROVÍNCIA CARAJÁS, PARÁ**


**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR  
CAIO JOSÉ SOARES MESQUITA**


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

**Data de Aprovação: 30/05/2017**

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Dr. Roberto Dall'Agnol  
(Orientador-UFPA)

  
Prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira  
(Membro-UNICAMP)

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

*Aos meus pais Edilmar Mesquita e Mônica Coeli;*

*Às minhas irmãs Lia e Iara Mesquita;*

*E à minha companheira de vida Rafaela Oya.*

## AGRADECIMENTOS

- Registro meus agradecimentos primeiramente a Deus e aos espíritos de luz que certamente me acompanharam nesta caminhada. Proporcionando-me serenidade, discernimento e paz nas horas difíceis;
- Aos meus familiares, em especial aos meus pais e irmãs que sempre estiveram na torcida durante toda esta etapa;
- À minha companheira a qual sempre me deu força durante a confecção deste trabalho;
- À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Geociências, e em especial ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, pela infraestrutura disponibilizada;
- Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudo;
- Ao INCT/Geociam (Processo N°573733/2008-2) por todo suporte financeiro;
- Ao professor Roberto Dall’Agnol pela brilhante orientação, regada de muita paciência dedicação e confiança em meu trabalho;
- Aos membros da banca Hilton Costi e Elson Paiva pelas críticas e sugestões em meu trabalho;
- Às minhas colegas de sala, as doutorandas Mayara e Ingrid que durante esses dois anos foram parceiras de conversas geológicas;
- À professora e amiga Gilmara Lima que mesmo distante continua me auxiliando em assuntos científicos;
- Ao Professor Davis Carvalho, que durante a disciplina Petrologia de Granitoides, na etapa de campo e em bate papos descontraídos me auxiliou com discussões sobre o tema de minha dissertação;
- Ao Professor José de Arimatéia, por seu auxílio fundamental durante a etapa de campo e posteriormente na revisão do artigo incorporado neste trabalho;
- A todos os professores que tive oportunidade de conhecer e receber informações valiosas durante as disciplinas cursadas;
- Ao professor Cláudio Lamarão coordenador do Laboratório de Microanálises, pelos trabalhos realizados neste. Bem como as técnicas Ana Paula Correa e Gisele Marques pelo suporte durante as sessões em MEV e microsonda eletrônica;
- À Joelma, técnica do laboratório de laminação, pela agilidade na confecção das lâminas utilizadas nessa pesquisa;
- Aos colegas do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides GPPG pela parceria, seja em festas ou em discussões sobre granitos.

*“Se você não aceita o conselho, te respeito  
Resolveu seguir, ir atrás, cara e coragem  
Só que você sai em desvantagem se você não tem fé  
Se você não tem fé.”*

**O Rappa**

## RESUMO

O Granito paleoproterozoico tipo A Bannach pertence a Suíte Jamon, intrusiva nas unidades arqueanas do Domínio Rio Maria, sul da Província Carajás, Sudeste do Cráton Amazônico. Compreende oito fácies com conteúdo de máficos e granulação variados. Os anfibólios dominantes são ferro-hornblenda nas fácies menos evoluídas e ferroedenita ou hastingsita nas mais evoluídas e suas razões  $Fe/(Fe+Mg)$  variam de 0,53 a 0,81. Nas fácies mais ricas em máficos ocorrem cummingtonita e grunerita, oriundas da desestabilização de clinopiroxênio, com razão  $Fe/(Fe+Mg)$  em torno de 0,50. A biotita é ferrosa e apresenta na maioria das fácies razões  $Fe/(Fe+Mg)$  entre 0,62 e 0,80, porém na fácies leucomonzogranito médio tardio exibe razões entre 0,89 e 0,91 e sua composição se aproxima da annita. O plagioclásio apresenta zoneamento normal com núcleos de andesina sódica ou oligoclásio cálcico e bordas de oligoclásio sódico nas fácies mais ricas em máficos e composição de oligoclásio cálcico a sódico com bordas albíticas nas fácies mais félsicas. A titanita possui razões  $Fe/Al$  compatíveis com aquelas de rochas magmáticas plutônicas com quartzo. Magnetita e ilmenita estão presentes nas diferentes fácies. A ilmenita se apresenta nas variedades texturais em treliça, em manchas (*patches*), composta e individual, enquanto que a magnetita ocorre intercrescida com lamelas de ilmenita em treliça, associada à ilmenita composta ou em cristais homogêneos. Não há contrastes composicionais expressivos entre as variedades texturais de ilmenita, mas se constatou enriquecimento em MnO nas ilmenitas das fácies mais félsicas. A magnetita é sempre pobre em Ti, sendo que os cristais homogêneos associam-se com anfibólio ferromagnésiano e são praticamente desprovidos de Ti. Estimativas de temperaturas obtidas com o geotermômetro do zircão, interpretadas como próximas ao *liquidus*, variam entre 943 e 795 °C, ao passo que aquelas próximas do *solidus*, deduzidas a partir do geotermômetro de anfibólio e plagioclásio, variam de 807 a 732 °C, decrescendo em ambos os casos das fácies mais ricas em máficos para as mais félsicas. A pressão de colocação, estimada com o geobarômetro de Al em anfibólio, foi de  $300 \pm 100$  MPa (11,1 $\pm$ 1,9 km). As razões  $Fe/(Fe+Mg)$  de anfibólio e a presença de magnetita e titanita magmáticas sugerem cristalização sob condições moderadamente oxidantes, porém, as composições de biotita apontam para condições um pouco mais redutoras às do magma Jamon e às dos granitos anorogênicos da série magnetita de Laurentia. Com base nisso, foi inferido que a cristalização das fácies dominantes no corpo Bannach se deu em condições de fugacidade de oxigênio correspondentes às de NNO a NNO -0,5. A fácies fácies leucomonzogranito médio tardio é exceção, pois exibe razões  $Fe/(Fe+Mg)$  em biotita muito elevadas e similares às dos granitos

reduzidos da Província Carajás, bem como às dos granitos da série ilmenita de Laurentia e Fennoscandia. Isto reforça a hipótese de sua geração em pulso magmático tardio, a partir de líquido derivado de fonte mais reduzida do que a das demais fácies do Granito Bannach.

Palavras-chave: Química mineral, Parâmetros de cristalização, Granito tipo A, Bannach, Paleoproterozoico, Província Carajás.



## ABSTRACT

The A-type Paleoproterozoic Bannach granite belongs to the Jamon Suíte and cross-cut the Archean units of the Rio Maria Domain in the Carajás Province of the Amazon Craton. It comprises eight facies with varied mafic content and texture. The dominant amphibole is Fe-hornblende in the more mafic facies and Fe-edenite or hastingsite in the more felsic ones with Fe/(Fe+Mg) ratios of 0.53 to 0.81. In the facies with higher mafic content, it also occurs cummingtonite or grunerite originated from the destabilization of clinopyroxene, with Fe/(Fe+Mg) ratio around 0.50. The biotite is ferroan with Fe/(Fe+Mg) ratio varying between 0.62 and 0.80 except in the late-emplaced medium-grained leucomonzogranites, where it varies from 0.89 to 0.91 and approaches annite in composition. The plagioclase shows normal zoning with sodic andesine or calcic oligoclase cores varying to sodic oligoclase in the more mafic facies and calcic or sodic oligoclase cores and albite borders in the more felsic varieties. The titanite displays Fe/Al ratios similar to those of plutonic magmatic rocks with quartz. Magnetite and ilmenite are significant accessory minerals in all facies. Trellis, composite, individual and patch textural varieties of ilmenite were identified, whereas magnetite occurs in intergrowths with trellis ilmenite, associated with composite ilmenite and in homogeneous crystals associated with cummingtonite-grunerite. There is no significant contrast in composition in the textural varieties of ilmenite, however the ilmenites found in the more felsic granites are enriched in MnO compared to the less evolved ones. The magnetite is always poor in TiO<sub>2</sub> and almost Ti-free in the homogeneous crystals. The near *liquidus* temperatures obtained from the zircon geothermometer vary between 943°C and 795°C, whereas the near *solidus* temperatures indicated by the amphibole-plagioclase geothermometer are of 807°C to 732 °C, decreasing in both cases from the more mafic to the more felsic granites. The Al-in geobarometer indicated pressures of 300±100 MPa (~11.1±1.9 km) for the emplacement of the Bannach pluton. The Fe/(Fe+Mg) ratios of amphibole and the occurrence of magmatic magnetite and titanite indicate that most granite facies crystallized at moderately oxidizing conditions, however, the biotite compositions indicate for conditions a little more reductive to those of the Jamon magma and the anorogenic granites of the series magnetite of Laurentia. Based on this, it was inferred that the crystallization of the dominant facies in the Bannach Granite occurred under conditions of oxygen fugacity corresponding to those of NNO to NNO -0.5. The late-emplaced medium-grained leucomonzogranites facies is an exception because it displays extremely high Fe/(Fe+Mg) ratios in biotite and approaches the reduced granites of Carajás Province and the ilmenite series granites of Laurentia and

Fennoscandia in this regard. This indicates that it crystallized from a magma derived from a more reduced source compared to that of the dominant facies of the Bannach pluton.

Keywords: Mineral chemistry, Crystallization parameters, A-type granite, Bannach, Paleoproterozoic, Carajás Province.