



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

**DISSERTAÇÃO Nº 635**

**GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Pb-Hf DO  
MAGMATISMO MESO- NEOARQUEANO DA BORDA  
NORTE DO BLOCO AMAPÁ, SUDESTE DO ESCUDO DAS  
GUIANAS**

**Dissertação apresentada por:**

**RENATO CANTÃO GONÇALVES**

**Orientador: Prof. Dr. Jean Michel Lafon (UFPA)**

---

**BELÉM - PARÁ  
2023**

**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)**

---

G635g Gonçalves, Renato Cantão.

Geoquímica e geocronologia U-Pb-Hf do magmatismo Meso-neoarqueano da Borda Norte do Bloco Amapá, Sudeste do Escudo das Guianas / Renato Cantão Gonçalves. — 2021.  
xviii, 148 f.: il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Jean Michel Lafon

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2021.

1. Transição arqueano-paleoproterozoico. 2. Magmatismo arqueano. 3. Geoquímica elementar. 4. Geocronologia U-Pb-Hf em zircão. 5. Sudeste do Escudo das Guianas. I. Título.

CDD 551.701

---



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

**GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Pb-Hf DO MAGMATISMO  
MESO-NEOARQUEANO DA BORDA NORTE DO BLOCO AMAPÁ,  
SUDESTE DO ESCUDO DAS GUIANAS**

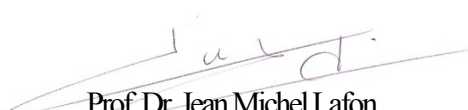
**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**


**RENATO CANTÃO GONÇALVES**


Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA, linha de pesquisa Geocronologia e Geoquímica Isotópica

Data de Aprovação:

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Dr. Jean Michel Lafon  
Orientador – UFPA

  
Prof. Dr. Elton Luiz Dantas  
Membro - UnB

  
Prof. Dr. Moacir José Buenano Macambira  
Membro - UFPA

Dedico,  
*À minha família:*  
*Maria Francisca, minha vó*  
*Paulo e Rosa, meus pais*  
*Róbson, Eduardo e Patrícia, meus irmãos*  
*Lucilene Gonçalves, minha tia*

## AGRADECIMENTOS

Registro meus sinceros e profundos agradecimentos às pessoas e entidades que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse concluído com êxito, em especial:

- À Universidade Federal do Pará (UFPA) por meio do Instituto de Geociências (IG) e ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), pelo fornecimento de infraestrutura necessária à realização deste trabalho.

- O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

- Ao Projeto Universal CNPq (Processo 423625/2018-7), e ao Projeto de cooperação internacional SAXI (Projeto AMIRA P1061A), ambos coordenados por Jean Michel Lafon, pelo financiamento das atividades.

- Ao prof. Jean Michel Lafon, por sua orientação, paciência e motivação ao longo deste trabalho.

- Ao Laboratório de Laminação da Faculdade de Geologia (FAGEO) do IG/UFPA e aos técnicos Joelma de Jesus Lobo e Bruno Fernandes Veras pela confecção das seções delgadas e seções polidas com zircões (*mounts*), essenciais para o desenvolvimento deste trabalho;

- Aos Laboratórios de Microanálises do IG/UFPA e da CPRM, à Geóloga Msc. Gisele Tavares Marques, técnica Ana Paula, Marcelo Vásquez e Jenny Ortega pela obtenção das imagens de elétrons retro espalhados e catodoluminescência por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), de fundamental importância para a realização deste trabalho.

- Ao Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA (Pará-Iso) e todos os professores e técnicos envolvidos pela infraestrutura e suporte instrumental disponibilizado para realização das análises isotópicas.

- Aos professores Jean Michel Lafon, Cândido Augusto Veloso Moura, Marco Antônio Galarza Toro, Cláudio Nery Lamarão e Moacir José Buenano Macambira pelo aporte teórico repassado nas disciplinas de suma importância a este trabalho. Extendo esses agradecimentos ao Professor Dr. João Marinho Milhomem Neto pela imensa ajuda e troca de informações referentes a este trabalho.

- Ao Msc. Desaix Paulo Balieiro Silva (CPRM/Belém) por ter concedido os shapes dos mapas inerentes a estes tudo.

- À família Silva Duarte por todo carinho, respeito e por todo suporte estrutural, motivacional e serem um exemplo de perseverança.

- Aos queridos amigos mestrandos e doutorandos, Jenny Ortega, Dominique Ferreira, Marcos Medeiros, Mozaniel Santos, Hugo Paiva, Fernanda Ferreira, Jhoseph Costa, Elaine Menezes, Murilo Henrique, Ariel Negri, Betina Bozi, Bruna Nogueira, Fábio Pereira, Allan Lima e Renan Fernandes pelo companheirismo, críticas e sugestões, além de me proporcionarem um agradável ambiente de trabalho.

- A Sr<sup>a</sup> Maria Francisca (minha vó), Sr<sup>a</sup> Rosa Cantão (minha mãe), Sr. Paulo Gonçalves (meu pai), Sr<sup>a</sup> Lucilene Gonçalves (minha tia), por serem essas pessoas magníficas e me apoiarem em todos os momentos da minha vida.

- Aos meus irmãos, Róbson, Eduardo e Patrícia por todo carinho, apoio, amizade e tornarem tudo mais fácil.

*“Eu não falhei. Apenas descobri  
10 “mil maneiras que não funcionam.”.*  
Thomas Edison

## RESUMO

A porção sudeste do Escudo das Guianas (SEG), na região norte do Cráton Amazônico, é definida como uma ampla faixa móvel paleoproterozoica acrescida a um bloco arqueano fortemente retrabalhado durante o Ciclo Transamazônico (2,26 - 2,05 Ga). Esse bloco arqueano na porção central do estado do Amapá, denominado de Bloco Amapá, é constituído de uma associação granulito-gnaisse-migmatito meso-neoarqueana (~2,85 Ga e ~2,70-2,60 Ga) e por granitoides e sequências metavulcanossedimentares riacianas. O Bloco Amapá é delimitado a sul e norte pelos domínios riacianos Carecuru e Lourenço com relíquias crustais arqueanas. O Domínio Lourenço é formado por granitoides, gnaisses e sequências metavulcanossedimentares riacianas formadas em ambiente de arcos magmáticos (2,20-2,12 Ga), magmatismo sincisional a tardi orogênico (~2,11-2,07 Ga) e metamorfismo granulítico (~2,06-2,04 Ga). No limite entre Bloco Amapá e Domínio Lourenço ocorrem unidades mesoarqueanas (Gnaisse Porfírio - 3,19 Ga e Complexo Tumucumaque - 2,85 Ga) e neoarqueanas (Complexo Guianense - ~2,65 Ga e Metagranitoide Pedra do Meio - 2,59 Ga). Nas adjacências do vilarejo Vila Bom Jesus, (município de Tartarugalzinho – AP), na transição entre domínios arqueano e riaciano ortognaisses e metagranitoides foram datados pelo método U-Pb em zircão por espectrometria de massa e *laser ablation* (LA-ICP-MS) de modo a investigar a extensão cartográfica do Gnaisse Porfírio e Metagranitoide Pedra do Meio. Adicionalmente foram utilizados dados petrográficos, análises geoquímicas em rocha total e geoquímica isotópica Lu-Hf em zircão por LA-ICP-MS, junto com dados anteriores de ortognaisses e granitoides da porção norte do Bloco Amapá, com o intuito de investigar o contexto geodinâmico de formação desses granitoides e os episódios de geração e retrabalhamento da crosta continental durante o Arqueano nesta porção do SEG. A datação U-Pb de um Biotita ortognaisse granodiorítico forneceu uma idade de cristalização  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $2846 \pm 36$  Ma (MSWD = 1,3) para o precursor magmático do ortognaisse indica um episódio magmático mesoarqueano. Três amostras de ortognaisse e metagranitoides forneceram idades de cristalização  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $2654 \pm 12$  Ma (MSWD = 1,4),  $2618 \pm 31$  Ma (MSWD = 1,15) e  $2618 \pm 22$  Ma (MSWD = 0,71) respectivamente, indicando um episódio magmático neoarqueano prolongado. A datação U-Pb de um biotita ortognaisse granodiorítico com idade de cristalização  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $2096 \pm 24$  Ma (MSWD = 0,75), indica a presença de rochas paleoproterozoicas imbricadas nas unidades arqueanas do setor investigado. Esses resultados levam a reconsiderar a configuração das unidades arqueanas da borda norte do Bloco Amapá. O Gnaisse Porfírio e o Complexo Tumucumaque devem constituir apenas enclaves ou xenólitos do embasamento mesoarqueano em ortognaisses



granitoides neoarqueanos. O Metagranitoide Pedra do Meio represente plútons charnockíticos intrusivos no Complexo Guianense que é a unidade dominante no setor investigado. Os dados geoquímicos mostraram que todas as amostras mesoarqueanas da porção norte do Bloco Amapá têm assinatura de biotita granitos de derivação crustal. O magmatismo neoarqueano também é dominado por biotita granitos de derivação crustal, porém inclui também granitoides com afinidade para sanukitoides e para TTG de alta pressão, além de granitos híbridos. As assinaturas geoquímicas de biotita granitos, os valores subcondríticos de  $\epsilon_{\text{Hf}(t)}$  ( $-11,3 < \epsilon_{\text{Hf}(t)} < -0,4$ ) com idades modelo Hf- $T_{\text{DM}}$  ages entre 3,9 e 3,2 Ga, e a presença de zircões herdados na maioria das amostras neoarqueanas, com idades mesoarqueanas (3,0, 2,89, 2,84 Ga) e do Neoarqueano (2,77, 2,74, 2,72 Ga), indicam que esse episódio magmático neoarqueano prolongado retrabalhou unidades mais antigas do embasamento do Bloco Amapá (meso-paleoarqueanas), em contexto colisional sem evidencia de crescimento crustal durante o Neoarqueano. Entretanto, ainda fica em aberto quais massas continentais entraram em colisão para formar essa porção do Bloco Amapá no Neoarqueano tendo em vista que os outros domínios arqueanos dos crátons Amazônico (Província Carajás; Complexo Imataca) e Oeste Africano (Domínio Leo-Man; Escudo Reguibat) apresentam uma história geológica totalmente distinta do Bloco Amapá no Neoarqueano.

**Palavras-chave:** transição arqueano-paleoproterozoico; magmatismo arqueano; geoquímica elementar; geocronologia U-Pb-Hf em zircão; Sudeste do Escudo das Guianas; Bloco Amapá.

## ABSTRACT

The southeastern portion of the Guiana Shield (SEG), in the northern region of the Amazonian Craton, is defined as a broad Paleoproterozoic orogenic belt added to an Archean block strongly reworked during the Transamazonian Cycle (2.26–1.95 Ga). This Archean block in the central portion of the state of Amapá, called the Amapá Block, is made up of a meso-neoarchean granulite-gneiss-migmatite association (~2.85 Ga and ~2.70-2.60 Ga) and by Rhyacian granitoids and metavolcanosedimentary sequences. The Amapá Block is delimited to the south and north by the Carecuru and Lourenço Rhyacian domains with Archean crustal relics. The Lourenço Domain is formed by Rhyacian granitoids, gneisses and metavolcanosedimentary sequences formed in magmatic arcs (2.20-2.12 Ga), followed by syn-collisional to late orogenic magmatism (~2.11-2.07 Ga) and late granulitic metamorphism (~2.06-2.04 Ga). On the boundary between the Amapá Block and Lourenço Domain, Mesoarchean units (Gnaise Porfírio - 3.19 Ga and Complexo Tumucumaque - 2.85 Ga) and Neoarchean units (Complexo Guianense - ~2.65 Ga and Metagranitoid Pedra do Meio - 2.59 Ga) occur. Near Vila Bom Jesus village, (municipality of Tartarugalzinho - AP), at the transition between Archean and Rhyacian domains, orthogneisses and metagranitoids were dated by the U-Pb method in zircon by ICP-MS mass spectrometry and laser ablation (LA-ICP-MS) to investigate the geographic extension of the Porfírio Gneiss and Pedra do Meio Metagranitoid. Additionally, petrographic data, geochemical analyzes in whole rock and Lu-Hf isotopic geochemistry in zircon by LA-ICP-MS were used, together with previous data from orthogneisses and granitoids of the northern portion of the Amapá Block, to investigate the geodynamic context of formation of these granitoids and the episodes of generation and reworking of the continental crust during the Archean in this portion of the SEG. U-Pb dating of a biotite granodiorite orthogneiss provided a  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  crystallization age of  $2846 \pm 36$  Ma (MSWD = 1.3) for the orthogneiss magmatic precursor, indicating a Mesoarchean magmatic episode. Three samples of orthogneiss and metagranitoids provided  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  crystallization ages of  $2654 \pm 12$  Ma (MSWD = 1.4),  $2618 \pm 31$  Ma (MSWD = 1.15) and  $2618 \pm 22$  Ma (MSWD = 0.71) respectively, indicating a protracted Neoarchean magmatic episode. The U-Pb dating of a biotite granodiorite orthogneiss with crystallization age  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  of  $2096 \pm 24$  Ma (MSWD = 0.75) indicates the presence of imbricated Paleoproterozoic rocks in the Archean units of the investigated sector. These results lead to reconsider the configuration of the Archean units on the north edge of the Amapá Block. The Porfírio Gneiss and the Tumucumaque Complex must constitute only enclaves or xenoliths of the Mesoarchean basement in

Neoproterozoic orthogneisses and granitoids. The Pedra do Meio Metagranitoid represents intrusive charnockitic plutons in the Guianense Complex, which is the dominant unit in the investigated sector. The geochemical data showed that the Neoproterozoic samples have signature of biotite granites of crustal derivation. Neoproterozoic magmatism is also dominated by crustal-derived biotite granites, but also includes granitoids with sanukitoids and high-pressure TTG affinities, in addition to hybrid granites. The geochemical signatures of biotite granites, the subchondrite values of  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  ( $-11.3 < \epsilon_{\text{Hf}}(t) < -0.4$ ) with Hf- $T_{\text{DM}}$  model ages between 3.9 and 3.2 Ga, and the presence of inherited zircons in most Neoproterozoic samples, with Neoproterozoic (3.0, 2.89, 2.84 Ga) and Neoproterozoic (2.77, 2.74, 2.72 Ga) ages, indicate that this protracted Neoproterozoic magmatic episode reworked older units from the basement of the Amapá Block (Meso-Paleoproterozoic), in a collisional context with no evidence of crustal growth during the Neoproterozoic. However, it is still open which continental masses collided to form this portion of the Amapá Block, considering that the other Archean domains of the Amazonian (Carajás Province; Imataca Complex) and West African (Leo-Man Domain; Reguibat Shield) present a different geological history from the Amapá Block during the Neoproterozoic.

**Keywords:** archean-paleoproterozoic transition; archean magmatism; elemental geochemistry; U-Pb-Hf geochronology in zircon; Southeast Guyana Shield; Amapá Block.