



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

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 533**

**GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO  
E Sm-Nd EM ROCHA TOTAL DO MAGMATISMO  
TARDI-TRANSAMAZÔNICO DA REGIÃO DE  
CALÇOENE, NORTE DO AMAPÁ, SUDESTE DO  
ESCUDO DAS GUIANAS**

**Dissertação apresentada por:**

**LILIAN PAULA ALMEIDA DA SILVA**

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

---

**BELÉM**  
**2018**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

S586q

Silva, Lilian Paula Almeida da, 1985-

Geoquímica e geocronologia U-Pb em zircão e Sm-Nd em rocha total do magmatismo tardi-transamazônico da região de Calçoene, norte do Amapá, sudeste do Escudo das Guianas / Lilian Paula Almeida da Silva. – 2018

xvi, 103 f. : il. ; 53 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Jean-Michel Lafon

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2018.

1. Magmatismo - Amapá. 2. Geocronologia. 3. Estrôncio x Isótopos. 4. Método urânio-chumbo. 5. Planalto das Guianas. I. Título.

CDD 22. ed.: 551.13098116

---

Elaborada por  
Hélio Braga Martins  
CRB-2/698



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

**GEOQUÍMICA E GEOCRONOLOGIA U-Pb EM ZIRCÃO E  
Sm-Nd EM ROCHA TOTAL DO MAGMATISMO TARDI-  
TRANSAMAZÔNICO DA REGIÃO DE CALÇOENE,  
NORTE DO AMAPÁ, SUDESTE DO ESCUDO DAS  
GUIANAS**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:**

**LILIAN PAULA ALMEIDA DA SILVA**

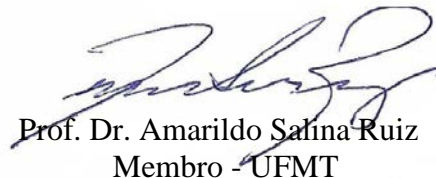
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

**Data de Aprovação: 03 / 05 / 2018**

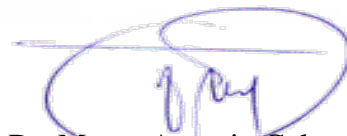
**Banca Examinadora:**



**Prof. Dr. Jean Michel Lafon**  
Orientador - UFPA



**Prof. Dr. Amarildo Salina Ruiz**  
Membro - UFMT



**Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro**  
Membro - UFPA

Aos meus pais,  
Therezinha de Jesus Almeida da Silva e  
William Paulo Castro da Silva.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por toda misericórdia e cada dia de vida, quem vem com uma nova oportunidade para tentar fazer o certo e melhorar como ser humano.

Agradeço a minha família. Mãe, pai, irmãos, tios e tias, meu muito obrigada por acreditarem que posso ir sempre além e me dar apoio em tudo o que eu precisei no decorrer de toda a minha jornada acadêmica, principalmente.

Um agradecimento especial ao meu orientador Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jean-Michel Lafon pela oportunidade, pelo apoio, paciência e incentivo, sem os quais seria praticamente impossível a conclusão desta etapa.

Agradeço ao geólogo João Milhomem Neto por toda ajuda, por todo o apoio durante a viagem de campo, nos laboratórios durante a realização das análises e pelas discussões acerca do tema deste trabalho.

Agradeço por toda ajuda recebida das amigas geólogas Érika Santiago, Mayara Teixeira e Ana Flávia Nunes. Aos amigos do mestrado agradeço pelo companheirismo: Bruno Portugal, Chafic El-husny, Hanna Sales, e em especial a Hévila Costa por toda energia positiva que trocamos. Além destes, sem o David Pereira o caminho das rochas teria sido sem dúvida mais difícil, amizade para todos os momentos, muito obrigada.

Agradeço a Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Geociências (IG), ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) e ao Laboratório Pará-Iso e Laboratório de Microanálises MEV-Microssonda da UFPA pelo fornecimento de infraestrutura necessária para a realização deste trabalho, estendendo este agradecimento a todos os professores e técnicos por toda ajuda que me foi dada.

Agradeço o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) através da Superintendência regional de Belém pela disponibilização de amostras que foram cedidas para complementação e realização deste trabalho.

E por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente me apoiaram e me incentivaram para que esta etapa fosse concluída.

Muito obrigada a todos!

*Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,  
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não  
sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,  
não sou o que era antes.”*  
(Marthin Luther King)

## RESUMO

A região de Calçoene, porção norte do Amapá, (Domínio paleoproterozoico Lourenço) está inserida no contexto geológico da Província Maroni-Itacaúnas, sudeste do Escudo das Guianas que, representa uma extensa faixa orogênica desenvolvida durante o Ciclo Transamazônico (2,26–1,95 Ga). O Domínio Lourenço consiste principalmente em sequências de rochas metavulcanossedimentares, complexos gnáissicos, granitoides representando diversas suítes e corpos cálcio-alcálinos (2,26 a 2,09 Ga) com evolução relacionada a arcos magmáticos, e plútons predominantemente graníticos, incluindo charnoquitos (2,1 a 1,99 Ga) que representam estágios colisionais a tardi-orogênicos. A unidade geológica alvo do presente estudo é o Granito Cunani (~2,10 Ga) e foi delimitada na porção centro-leste do Domínio Lourenço. Subordinadamente, a Suíte Cricou (2,11 a 2,09 Ga), adjacente ao Granito Cunani, foi estudada em nível de comparação. Apesar do recente avanço no conhecimento geológico dessa região alcançado por levantamentos conduzidos pela CPRM, os dados geoquímicos e geocronológicos ainda são escassos e dificultam o estabelecimento de cronologia confiável deste magmatismo, bem como a avaliação dos processos de acreção juvenil transamazônica e de retrabalhamento de crosta mais antiga. Com o objetivo de melhor caracterizar o magmatismo tardi-transamazônico assim como estimar a influência de material crustal arqueano no magmatismo riaciano no Domínio Lourenço, novos dados petrográficos, geoquímicos geocronológicos e isotópicos (Nd-Sr) forneceram importantes contribuições acerca da evolução geológica desta porção do Escudo das Guianas. O Granito Cunani é caracterizado como uma unidade constituída principalmente por biotita monzogranitos e biotita sienogranitos com hornblenda-biotita tonalitos e biotita granodioritos subordinados, o qual contém enclaves de quartzo-dioritos com ortopiroxênio (granulitos) e de hornblenda metatonalitos. Rochas com composição enderbítica também foram encontradas nesta unidade. A Suíte Cricou na área é constituída por biotita monzogranitos, e subordinadamente enderbitos também foram identificados. A litogeoquímica mostrou que as características das duas unidades são condizentes com assinaturas de ambiente de arco magmático ou de ambientes sin à pós-colisional. A tipologia dos granitos não foi conclusiva nos diagramas I, S e A. A maior parte das amostras mostraram enriquecimento em elementos incompatíveis de modo geral, com altos valores de elementos litófilos de raio grande (LILE) como Ba e K, enquanto alguns elementos com alto campo de força (HFSE) como Th, La, Ce e Nd, também mostram valores relativamente elevados. Significante anomalia negativa de Nb e P são observadas nas rochas do Granito Cunani e seus enclaves. Nas duas amostras analisadas da Suíte Cricou uma apresenta anomalia positiva e a outra, anomalia negativa para o Nb. O

diagrama de Elementos Terras Raras mostrou enriquecimento dos elementos leves em relação aos pesados nas duas unidades. Apenas a Suite Cricou apresenta anomalia positiva de Eu acentuada. A integração dos dados permite uma interpretação de magmatismo pós-colisional e provavelmente o ambiente tectônico é de colisão de arco de ilha com massa continental. A datação U-Pb por LA-ICP-MS dos zircões do Granito Cunani forneceram idades de  $2097 \pm 17$  Ma (intercepto superior) para um biotitasienogranito (DAC-08-06),  $2017 \pm 73$  Ma (intercepto superior) e  $1990 \pm 16$  Ma (idade concordante) para outro biotita sienogranito (LKV-06-03) e  $2019 \pm 53$  Ma (intercepto superior) e  $1995 \pm 37$  Ma (idade concordante) para um biotita monzogranito (DAC-08-09a). Estas idades confirmam a idade tardi-transamazônica (neoriaciana) para esta unidade e sugerem que o Granito Cunani pode englobar diferentes pulsos magmáticos. Os enclaves de granulitos (DAC-08-07b) forneceram uma idade U-Pb de  $2112 \pm 10$  Ma e podem representar lascas de rochas de nível crustal mais profundos associados aos processos de migmatização que afetaram rochas de arcos magmáticos em torno de 2,11-2,09 Ga. A idade por volta de 2,0 Ga obtida para o biotita monzogranito DAC-08-09a localizada no mesmo afloramento do hornblenda metatonalito (DAC-08-09b) anteriormente datado em  $2151 \pm 2$  Ma (evaporação de Pb em zircão por TIMS) permite inferir que este último pode corresponder a enclaves provenientes de rochas de arcos magmáticos mesoriacianos. A datação U-Pb por LA-ICP-MS para a amostra da Suíte Cricou (DAC-08-11) forneceu uma idade de  $1839 \pm 62$  Ma (intercepto superior), sendo esta não confiável estatisticamente. Entretanto a hipótese de reabertura do sistema U-Pb de zircão em decorrência de eventos posteriores a sua formação não pode ser descartada. O conjunto de idades de cristalização paleoproterozoicas obtidas neste trabalho juntamente com as idades modelo Nd- $T_{DM}$  arqueanas entre 3,17 e 2,51 Ga e, os valores negativos de  $\epsilon_{Nd[2,08Ga]}$  entre -8,67 e -0,72, além de zircões herdados com idades de  $3056 \pm 63$  Ma e  $2654 \pm 43$  Ma identificados em um biotita sienogranito (DAC-08-06), apontam o envolvimento de fontes meso-neoarqueanas na geração do Granito Cunani. As idades modelo Sr- $T_{UR}$  variaram entre 2,52 e 2,29 Ga, apontando também assinatura sideriana-neoarqueana para a fonte destes granitoides, compatível com acreção de arco magmático proterozoico na borda de um continente arqueano.

Palavras-chave: Geocronologia. U-Pb. Isótopos Sr-Nd. Escudo das Guianas. Ciclo Transamazônico. Magmatismo ácido.



## ABSTRACT

The region of Calçoene (Paleoproterozoic Lourenço Domain), northern part of Amapá, Brazil, belongs to the Maroni-Itacaiunas Province, southeast of the Guiana Shield, which represents an extensive Paleoproterozoic orogenic belt developed during the Transamazonian orogeny (2,26-1,95 Ga). The Lourenço domain consists mainly of metavulcanosedimentary sequences, gneissic complexes, several calc-alkaline granitoid suites related to magmatic arc context (2,26 to 2,09 Ga) and granitic plutons, including charnockites that represent syn-collisional to late-orogenic stages (2.1 to 1.99 Ga). The present study is focused on the Cunani Granite (~2.10 Ga), the main unit of the Calçoene area. Subordinately, the Cricou Suite (2.11-2.09 Ga), adjacent to the Cunani Granite, was studied at the comparison level. In spite of the recent progress in the regional geological knowledge conducted by the CPRM, geochemical and geochronological data are still scarce and make it difficult to establish a reliable chronology and geodynamic context of this magmatism, as well as to evaluate the processes of juvenile accretion and crustal reworking during the Transamazonian orogeny. In order to better characterize the late-Transamazonian magmatism and to evaluate the influence of Archaean crustal material on the Rhyacian magmatism in the Lourenço Domain, petrographic study, geochemistry, LA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology and Nd-Sr isotopic study were performed and provided important contributions about the geological evolution of this portion of the Guiana Shield. The petrographic study allowed to characterize the Cunani Granite as an unit constituted by dominant biotite monzogranites and biotite sienogranites, subordinate hornblende-biotite tonalites and biotite granodiorites, which contains enclaves of granulites (quartz-diorites with orthopyroxene), and hornblende metatonalites. Rocks of enderbite composition were also found in this unit. The Cricou Suite in the study area is constituted by biotite monzogranites, and subordinate enderbite was also identified. The geochemical characteristics of these rocks are consistent with both a magmatic arc and syn- to post-collisional context. Most samples displayed enrichment in incompatible elements with high contents of Large Ion Lithophile elements (LILE) like Ba and K, while some High Field Strength elements (HFSE) such as Th, La, Ce and Nd also show relatively high values. Significant negative anomaly of Nb and P are observed in the rocks of the Cunani Granite and its enclaves. The two samples of the Cricou Suite present Nb positive and negative anomaly, respectively. The Rare Earth Elements diagram showed enrichment of the light elements in relation to the heavy elements in the two units. Only the Cricou Suite shows accentuated positive anomaly of Eu. Overall, the geochemical features are interpreted as of post-collisional magmatism related to tectonic accretion of magmatic arc to the continent. The

LA-ICP-MS U-Pb dating of zircon from lithotypes of the Cunani Granite furnished ages of  $2097 \pm 17$  Ma (upper intercept) for a biotite sienogranite (DAC-08-06),  $2017 \pm 73$  Ma (upper intercept) and  $1990 \pm 16$  Ma (concordant age) for another biotite sienogranite (LKV-06-03) and  $2019 \pm 53$  Ma (upper intercept) and  $1995 \pm 37$  Ma (concordant age) for a sample of biotite monzogranite (DAC-08-09a). These ages confirm a late-Transamazonian age (Neorhyacian) for this unit and suggest that the Cunani Granite may encompass different magmatic pulses. The granulitic enclaves of the Cunani Granite (DAC-08-07b) furnished an LA-ICP-MS U-Pb zircon age of  $2112 \pm 10$  Ma and may represent deeper crustal-level rocks that correspond in depth to the migmatization event that affected the rocks of arcs around 2.11-2.10 Ga during the collisional stage. The age around 2.0 Ga obtained for the biotite monzogranite (DAC-08-09a) at the same outcrop than the hornblende metatonalite (DAC-08-09b) previously dated at  $2151 \pm 2$  Ma (TIMS Pb evaporation in zircon) allows to reinforce that the latter corresponds to enclaves of rocks from the Mesorhyacian magmatic Arcs within the Cunani Granite. U-Pb dating by LA-ICP-MS of zircons from a biotite monzogranite (DAC-08-11) of the Cricou Suite provided an age of  $1839 \pm 62$  Ma considered as statistically unreliable. However a resetting of the U-Pb zircon system by younger events cannot be ruled out. The Paleoproterozoic crystallization ages obtained in the analyzed samples and the Archean  $Nd-T_{DM}$  model ages between 3.17 and 2.51 Ga, together with negative values of  $\epsilon_{Nd[2.08 Ga]}$  between -8.67 and -0.72, besides inherited zircons with ages of  $3056 \pm 63$  Ma and  $2654 \pm 43$  Ma identified in a biotite sienogranite, indicate the contribution of Meso-Neoarchean crustal sources during the formation of the Cunani Granite. The Sr- $T_{UR}$  model ages ranged from 2.52 to 2.29 Ga, also indicating Siderian-Neoarchean signature for the source of these granitoids, compatible with tectonic accretion of the magmatic arc with continental landmass.

Keywords: Geochronology. U-Pb. Sr-Nd isotopes. Guyana Shield. Transamazonian Orogeny. acid magmatism.