



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 491**

**MORFOLOGIA E ASSINATURA GEOQUÍMICA DE ZIRCÃO  
DA SUÍTE SANUKITOIDE RIO MARIA, PROVÍNCIA  
CARAJÁS: IMPLICAÇÕES PETROLÓGICAS**

**Dissertação apresentada por:**

**HÉVILA DE NAZARÉ SILVA DA COSTA**

**Orientador: Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão (UFPA)**

---

**BELÉM  
2016**

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

---

Costa, Hévia de Nazaré Silva da, 1984 -  
Morfologia e assinatura geoquímica de zircão da suíte  
sanukitoide Rio Maria, Província Carajás: implicações petrológicas /  
Hévia de Nazaré Silva da Costa. – 2016.

xvi, 84 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Claudio Nery Lamarão

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia  
e Geoquímica, Belém, 2016.

1. Granodiorito. 2. Zircão. 3. Microscopia Eletrônica de  
Varredura. 4. Catodoluminescência. 5. Espectroscopia de raios-X. I.  
Título.

CDD 22. ed. 552.3

---



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


**MORFOLOGIA E ASSINATURA GEOQUÍMICA DE  
ZIRCÃO DA SUÍTE SANUKITOIDE RIO MARIA,  
PROVÍNCIA CARAJÁS: IMPLICAÇÕES PETROLÓGICAS**

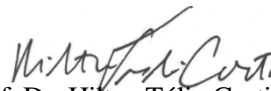
**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR  
HÉVILA DE NAZARÉ SILVA DA COSTA**


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

**Data de Aprovação: 29/ 11 / 2016**

**Banca Examinadora:**

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

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

  
Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira  
(Membro-UFPA)

Aos meus pais, Edilson e Meriam.

## AGRADECIMENTOS

Não teria como desenvolver essa pesquisa sem o apoio e a colaboração de algumas pessoas e instituições, para quais gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

- À Universidade Federal do Pará, pela infraestrutura disponibilizada do Instituto de Geociências (IG);
- A CAPES (2014-2016), pela concessão de bolsa de mestrado e ao projeto de pesquisa INCT – GEOCIAM/CNPq;
- Ao meu orientador Claudio Nery Lamarão, mestre e amigo, por ser o bom exemplo de dedicação ao trabalho, humildade e sucesso, obrigada pela orientação, paciência, amizade, mas acima de tudo por insistir em mim como geóloga;
- Ao Laboratório de Microanálises da UFPA pelas imagens de MEV, e às técnicas Ana Paula e Vívian, que colaboraram com este com zelo e atenção;
- À Gisele Marques pela amizade, incentivo e empatia de sempre, desde a graduação acompanhando as minhas vicissitudes dentro do curso de geologia;
- Aos integrantes do GPPG pela atenção e tempo despendido ao me socorrer nas horas em que recorri a eles;
- Aos amigos da sala 06 pela amizade e pelas conversas e incentivo a manter o foco no trabalho;
- A todos os professores do IG que de uma forma ou de outra fizeram questionar o meu próprio conhecimento;
- Aos amigos que me acompanharam durante a jornada deste mestrado, pelo auxílio e companheirismo que não foram sufocados num ambiente tão competitivo, em especial a Douglas, Lílian e Hanna pela despreziosa e franca amizade;
- Aos amigos da turma 2007 e aos demais leais amigos que fiz no curso de geologia, vocês são aqueles que me inspiram a continuar acreditando nesta profissão tão desafiadora;
- Aos meus pais, Edilson e Meriam, irmãos Marcos, Max e Maruzo por nunca questionarem minhas escolhas;
- Ao meu companheiro Thiago por ter me dado além de todo o apoio, o presente mais lindo, nossa pequena Luna, que me faz buscar ser uma pessoa melhor a cada dia;
- E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução desse trabalho, o meu mais sincero Muito Obrigado!

“Existe apenas um bem, o saber, e apenas um mal, a ignorância.”

Sócrates

## RESUMO

O presente trabalho envolveu o estudo morfológico e composicional de zircão de rochas granodioríticas da Suíte Sanukitoide Rio Maria, Província Carajás. Para este estudo foram escolhidas cinco regiões inseridas nos domínios desta província, sendo elas: Rio Maria e Bannach, áreas-tipo do Sanukitoide Rio Maria, Ourilândia do Norte, contendo rochas granodioríticas correlacionáveis aos sanukitoides Rio Maria, São Félix do Xingu, onde ocorrem granodioritos tipo sanukitoides ainda pouco estudados, além do Granodiorito Trairão, região de Pau D'Arco, pertencente à Suíte Guarantã e geoquimicamente distinto dos sanukitoides. Os cristais de zircão foram estudados com o auxílio de imagens por elétrons secundários (ES), catodoluminescência (CL), análises semiquantitativas por espectroscopia de raios-X por dispersão de energia (EDS) através de um microscópio eletrônico de varredura (MEV), objetivando definir feições morfológicas e assinaturas geoquímicas características para os zircões de cada grupo de rocha, comparar os aspectos tipológicos entre eles e reafirmar a importância do zircão em estudos petrológicos e a metodologia MEV-CL-EDS como ferramenta de apoio para esses fins. O estudo morfológico foi realizado em zircões de dois grupos de rochas. No primeiro, formado por zircões da Suíte Sanukitoide Rio Maria, foram selecionados cento e dez cristais de zircão e no segundo, representado por zircões do Granodiorito Trairão, vinte e nove cristais. Os zircões do primeiro grupo apresentaram formas euédricas, subordinadamente subédricas, padrão de zoneamento bem definido, núcleos bem desenvolvidos e preservados de alteração, estreitas bordas luminescentes, sugerindo mudança composicional no final de sua cristalização, e rara a moderada presença de inclusões de F-apatita. Os zircões do Granodiorito Trairão mostraram formas euédricas a subédricas e zoneamento oscilatório bem definido. A presença de inclusões de F-apatita é recorrente nesta amostra, tanto no núcleo quanto nas bordas dos cristais, ora truncando, ora ocorrendo paralelamente às zonas de crescimento, sugerindo cristalização simultânea de ambos minerais. Realizou-se também o estudo tipológico nesses dois grupos de zircões. Os zircões dos sanukitoides Rio Maria são principalmente do tipo S18, com raras ocorrências do tipo P4. O segundo, representado por zircões do Granodiorito Guarantã, se correlacionam aos tipos S3 e S8. Análises semiquantitativas por ESD realizadas em zircões das cinco regiões estudadas foram comparadas e interpretadas em diagramas geoquímicos específicos. Os zircões dos sanukitoides de Rio Maria e Ourilândia do Norte apresentaram os menores conteúdos de Nb (1,0-1,8%), seguidos dos zircões das regiões de Bannach e Xingu (1,8-2,5%) e do Granodiorito Trairão (dominantemente entre 2,2-3,3%). Os zircões das rochas sanukitoides de

Rio Maria e Ourilândia do Norte apresentaram razões Zr/Nb mais elevadas, entre 30 e 50, e os do Granodiorito Trairão mais baixas, predominantemente entre 17 e 23. Os zircões dos sanukitoides de Bannach e Xingu apresentaram razões Zr/Nb intermediárias, entre 23 e 32. O diagrama Sr *versus* Zr/Nb mostra um *trend* negativo bem definido, com os zircões do Granodiorito Trairão mais enriquecidos em Sr (1,5 a 2,4%) e os dos sanukitoides de Rio Maria e Ourilândia do Norte mais empobrecidos (0,6 a 1,6%), com superposição parcial entre eles. Zircões dos sanukitoides de Bannach e Xingu apresentaram conteúdos intermediários de Sr (1,2 e 1,7%) e Zr/Nb (23 e 32), e plotaram entre os anteriores no diagrama. O estudo mostrou diferenças morfológicas, tipológicas e composicionais entre os zircões das rochas sanukitoides do sudeste do Pará, e entre esses e os do Granodiorito Trairão. De acordo com a tipologia proposta por Pupin (1980), essas diferentes características permitiram enquadrar os zircões das rochas sanukitoides e os do Granodiorito Trairão em dois grupos distintos, sugerindo que sua cristalização ocorreu em diferentes ambientes e temperaturas.

**Palavras-chave:** Província Carajás. Sanukitoides Rio Maria. Zircão. MEV-EDS. Catodoluminescência.



## ABSTRACT

This research involved the morphological and compositional study of zircons from granodioritic rocks of Sanukitoide Rio Maria suite, Carajás Province. For this study were chosen five regions inserted in this Province, namely: Rio Maria and Bannach, type areas of the Rio Maria Sanukitoide rocks; Ourilândia do Norte, containing correlated granodioritic rocks to sanukitoids Rio Maria; São Felix do Xingu, where there are still poorly studied granodiorite rocks similar to sanukitoides, besides Trairão Granodiorite, situated in the Pau D'Arco region, belonging to the Garantã suite and geochemically distinct from sanukitoide rocks. Zircon crystals were studied with the aid of secondary electron images (ES), cathodoluminescence (CL), semiquantitative analysis by spectroscopic energy dispersive (EDS) using a scanning electron microscope (SEM), aiming to define morphological features and characteristics geochemical signatures for zircons from each group of rock, compare the typological aspects between them and reaffirm the importance of zircon in petrological studies and SEM-CL-EDS methodology as a support tool for these purposes. The morphological study was conducted in zircons from two groups of rock. In the first one, made up of zircons from Rio Maria Sanukitoide Suite, were selected one hundred ten zircons and in the second one, represented by zircons of Trairão Granodiorite, twenty nine crystals. Zircons from the first group have euhedral shapes, subordinately subhedral, well defined standard zoning, well-developed and preserved cores, thin luminescent edges, suggesting compositional change at the end of crystallization, and rare to moderate presence of F-apatite inclusions. The zircons of Trairão Granodiorite showed euhedral the subhedral forms and well defined oscillatory zoning. The presence of F-apatite inclusions is recurring in this sample, both at the cores or at the edges of the crystals, truncating or taking place in parallel with the growth zones, suggesting simultaneous crystallization of both minerals. For the typological study were selected two groups of zircons. The first, made up of zircons of the Rio Maria sanukitoides, falls mostly within S18 type, with rare occurrences in P4 type. The second, represented by zircons of the Garantã Granodiorite, correlates with S3 and S8 types. Semiquantitative ESD analysis performed in zircons from the five studied regions were compared and interpreted in specific geochemical diagrams. Zircons of Rio Maria and Ourilândia do Norte sanukitoides showed the lowest Nb contents (1.0-1.8%), followed by the zircons of Bannach and Xingu regions (1.8-2.5%) and Trairão Granodiorite (dominantly between 2.2 to 3.3%). Zircons from Rio Maria and Ourilândia do Norte sanukitoides showed higher Zr/Nb ratios, between 30 and 50, and zircons from Trairão Granodiorite the lower

ratios, predominantly between 17 and 23. Zircons from Bannach and Xingu sanukitoides presented intermediate Zr/Nb ratios, between 23 and 32. The Sr *versus* Zr/Nb diagram shows a well defined negative trend, with zircons of Trairão Granodiorite more enriched in Sr (1.5 to 2.4%) and zircons from the Rio Maria and Ourilândia of Norte sanukitoides most depleted (0.6 to 1.6%), with partial overlap between them. Zircons from Bannach and Xingu sanukitoides showed intermediate Sr content (1.2 to 1.7%) and Zr/Nb (23 and 32) and plotted between the previous in the diagram. The study showed morphological, typological and compositional differences between the zircons of sanukitoides rocks of southeastern Para, and between these and the zircons of the Trairão Granodiorite. According to Pupin (1980) scheme, these differences allowed to frame the zircons of the sanukitoid rocks and the Trairão Granodiorite into two distinct groups, suggesting its crystallization occurred in different environments and temperatures.

**Keywords:** Carajás Province. Sanukitoides Rio Maria. Zircon. SEM-EDS. Cathodoluminescence.