



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 492**

**GRANITOIDES TTG DE ÁGUA AZUL DO NORTE:  
IMPLICAÇÕES TECTÔNICAS PARA A PROVÍNCIA  
CARAJÁS**

**Dissertação apresentada por:**

**MARCELA DA SILVA SANTOS**

**Orientador: Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira (UFPA)**

---

**BELÉM  
2017**

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

---

Santos, Marcela da Silva, 1990-  
Granitóides TTG de Água Azul do Norte: implicações  
tectônicas para a Província Carajás / Marcela da Silva Santos. –  
2017.

xii, 64 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Davis Carvalho de Oliveira

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

1. Geoquímica - Água Azul do Norte (PA). 2. Geologia  
Estrutural - Água Azul do Norte (PA). I. Título.

CDD 22. ed. 551.9098115

---



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

**GRANITOIDES TTG DE ÁGUA AZUL DO NORTE:  
IMPLICAÇÕES TECTÔNICAS PARA A PROVÍNCIA  
CARAJÁS**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**  
**MARCELA DA SILVA SANTOS**

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

**Data de Aprovação: 15/12/2016**

**Banca Examinadora:**

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

  
Prof. Dr. Cândido Augusto Veloso Moura  
(Membro-UFPA)

  
Prof. Dr. José de Arimatéia Costa de Almeida  
(Membro-UNIFESSPA)

Aos meus pais, Marcelino dos Santos  
& Maria Divina da Silva Santos

## AGRADECIMENTOS

Registro meus sinceros agradecimentos à Deus pela graça alcançada de ter conseguido concluir esse trabalho;

À minha família, em especial aos meus pais que sempre me incentivaram e respeitaram as minhas decisões;

Ao meu orientador Professor Davis Carvalho de Oliveira pela oportunidade de realizar este trabalho e pelos ensinamentos transmitidos durante a minha vida acadêmica;

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, e aos professores, pelo conhecimento transmitidos;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

Aos projetos de pesquisa Vale-FAPESPA (Edital 001/2010 – ICAAF 053/2011) e INCT/Geociam (Processo nº 573733/2008-2) pelo apoio financeiro;

Ao Eleilson Gabriel pelos ensinamentos e sugestões que contribuíram para o enriquecimento do trabalho;

Aos meus colegas de trabalho que fizeram parte do grupo de mapeamento e ajudaram em trabalhos de laboratórios: Pablo Leite, Chrystophe Ronaib, Eleilson Gabriel, Luciano Ribeiro, Jean Machado e Rodrigo Santos.

## RESUMO

As rochas que constituem a crosta TTG da área de Água Azul do Norte são predominantemente trondhjemiticas e mostram fortes afinidades geoquímicas com as demais ocorrências TTG do Domínio Carajás (trondhjemitos Rio Verde, Colorado e de Nova Canadá) e diferem daquelas do Domínio Rio Maria (tonalitos Caracol, Arco Verde, Mariazinha, trondhjemitos Mogno e Água Fria) por apresentarem termos mais evoluídos, conteúdos menos expressivos de minerais acessórios primários e serem essencialmente peraluminosas, com ausência de plagioclásio intensamente descalcificado. Apresentam médias e altas razões La/Yb e Sr/Y, e baixas de Nb/Ta, indicando que tais rochas foram formadas a partir da fusão parcial de metabasaltos, previamente transformados em granada-anfibolito, em condições de altas a intermediárias pressões (~1,0-1,5 GPa). Os megas *enclaves* tonalíticos identificados possuem características mineralógicas e geoquímicas particulares, que não permitem associá-los às típicas associações TTG. Exibem anfibólio modal em quantidades expressivas (> 5%), elevados conteúdos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, Ni e Cr, e ainda, um padrão ETR horizontalizado (baixos valores das razões La/Yb), o que reflete seu caráter menos evoluído quando comparados aos granitoides TTG. Os baixos valores das razões La/Yb e Sr/Y indicam que estas rochas foram geradas fora do campo de estabilidade da granada, em condições de pressão inferiores àquelas dos granitoides TTG ( $\leq 1,0$  GPa). Estes representariam magmas de comportamento transicional entre os típicos TTGs e rochas afins de sanukitoides. O caráter menos evoluídos dos *enclaves* em relação às rochas do Tonalito São Carlos, que até então representaria o fragmento mais antigos da crosta mesoarqueana no Domínio Carajás, juntamente com seu padrão estrutural caótico, sugerem que estes possam representar partes preservadas de uma crosta ainda mais antiga. Os dados estruturais sugerem que a crosta TTG registra pelo menos dois importantes momentos de deformação atuantes na área com eixos de encurtamento principal coincidentes (N10-20°E). O primeiro momento (D1 ~2,93 Ga) é evidenciado pelo bandamento composicional (E-W) gerado por um forte componente de cisalhamento puro durante a colocação dos granitoides TTG. A fase tardia de deformação dúctil (D2 ~2,87 Ga), dada sob condições de metamorfismo de fácies anfibolito médio (550°C), é marcada pela transposição de cisalhamento simples e puro das estruturas pretéritas, e que deram origem aos padrões de foliação NW-SE, N-S, NE-SW e E-W. Esse momento de deformação está diretamente ligado às intrusões tardias de leucogranitos sin a pós-tectônicos de idade mesoarqueana. A deformação transpressiva identificada na área sugere que as convergências de

placa foram atuantes durante o período de 2,93 e 2,87 Ga, sendo que durante a última fase da transpressão, o *strain* foi particionado, com a tensão total de cisalhamento simples acomodado em zonas e bandas de cisalhamento. Uma consequência disso seria a preservação de regiões de baixa deformação entre zonas de cisalhamento, controladas por cisalhamento puro. A existência de uma crosta TTG na região de Água Azul do Norte composicionalmente distinta daquela do Domínio Rio Maria, aliado a um complexo padrão deformacional que quase sempre está associado a processos de migmatização, sugerem que esta porção do Domínio Carajás não representa uma extensão do Domínio Rio Maria, e sim, um fragmento de crosta mesoarqueano independente sem registros da atuação de eventos neoarqueanos, o que também não estaria em conformidade com a definição atribuída ao Subdomínio Sapucaia.

Palavras-chave: TTG. Mesoarqueano. Deformação. Província Carajás. Água Azul do Norte.

## ABSTRACT

The rocks that compose the TTG crust from the Água Azul do Norte area are dominantly trondhjemites and are strongly akin to others TTG occurrences in Carajás domain (Rio Verde and Colorado trondhjemites and related rocks from Nova Canadá area), differing from those of the Rio Maria domain (Caracol, Arco Verde, Mariazinha tonalities and Mogno, Água Fria trondhjemites) due the presence of more evolved terms, lower primary accessory minerals contents and for being essentially peraluminous, without strongly decalcified plagioclase. They exhibit moderate to high La/Yb and Sr/Y ratios, and low Nb/Ta ratio, which indicate that they were produced from partial melt of metamafic source, at high to intermediate pressure conditions (~1.0-1.5 GPa). The large tonalitic enclaves indentified have particular mineralogical and geochemical features that do not allow associating them with the typical TTG associations. They exhibit significant amphibole contents (>5%), high Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, Ni e Cr contents, and a flat RRE pattern (low La/Yb ratio), which reflect their less evolved character compared with TTG granitoids. The low La/Yb and Sr/Y ratios indicate that they were produced out the garnet stability field, in lower pressure conditions than TTG granitoids ( $\leq 1.0$  GPa), and they could represent magmas with transitional behavior between typical TTG and sanukitoids. The less evolved character of the enclaves compared with the São Carlos tonalite, which represent the oldest fragment of Mesoarchean crust from Carajás domain, associated with their chaotic structural patterns, suggest that these enclaves can represent preserved parts of an even older crust. Structural data suggest that the TTG crust records at least two important deformational moments played in the area with coincident principal shortening axis (N10-20°E). The first moment (D1 ~2,93 Ga) is evidenced for the compositional banding (E-W) formed by a strong pure shear component during the TTG granitoids emplacement. The late phase of ductile deformation (D2 ~2,87 Ga), under medium amphibolite metamorphism facies conditions (550°C), is marked by the transposition of simple and pure shear of the ancient structures, which originated the NW-SE, N-S, NE-SW and E-W foliation patterns. This deformational moment is strongly linked to late intrusions of sin to post-tectonic Mesoarchean leucogranites. The transpressive strain identified in the area suggests that the plates convergence was active between 2.93 and 2.87 Ga, and during the last phase of transpression, the strain was partitioned with the total stress of simple shear being accommodated in shear zones and shear bandings. As consequence, there is the preservation of regions with low deformation among shear zones



controlled by pure shear. The existence of a TTG crust in Água Azul do Norte region compositionally distinct from Rio Maria domain, in addition to a complex deformational pattern that is usually associated with migmatization processes, suggest that this portion of Carajás domain does not represent an extension of the Rio Maria domain, but an independent Mesoarchean crust fragment without records of Neoproterozoic events, which would not be in compliance to the definition attributed to Sapucaia subdomain.

Keywords: TTG. Mesoarchean. Deformation. Carajas Province. Água Azul do Norte.