



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO N° 657

**AFINIDADES PETROLÓGICAS E GEOCRONOLOGIA U-Pb
EM ZIRCÃO DE ORTOGNAISSES DO COMPLEXO
GNÁISSICO-MIGMATÍTICO ÁGUA AZUL, TERRENO
SAPUCAIA, PROVÍNCIA CARAJÁS**

Dissertação apresentada por:

ELIZIANE DE SOUZA PINTO

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

**BELÉM – PARÁ
2024**

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)

P659a Pinto, Eliziane de Souza.
Afinidades petrológicas e geocronologia U-Pb em zircão de ortognaisses do Complexo Gnáissico-Migmatítico Água Azul, Terreno Sapucaia, Província Carajás / Eliziane de Souza Pinto. — 2024.

xvii, 75 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia
e Geoquímica, Belém, 2024.

1. Ortognaisse. 2. TTG. 3. Sanukitoide. 4. Terreno
Sapucaia. 5. Mesoarqueano. I. Título.

CDD 551.701



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

**AFINIDADES PETROLÓGICAS E GEOCRONOLOGIA U-Pb
EM ZIRCÃO DE ORTOGNAISSES DO COMPLEXO
GNÁISSICO-MIGMATÍTICO ÁGUA AZUL, TERRENO
SAPUCAIA, PROVÍNCIA CARAJÁS**

Dissertação apresentada por

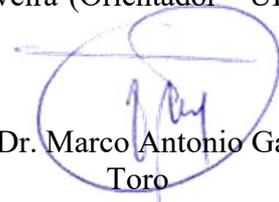
ELIZIANE DE SOUZA PINTO

**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA, Linha de Pesquisa EVOLUÇÃO CRUSTAL E
METALOGÊNESE**

Data de Aprovação: 09 / 10 / 2024

Banca Examinadora:


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


Prof. Dr. Marco Antonio Galarza
Toro
(Membro – UFPA)


Prof. Dr. Luciano Ribeiro da Silva
(Membro – UFOPA)

*Ao meu grande amigo Wesley,
saudades eternas*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho de pesquisa foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e colaboração de algumas pessoas e instituições, às quais registro meus sinceros agradecimentos:

Primeiramente à Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Geociências (IG) e ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) pela infraestrutura e suporte técnico e profissional.

Ao orientador prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira, pela oportunidade, orientação e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Laboratório de Geologia Isotópica (PARA-ISO) do Instituto de Geociências da UFPA e ao prof. Marco Galarza (tutor) pelo auxílio na aquisição dos dados geocronológicos e discussão dos resultados.

Ao Laboratório de Microanálises (LM) do Instituto de Geociências da UFPA pelo apoio com o imageamento dos cristais de zircão analisados, especialmente Gisele Marques (técnica administrativa) e prof. Cláudio Lamarão (coordenador).

Ao Laboratório de Laminação e seus responsáveis (Joelma Lobo e Bruno Fernandes) pelo auxílio na confecção de pastilhas de zircão.

Aos membros do Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG), em especial à Aline Nascimento e Luciano Ribeiro, pelas contribuições na elaboração dessa dissertação.

Aos professores e funcionários do PPGG, pelos ensinamentos e suporte nas questões administrativas.

Aos meus familiares, principalmente minha mãe Raimunda, por todo carinho e incentivo. Ingressar na universidade seria impossível sem vocês. Ao meu companheiro Leonardo e à sua família, pelo acolhimento e cuidado ao longo desses oito anos.

Aos meus amigos, especialmente ao presente que a geologia me deu (Wesley Achilles). Obrigada por estar presente em todos os momentos torcendo por mim. Sentirei sempre sua falta.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o meu crescimento profissional, minha eterna gratidão.

“Quando tiver que escolher entre estar certo e ser gentil, escolha ser gentil.”

Extraordinário – R. J. Palacio

RESUMO

A área de Água Azul do Norte está inserida no contexto geológico da Província Carajás, precisamente no Terreno Sapucaia conforme as recentes propostas de compartimentação tectônica apresentadas pelo Grupo de Pesquisa Petrologia de Granitoides (GPPG/UFGA). Esta região é formada por um embasamento ortognáissico mesoarqueano de afinidade TTG (Complexo Gnáissico-Migmatítico Água Azul; 2,93 Ga) associado a intrusões mesoarqueanas tardias e de assinaturas sanukitoide (Granodioritos Água Azul e Água Limpa; 2,88-2,87 Ga), sódica de alto Ba-Sr (Granodiorito Nova Canadá; 2,89-2,87 Ga) e cálcico-alcálica de alto-K (Granito Boa Sorte; 2,89-2,85 Ga). A revisão dos dados geológicos e petrográficos apontaram que a crosta TTG de Água Azul do Norte é composicionalmente heterogênea e registram fortes evidências de metamorfismo progressivo e migmatização. Sendo assim, este trabalho reclassifica este embasamento TTG como sendo formado por ortognaisses, que eventualmente apresentam variações para composições tonalíticas a quartzo dioríticas que lembram fragmentos de uma crosta mais primitiva, intensamente deformada e gnaissificada. Tais variedades apresentam bandamento composicional de direção E-W frequentemente perturbado por bandas de cisalhamento e dobras de arrasto. Considerando a classificação de migmatitos, apresentam paleossoma ortognáissico e leucossomas ricos em $Qz+Pl\pm Bt$ paralelos ao bandamento (metatexito estromático) e frequentemente contornados por agregados máficos (melanossoma rico em biotita e hornblenda). Além disso, formam quatro variedades composicionais: i) hornblenda±biotita ortognaisse tonalítico (HBTnl), ii) clinopiroxênio-hornblenda ortognaisse tonalítico (CHTnl), iii) epídoto-biotita ortognaisse quartzo diorito (EBQzD) e iv) hornblenda-biotita ortognaisse quartzo diorito (HBQzD). Apresentam uma grande proporção de minerais máficos ($M' > 15\%$), especialmente a biotita e a hornblenda que podem ocorrer ligeiramente estiradas segundo o plano de foliação. O plagioclásio e o quartzo secundário são abundantes e ocorrem na matriz ou, no caso apenas do plagioclásio, como fenocristais, enquanto que o álcali-feldspato e o quartzo primário são praticamente insignificantes. As análises geoquímicas em rocha total apontaram que as amostras MED-120A (EBQzD) e MEP-53B (HBQzD) apresentam caráter moderadamente magnésiano, assinatura cálcico-alcálica de médio-K, relativo empobrecimento em K_2O , MgO , Ba, Ni e Cr e enriquecimento em Na_2O , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 e Zr, refletindo certa afinidade com associações tonalíticas-trondhjemíticas tradicionais. A presença de muitos cristais de zircão com feições ígneas preservadas nessas amostras marca a idade de cristalização do protólito em 3,06 Ga, sugerindo tratarem-se de fragmentos crustais cerca de 100 Ma mais

antigos que a crosta encaixante (Complexo Ortognáissico de Água Azul). Já a MED-144 (HBTnl) exibiu caráter fortemente magnésiano, assinatura cálcico-alcalina de alto-K, alta razão K_2O/Na_2O e enriquecimento em MgO, Ba, Ni e Cr, muito semelhante à composição observada em sanukitoides. Os dados U-Pb obtidos para esta amostra indicaram uma idade de cristalização em 2,92 Ga, similar ao observado nos sanukitoides descritos na região de Ourilândia do Norte (Granodiorito Arraias). As demais amostras apresentaram conteúdos significativos de elementos compatíveis (e.g. Fe, Mg, Ni, Cr) e moderados de incompatíveis (e.g. K, Rb, Ba, Sr, Zr, Ti) e revelaram um comportamento intermediário entre TTGs e granitoides enriquecidos em Mg, além de forte afinidade com o Ortognaisse São Carlos (2,93 Ga) descrito no mesmo terreno. Idades U-Pb concordantes obtidas para as amostras MED-95A (HBTnl) e EDC-28B (CHTnl) apontaram para uma cristalização em 2,95-2,93 Ga contemporânea à colocação dos TTGs de Água Azul e ao Ortognaisse São Carlos. O comportamento textural do quartzo e dos minerais máficos indicam mecanismos de recristalização dinâmica de temperaturas intermediárias à altas (~500-650°C), enquanto que a morfologia observada nos migmatitos (metatexítica estromática e leucossomas portadores de minerais hidratados) sugerem que houve baixa quantidade de *melt* produzido e participação de fluidos no processo de fusão parcial. Aliado a paragênese mineral (Pl+Qz+Bt±Hbl±Ep), estes fatores apontam para um protólito de composição granítica metamorfizado em condições de fácies anfíbolito, sendo a migmatização fortemente contemporânea à deformação e ao pico de metamorfismo regional descrito na região de Carajás (2,89 Ga; MED-95A).

Palavras-chave: ortognaisse, TTG, sanukitoide, Terreno Sapucaia, Mesoarqueano.

ABSTRACT

The Água Azul do Norte area is part of the geological context of the Carajás Province, precisely in the Sapucaia Terrain, according to the recent tectonic compartmentalization proposals presented by the Granitoid Petrology Research Group (GPPG/UFGA). This region is formed by a mesoarchean orthognathic basement with TTG affinity (Água Azul Gneissic-Migmatitic Complex; 2.93 Ga) associated with late Mesoarchean intrusions with sanukitoid signatures (Água Azul and Água Limpa Granodiorites; 2.88-2.87 Ga), high-Ba-Sr sodic (Nova Canadá Granodiorite; 2.89-2.87 Ga) and high-K calc-alkaline (Boa Sorte Granite; 2.89-2.85 Ga) signatures. The review of geological and petrographic data indicated that the TTG crust of Água Azul do Norte is compositionally heterogeneous and records strong evidence of progressive metamorphism and migmatization. Therefore, this work reclassifies this TTG basement as being formed by orthogneisses, which occasionally present variations to tonalitic to quartz dioritic compositions that resemble fragments of a more primitive, intensely deformed and gneissified crust. These varieties show compositional banding in an E-W direction, often disturbed by shear bands and drag folds. Considering the classification of migmatites, they have an orthognathic paleosome and leucosomes rich in $Qz+Pl\pm Bt$ parallel to the banding (stromatic metatexite) and frequently outlined by mafic aggregates (melanosome rich in biotite and hornblende). They form four compositional varieties: i) hornblende \pm biotite tonalitic orthogneiss (HBTnl), ii) clinopyroxene-hornblende tonalitic orthogneiss (CHTnl), iii) epidote-biotite orthogneiss quartz diorite (EBQzD) and iv) hornblende-biotite orthogneiss quartz diorite (HBQzD). They present a large proportion of mafic minerals ($M' > 15\%$), especially biotite and hornblende, which can occur slightly stretched along the foliation plane. Plagioclase and secondary quartz are abundant and occur in the matrix or, in the case of plagioclase, as phenocrysts, while alkali-feldspar and primary quartz are practically insignificant. Whole rock geochemical analysis indicated that samples MED-120A (EBQzD) and MEP-53B (HBQzD) present moderately magnesian character, medium-K calcium-alkaline signature, relative depletion in K_2O , MgO , Ba, Ni and Cr and enrichment in Na_2O , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 and Zr, reflecting a certain affinity with traditional tonalite-trondhjemitic associations. The presence of many zircon crystals with igneous features preserved in these samples marks the crystallization age of the protolith at 3.06 Ga, suggesting that they are crustal fragments approximately 100 Ma older than the underlying crust (Água Azul Orthognathic Complex). MED-144 (HBTnl) exhibited a strongly magnesian character, high-K calcium-alkaline signature, high K_2O/Na_2O ratio and enrichment in MgO ,

Ba, Ni and Cr, very similar to the composition observed in sanukitoids. The U-Pb data obtained for this sample indicated a crystallization age of 2.92 Ga, similar to that observed in sanukitoids described in the Ourilândia do Norte region (Arraias Granodiorite). The other samples showed significant contents of compatible elements (e.g. Fe, Mg, Ni, Cr) and moderate contents of incompatible elements (e.g. K, Rb, Ba, Sr, Zr, Ti) and revealed an intermediate behavior between TTGs and granitoids enriched in Mg, as well as a strong affinity with the São Carlos Orthogneiss (2.93 Ga) described in the same terrain. Concordant U-Pb ages obtained for samples MED-95A (HBTnl) and EDC-28B (CHTnl) indicated a crystallization at 2.95-2.93 Ga contemporaneous with the emplacement of the Água Azul TTGs and the São Carlos Orthogneiss. The textural behavior of the quartz and mafic minerals indicates dynamic recrystallization mechanisms at intermediate to high temperatures (~500-650°C), while the morphology observed in the migmatites (stromatic metatexitic and leucosomes with hydrated minerals) suggests that there was a low amount of melt produced and fluids participation in the partial melting process. Combined with the mineral paragenesis (Pl+Qz+Bt±Hbl±Ep), these factors point to a granitic protolith metamorphosed under amphibolite facies conditions, with the migmatization being strongly contemporaneous with the deformation and peak of the regional metamorphism described in the Carajás region (2.89 Ga; MED-95A).

Keywords: orthogneiss, TTG, sanukitoid, Sapucaia Terrain, Mesoarchean.