



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 557**

**GEOCRONOLOGIA U-Pb E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA Hf-Nd DOS ORTOGNAISSES E GRANITOIDES DA REGIÃO DE GRANJEIRO-VÁRZEA ALEGRE (CE), DOMÍNIO RIO GRANDE DO NORTE**

**Dissertação apresentada por:**

**DANIELLA SOARES CAVALCANTI VIEIRA**

**Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro (UFPA)**

---

**BELÉM  
2019**

**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)**

---

V657      Vieira, Daniella Soares Cavalcanti  
            Geocronologia U-Pb e geoquímica isotópica Hf-Nd dos  
            ortognaisses e granitoides da região de Granjeiro-Várzea Alegre  
            (CE), Domínio Rio Grande do Norte / Daniella Soares Cavalcanti  
            Vieira. — 2019.  
            xv, 61 f. : il. color.

            Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro  
            Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em  
            Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade  
            Federal do Pará, Belém, 2019.

            1. Geocronologia U-Pb-Hf. 2. Isótopos de Nd. 3. Domínio  
            Rio Grande do Norte. 4. Província Borborema. I. Título.

---

CDD 551.701



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

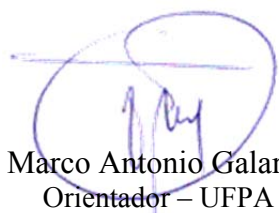
**GEOCRONOLOGIA U-Pb E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA Hf-Nd DOS ORTOGNAISSES E GRANITOIDES DA REGIÃO DE GRANJEIRO-VÁRZEA ALEGRE (CE), DOMÍNIO RIO GRANDE DO NORTE**


**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**  
**DANIELLA SOARES CAVALCANTI VIEIRA**

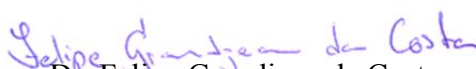
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA, linha de pesquisa GEOCRONOLOGIA E GEOLOGIA ISOTÓPICA**

**Data de Aprovação: 08 / 07 / 2019**

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Marco Antonio Galarza Toro  
Orientador – UFPA

  
Prof. Candido Augusto Veloso Moura  
Membro – UFPE

  
Dr. Felipe Grandjean da Costa  
Membro – CPRM/CE

*Aos meus pais, por acreditarem.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Sandra e Oscar, que com o amor inimaginável que são capazes de me dar, todos os dias, formaram a pessoa que sou e me motivam a continuar.

Ao meu irmão, Daniell, por me ouvir sempre que necessário e por nunca desistir de me animar.

Ao meu orientador, Professor Marco Antonio Galarza, por ter me oferecido a oportunidade de realizar este trabalho, pela paciência, compreensão, orientação e ajuda ao longo do caminho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG/UFGA) e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos Williamy Felix, Danilo Cruz e Alexandre Ribeiro, pelas inúmeras horas de discussão gastas diariamente e pela disponibilidade em ajudar e me socorrer, sempre que foi preciso.

Aos amigos Evelyn Melo, Isabella Miranda, Paulo Hericklys, Alan Queiroz, Camilla Brito, entre outros, por me emprestarem o ouvido e o abraço nas tantas vezes que me foram necessárias.

Agradeço aos técnicos e amigos, Joelma Lobo e Bruno Fernandes (Laboratório de Laminação) pelo carinho gigante com que me recebiam sempre que eu batia a sua porta e pelo cuidado e agilidade com que trataram minhas amostras.

Ao Luiz Carlos Cristo, cuja amizade eu sempre pude contar em qualquer momento. Obrigada por ter dividido comigo o peso das amostras e pelas horas de trabalho voluntário no OPA.

E em especial, ao Guilherme Raffaeli, pelos puxões de orelha necessários, por me motivar a ser melhor, por sempre estar disposto a ajudar, por acreditar em mim quando eu duvidei, por me acalmar e pelo amor. Teria sido um caminho muito mais difícil sem você.

A todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a realizar esse trabalho e a seguir em frente quando eu me encontrava estagnada, muito obrigada.

*“Before my birth there was infinite time, and after my death, inexhaustible time. I never thought of it before: I’d been living luminously between two eternities of darkness.”*

**Orhan Pamuk**

## RESUMO

A Província Borborema se estende por aproximadamente 450.000 km<sup>2</sup> no nordeste do Brasil e representa uma unidade geotectônica complexa, caracterizada por uma colagem de blocos crustais com diferentes idades, origens e evolução. Compreende domínios, como o Complexo Granjeiro, cujo embasamento gnáissico paleoproterozóico altamente deformado incluem localmente núcleos arqueanos que se alternam com remanescentes de rochas supracrustais paleoproterozóicas e neoproterozóicas, sendo todo conjunto intrudido por numerosos corpos graníticos de idade Brasileira (ca. 0.60-0.50 Ga) colocados ao longo de zonas de cisalhamento. Na região de Granjeiro-Várzea Alegre (CE), a norte do Lineamento Patos, um conjunto variado de rochas forma um sistema imbricado, do tipo Duplex, cujas unidades apresentam diferentes idades. Estudos geocronológicos U-Pb e Lu-Hf em zircão por espectrometria de massa com laser ablation (LA-ICP-MS) foram realizados em 5 amostras e forneceram idades de cristalização para Hornblenda-Biotita Gnaiss tonalítico 2549 ± 16 Ma (OG-07) 2532 ± 10 Ma (OG-03) do Complexo Granjeiro; Hornblenda ortognaiss tonalítico 2354 ± 15 Ma (OG-05) do Complexo Arrojado; Hornblenda-Biotita Gnaiss monzogranítico 2224 ± 12 Ma (OG-09) da Suíte Várzea Alegre e para o Biotita Monzogranito 570 ± 6 Ma (G-02) do Arco Magmático Pereiro. As assinaturas isotópicas de Hf (zircão) e Nd (rocha total) forneceram idades-modelo (Hf-T<sub>DM</sub>; Nd-T<sub>DM</sub>) para essas rochas, respectivamente: OG-07 (2,75 a 2,93 Ga; 2,54 Ga), OG-03 (2,70 a 2,96 Ga e 2,75 Ga), OG-05 (2,92 a 3,06 Ga; 2,96 Ga) e OG-09 (2,84 a 3,01 Ga; 2,90 Ga) e para o granitoide G-02 (2,94 a 3,27 Ga; 2,10 Ga). Os parâmetros  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  e  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  para essas rochas, respectivamente, foram OG-07 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : +1,41 a +4,33;  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : +2,81) e OG-03 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : +3,16 a +4,79;  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : -0,37) sugerem a contribuição de fontes juvenis nos protólitos dessas rochas; OG-05 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : -0,28 a -4,11;  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : -0,23) e OG-09 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : -3,86 a -1,15;  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : -5,31) sugere retrabalhamento de fonte crustal arqueana na gênese do protólito dessas rochas. Os valores do granitoide G-02 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : -23,70 a -29,15;  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : -20,10) são fortemente negativos sugerindo que o magma que originou essas rochas é produto de retrabalhamento de fontes paleoproterozoicas (riaciana-sideriana) a mesoarqueana. Os resultados isotópicos integrados (U-Pb e Hf-Nd) permitiram então a identificação de pelo menos 4 eventos tectono-magmáticos na região de Granjeiro-Várzea Alegre. O intervalo de idade (ca. 2,54-2,53 Ga) e assinaturas juvenis marcam um momento de crescimento crustal arqueano relacionado ao embasamento do Complexo Granjeiro. Também foi reconhecida uma formação de crosta paleoproterozoica (ca. 2,35 Ga), correlacionada ao Complexo Arrojado, cujos valores negativos de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  e  $\epsilon_{\text{Nd}}$  sugerem uma gênese a partir de fontes derivadas de crosta

arqueana retrabalhada. As rochas do Complexo Granjeiro teriam sido deformadas e assimiladas em um evento de crescimento crustal ca. 2,22 Ga, que teria gerado as rochas da Suíte Várzea Alegre. A idade de 570 Ma registra o último episódio magmático identificado e marca o desenvolvimento das zonas de cisalhamento da Província Borborema que afetaram e deformaram as rochas arqueanas e paleoproterozoicas desse domínio.

**Palavras-chave:** Geocronologia U-Pb-Hf, Isótopos de Nd, Domínio Rio Grande do Norte, Província Borborema.



## ABSTRACT

The Borborema Province extends for approximately 450,000 km<sup>2</sup> in the northeastern portion of Brazil and represents a complex geotectonic unit, characterized by a collage of crustal blocks with different ages, origins and evolution. Comprises domains such as the Granjeiro Complex, whose highly deformed paleoproterozoic gneissic basement locally includes Archaean nuclei that alternate with remnants of supoprostal and paleoproterozoic supracrustal rocks, all intruded by numerous granite bodies of Brazilian age (ca. 0.60-0.50 Ga) placed along shear zones. In the region of Granjeiro-Várzea Alegre (CE), north of the Patos Lineament, a variety of rocks forms an imbricated system, Duplex type, with units of different ages. Geochronological studies of U-Pb and Lu-Hf in zircon by laser ablation mass spectrometry (LA-ICP-MS) were performed in 5 samples and provided crystallization ages for a Hornblende-Biotite tonalitic gneiss at  $2549 \pm 16$  Ma (OG-07) and at  $2532 \pm 10$  Ma (OG-03) of the Granjeiro Complex; a Hornblende tonalitic orthogneiss at  $2354 \pm 15$  Ma (OG-05) of the Arrojado Complex; a Hornblende-Biotite monzogranitic orthogneiss at  $2224 \pm 12$  Ma (OG-09) from the Várzea Alegre Suite and for a Biotita Monzogranite at  $570 \pm 6$  Ma (G-02) from the Pereiro magmatic arc. The isotopic signatures of Hf (zircon) and Nd (whole-rock) provided model ages (Hf-T<sub>DM</sub>; Nd-T<sub>DM</sub>) for these rocks, respectively: OG-07 (2.75 to 2.93 Ga, 2.54 Ga), OG-03 (2.70 to 2.96 Ga and 2.75 Ga), OG-05 (2.92 to 3.06 Ga, 2.96 Ga) and OG-09 (2.84 to 3.01 Ga; 2.90 Ga ) and for the granitoid G-02 (2.94 to 3.27 Ga, 2.10 Ga). The parameters  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  and  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  for these rocks, respectively, were OG-07 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : +1.41 to +4.33;  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : +2.81) and OG-03 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : +3.16 to +4.79,  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : -0.37) suggesting contribution of juvenile sources in the protoliths of these rocks; OG-05 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : -0.28 to -4.11,  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : -0.23) and OG-09 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : -3.86 to -1.15;  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : -5.31) suggesting reworking of Archaean crustal source. The values of the granitoid G-02 ( $\epsilon_{\text{Hf}}$ : -23.70 to -29.15;  $\epsilon_{\text{Nd}}$ : -20.10) are strongly negative, suggesting that the magma that originated these rocks was product of reworking of paleoproterozoic (Rhyacian-Siderian) and mesoarquean sources. The integrated isotopic results (U-Pb and Hf-Nd) allowed the identification of at least 4 tectono-magmatic events in the region of Granjeiro-Várzea Alegre. The age range (ca. 2.54-2.53 Ga) and juvenile signatures mark a moment of Archaean crustal growth related to the formation of the Granjeiro Complex. It was also recognized a formation of paleoproterozoic crust (ca. 2.35 Ga), correlated to the Arrojado Complex, whose negative values of  $\epsilon_{\text{Hf}}$  and  $\epsilon_{\text{Nd}}$  suggest sources derived from reworked Archaean crust. The rocks of the Granjeiro Complex would have been deformed and assimilated in an event of crustal growth ca. 2.22 Ga, that generated the rocks of the Várzea

Alegre Suite. The age of 570 Ma records the last magmatic episode and marks the development of the Borborema Province shear zones that affected and deformed the archaean and paleoproterozoic rocks of this domain.

**Keywords:** U-Pb-Hf Geochronology, Nd Isotopes, Rio Grande do Norte Domain, Borborema Province.