



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

Título:

**UM FRAGMENTO PALEOARQUEANO NO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO,
BRASIL.**

Thassio Werlang

Dissertação de Mestrado em Geologia nº 451

Brasília, 30 de outubro de 2019.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

Título:

**UM FRAGMENTO PALEOARQUEANO NO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO,
BRASIL.**

Thassio Werlang

Dissertação de Mestrado em Geologia nº 451

Área de Concentração: Geologia Regional

Orientador

Prof. Dr. Elton Luiz Dantas (UnB)

Co-Orientador

Prof. Dr. Reinhardt Adolfo Fuck (UnB)

Banca Examinadora

Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto (UnB)

Prof. Dr. Elson Paiva de Oliveira (Unicamp)

Prof. Dr. Luis Gustavo Ferreira Viegas (UnB)

Brasília, 30 de outubro de 2019.

Ficha catalográfica

Werlang, Thassio

UM FRAGMENTO PALEOARQUEANO NO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, BRASIL. / Thassio Werlang; orientador Elton Luiz Dantas; co-orientador Reinhardt Adolfo Fuck. -- Brasília, 2020.

80 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Geologia) --
Universidade de Brasília, 2020.

1. Paleoarqueano. 2. Cráton do São Francisco. 3. Bloco Sobradinho. 4. Geologia Isotópica. I. Luiz Dantas, Elton , orient. II. Adolfo Fuck, Reinhardt, co-orient. III. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Werlang, T. UM FRAGMENTO PALEOARQUEANO NO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, BRASIL. 2020. 80 p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília – Distrito Federal.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Thassio Werlang

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: UM FRAGMENTO PALEOARQUEANO NO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, BRASIL.

GRAU: Mestre

ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Thassio Werlang

thassio.werlang@gmail.com

À minha mãe, Vera Lucia Werlang, e minha irmã, Thamizya Werlang

Dedico a vocês este trabalho,

O meu mais profundo agradecimento e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, Thamizya e Vera Werlang, pelo apoio incondicional desde o início da faculdade até a pós-graduação. Não há palavras que descrevam o quanto eu amo e admiro vocês duas.

Meus agradecimentos a CAPES (0001) e CNPq (153536/2016-0) pela concessão de bolsa durante o período de mestrado e apoio financeiro ao trabalho.

Aos professores do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília por me ajudarem com a fundamentação teórica durante os anos de mestrado.

Agradeço à Juliana Rezende de Oliveira e Joice Dias por me ajudarem durante o trabalho e pelo suporte durante as noites em claro para concluir a dissertação.

Aos amigos que fiz durante esta jornada, Luana Machado, Fernando Almeida, Victor Mota e Nogueira, Juliana Carvalho e Mariana Machado. Obrigado por fazerem parte da minha vida, pelo apoio, paciência e por me ensinarem tanto.

A minha amiga de longa data, Karoliny de Oliveira Nascimento, que mesmo longe me incentivou e orientou durante todo este processo. Não existem palavras para agradecer todo apoio que você me deu.

Agradeço a Júlia Spinola e sua família pelo apoio e pelos cuidados. Não cabem em palavras o meu agradecimento.

E, por fim, a todos que minimamente contribuíram para esse processo, sempre serei grato.

RESUMO

O Bloco Sobradinho, segmento oeste do conjunto de blocos que compõem a parte norte do Cráton do São Francisco, entre os estados da Bahia e Pernambuco, revela alguns fragmentos crustais muito antigos, de idades que vão do paleo ao neoarqueano, e que raramente são encontrados porções aflorantes em outras partes do planeta. A área em questão, geotectonicamente, contextua-se por colisões de blocos arqueanos, amalgamados no paleoproterozoico que, estruturalmente, é representada por uma grande janela tectônica que faz limite setentrional com a Faixa Riacho do Pontal, de idade Brasiliana, e vários klippens no limite meridional da Barragem de Sobradinho. Os dados contidos nesse trabalho, adquiridos através de análises geoquímicas e geocronológicas, além de observações em campo, ajudam a melhor elucidar a formação de crosta arqueana. A principal unidade analisada são ortognaisses migmatíticos tipo TTG e se encontram na região de Petrolina. Corpos de granulitos máficos ocorrem como enclaves máficos e diques intrusivos. Ocorre, também, uma segunda família de gnaisses dessa suíte, com composição predominantemente monzo- a sienogranítica, que são intensamente migmatizados por múltiplas fases de leucossomas graníticos. A geoquímica dessas rochas aponta duas fases de magmatismo: um de composição toleítica, representadas pelas rochas máficas que, posteriormente, foram granulitizadas e por rochas ultramáficas; e outro de composição félsica representada pela suíte TTG, sanukitóides e os componentes graníticos desses processos demonstrando uma evolução geodinâmica de longa duração. No geral, exibem alto conteúdo de LREE e baixa concentração de LILE e HFSE. Seus baixos valores de Sr, Y e Yb e anomalias negativas de Eu sugerindo uma geração de magma a partir de fonte sob baixa pressão; os granulitos máficos e as rochas ultramáficas mostram enriquecimento em LILE e valores elevados em Sr, Y e Yb. Todas as unidades se relacionam a processos de uma evolução magmática. Já as descrições as análises U-Pb em zircão dessas rochas mostram que, o xenólito de gabro-diorito encontrado em um gnaisse cinza possui duas populações de zircões diferentes, onde a primeira, é representada pela idade U-Pb concordante em torno de 3,5 Ga. O restante das idades representam sucessivos eventos de geração de crosta, registrados pelas idades de 3,3, 3,2, 3,1, 3,0, 2,7 e 2,0 Ga. Os quatro primeiros eventos incluíram fusão de crosta mais antiga na composição, enquanto os três últimos são mais jovens e representam a geração e retrabalhamento crustal entre o Neoarqueano e início do Paleoproterozoico. Os valores de $\epsilon\text{Nd}(t)$ dos TTG mais antigos e fundidos mais recentes indicam eventos diferentes (3,5 Ga, 3,3 Ga, 3,2 Ga e 3,1 Ga) e variam de positivos à negativos, o que sugere derivação por fontes juvenis e retrabalhadas por uma sucessão de eventos de fusão e re-fusão de antiga crosta continental paleoarqueana.

PALAVRAS-CHAVE: PALEOARQUEANO, CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, BLOCO SOBRADINHO, GEOLOGIA ISOTÓPICA.

ABSTRACT

The Sobradinho Block, the western segment of the set of blocks that compose the northern part of the São Francisco Craton, between the states of Bahia and Pernambuco, reveals some very old crustal fragments, ranging in age from paleo to neoarchaean, and which are rarely found outcrops in other parts of the planet. The area, geotectonically, is contextualized by collisions of Archaean blocks, amalgamated in the paleoproterozoic which, structurally, is represented by a large tectonic window that makes the northern limit with the Riacho do Pontal Belt, of Brasiliano age, and several klippen in the limit southern part of the Sobradinho Dam. The data contained in this work, acquired through geochemistry and geochronological analyzes, in addition to field observations, help to better elucidate the Archaean crust formation. The main unit analyzed are migmatitic orthogneisses TTG type founded in the region of Petrolina. Mafic granulite bodies occur as mafic enclaves and intrusive dikes. There is also a second family of gneisses in this suite, with a predominantly mono-syenogranitic composition, which are intensely migrated by multiples phases of granitic leucosomes. The geochemistry of these rocks shows two phases of magmatism: one of tholeiitic composition, represented by mafic rocks that were later granulitized and by ultramafic rocks; and another of felsic composition represented by the TTG suite, sanukitoids and the granitic components of these processes demonstrating a long-lasting geodynamic evolution. In general, they exhibit high LREE content and low concentration of LILE and HFSE. Its low Sr, Y and Yb values and negative Eu anomalies suggesting a generation of magma from a source under low pressure; mafic granulites and ultramafic rocks show enrichment in LILE and high values in Sr, Y and Yb. All units are related to processes of magmatic evolution. The U-Pb analyzes in zircon of these rocks show that the gabbro-diorite xenolite found in a gray gneiss has two different zircon populations, where the first is represented by the concordant U-Pb age around 3.5 Ga. The rest of the ages represent successive crustal events, recorded by the ages of 3.3, 3.2, 3.1, 3.0, 2.7 and 2.0 Ga. The first four events included fusion of the oldest crust in the composition, while the last three are younger and represent the generation and crustal re-worked between the Neoarchaean and early Paleoproterozoic. The $\epsilon_{Nd}(t)$ values of the oldest and most recent fused TTGs indicate different events (3.5 Ga, 3.3 Ga, 3.2 Ga and 3.1 Ga) and ranging from positive to negative, which suggests derivation by youthful sources and re-worked by a succession of events of fusion and re-fusion of ancient Paleoarchaeon continental crust.

KEYWORDS: PALEOARCHAEAN, SÃO FRANCISCO CRATON, SOBRADINHO BLOCK, ISOTOPIC GEOLOGY.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Estruturação do volume	3
1.2. Objetivos	3
1.3. Métodos utilizados	4
1.4. Referências bibliográficas	7
2. Assinatura isotópica das rochas de 3.5 Ga do Bloco Sobradinho, Cráton do São Francisco, Petrolina – PE	9
1. Introdução	9
2. Contexto Regional	11
3. Geologia do Bloco Sobradinho	14
4. Geoquímica	23
5. Geocronologia U-Pb	32
6. Assinatura Isotópica de Nd	42
7. Discussões	47
8. Conclusões	51
9. APPENDIX A. Procedimentos analíticos	52
10. Referências	54
11. APPENDIX B - Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb	60

1. INTRODUÇÃO

As exposições de rochas antigas da crosta continental, com idades superiores a 3,5 Ga, são relativamente incomuns e representam fragmentos que trazem informações sobre o início da história evolutiva do planeta Terra (Bowring and Willians, 1999; Condie, 2005; Nutman and Cordani, 1993; Thieblemont et al., 2001, entre outros).

Além da idade, outro aspecto importante dessa época da evolução do planeta é o tipo de magmatismo que é gerado para a formação e crescimento de crosta continental arqueana. Suítes do tipo TTG (tonalitos, trondhjemitos e granodioritos) são rochas arquetípicas de crátons arqueanos (Moyen e Martin, 2012). Estudos desenvolvidos nos últimos quarenta anos (Moyen, 2011; Martin et al., 2005; entre outros), evidenciam que houve mudanças significativas na composição de TTG para rochas do tipo sanukitóides (Martin et al., 2005), juntamente com aumento no retrabalhamento da crosta continental no final do Arqueano, indicando mudança de processos petrogenéticos e geodinâmicos.

Quimicamente, os TTGs são ricos em sílica ($\text{SiO}_2 > 64\%$ em peso, mas comumente $\sim 70\%$ em peso ou mais) com alto conteúdo de Na_2O (3,0–7,0% em peso de Na_2O) e com baixa razão $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O} (< 0,5)$. São pobres em elementos ferromagnesianos ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{TiO}_2 \leq 5\%$ em peso, Fe_2O_3 total), com média de Mg # de 0,43 e teores médios de Ni e Cr de 18 e 40 ppm, respectivamente (Moyen e Martin, 2012). Isto porque, os granitóides modernos são mais ricos em K_2O , representando crosta continental moderna em um *trend* de enriquecimento de K durante a diferenciação da Terra, enquanto os TTGs arqueanos mostram enriquecimento sódico, sendo menos evoluídos em relação aos granitóides atuais (Moyen e Martin, 2012). Em síntese, os TTGs exibem assinaturas de elementos traços característicos, com alto conteúdo em elementos terras raras leves (LREE) e baixíssimo conteúdo de elementos terras raras pesados (HREE), resultando em alta razão La/Yb. Essa mudança clara de composição aparece no limite Paleoarqueano-Neoarqueano (3,8 ~ 2,5 Ga). Os TTGs arqueanos mostram baixo teor de HREE ($0,3 < \text{Yb}_N < 8,5$), associado a padrões REE fortemente fracionados (alto $(\text{La} / \text{Yb})_N$), enquanto a crosta continental pós 2,5 Ga possui alto conteúdo de HREE ($4,5 < \text{Yb}_N < 20$) e padrões de REE moderadamente fracionados ($(\text{La} / \text{Yb})_N \leq 20$). Os mesmos autores

observam significativas anomalias de Nb-Ta e Ti, razões de Lu / Hf baixas, enquanto as razões Zr / Sm são altas. Sendo assim, essa assinatura de elementos-traço torna o TTG diferente de crosta continental moderna, que tem maior conteúdo de HREE e anomalias negativas de Eu, Nb-Ta, Sr e Ti.

Já os sanukitóides arqueanos são granitos cálcio-alcálicos com alto teor de Mg (monzodiorito, quartzo monzonito, monzogranito e granodiorito) e representam série magmática que, em valores de sílica de 60% em peso ou menos, tem MgO > 6% em peso, Mg # > 0,60, Cr > 100 ppm, Sr e Ba cada > 500 ppm, e alto Na₂O, K₂O, LREE e La/Yb; são granitos ricos em minerais máficos, incluindo associações biotita ± hornblenda ± clinopiroxênio, em raras ocasiões, ortopiroxênios (Martin et al., 2005). A discussão de dados petrológicos e geoquímicos (documentados em vários trabalhos, como Moyen, 2011; Martin et al., 2005; entre outros) evidenciam que houveram mudanças significativas na composição de TTG para sanukitóides, juntamente com aumento no retrabalhamento da crosta no final de Arqueano, indicando mudança de termos de processos petrogenéticos e geodinâmicos.

Em território brasileiro encontramos alguns exemplos dessas exposições com rochas antigas, inicialmente descritas por Nutman e Cordani (1993) no Bloco Gavião, no Cráton do São Francisco, com idades em torno de 3.4 Ga. Martin et al. (2005) e Barbosa et al. (2012) mostraram que esses terrenos antigos são formados essencialmente por suítes do tipo TTG. Posteriormente, Dantas et al. (2004) identificaram evidências de crosta continental mais antiga do que 3.5 Ga na Província Borborema. Novas descobertas de rochas com mais de 3.5 Ga por Paquette et al. (2015) e Oliveira et al. (2019), também no Bloco Gavião, sugerem que é no Cráton do São Francisco que podem ser encontradas, ainda preservadas, as rochas mais antigas do Continente Sul Americano (Teixeira et al., 2017).

Nova evidência de crosta continental antiga foi recentemente identificada em segmento diferente do Cráton do São Francisco, no Bloco Sobradinho (Dantas et al. 2010, 2013), na divisa da Bahia com Pernambuco. Nessa região predominam complexos gnaisse-migmatíticos, complexos máfico-ultramáficos, granulitos e granitos anatóxicos (Delgado et al., 2003), ainda pouco estudados.

Este trabalho tem como objetivo discutir os aspectos geoquímicos de rochas do Bloco Sobradinho na região de Petrolina, Pernambuco, obtidos em estudo detalhado de petrografia, geoquímica e geocronologia, procurando identificar os múltiplos eventos magmáticos e deformacionais que afetam as rochas da região.

O trabalho foi realizado no Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, e o estudo contou com recursos financeiros da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e do INCT-Estudos Tectônicos.

1.1. Estruturação do volume

Seguindo a tendência de estruturação de teses, que torna a leitura científica mais concisa e sistemática, a presente dissertação está estruturada da seguinte forma:

- O Capítulo 1 (Introdução) apresenta a introdução ao texto da dissertação, justificativas, objetivos do trabalho, localização da área e métodos utilizados;
- O Capítulo 2 apresenta o artigo que será submetido ao periódico *Precambrian Research*, intitulado “*Assinatura isotópica das rochas de 3.5 Ga do Bloco Sobradinho, Cráton do São Francisco, Petrolina - PE*”, abordando os processos que ocorreram nessas rochas, usando dados de geoquímica de rocha total, geocronologia U-Pb e Sm-Nd, visando compará-las ao restante do Cráton do São Francisco, principalmente com o Bloco Gavião, cujos limites e relação com o Bloco Sobradinho ainda não foram definidos.

1.2. Objetivos

Esta pesquisa objetiva conhecer a geologia do Bloco Sobradinho, para contribuir com o avanço do entendimento regional do extremo norte do Cráton do São Francisco. A abordagem contempla o estudo dos aspectos petrológicos e geocronológicos das rochas presentes no núcleo arqueano da região de Petrolina-PE. A intenção é aplicar técnicas modernas de geoquímica

convencional e isotópica, para caracterizar diferentes eventos magmáticos e deformacionais na história evolutiva da área de estudo.

1.3. Métodos utilizados

1.3.1. Levantamento de campo

Foi realizada uma etapa de reconhecimento geológico regional no primeiro semestre de 2018, com amostragem sistemática das rochas da região. As melhores exposições encontram-se próximas de Petrolina, PE, onde o levantamento de detalhe foi realizado. Os trabalhos foram auxiliados pela utilização de mapa topográfico e de dados aerogeofísicos de gama-radiometria, bem como dados magnéticos. Métodos convencionais de geologia básica com uso de martelo, bússola e caderneta de campo ajudaram na confecção do mapa geológico final e na coleta de 57 amostras para análises petrográficas, químicas e isotópicas.

1.3.2. Análise petrográfica

Esta etapa se iniciou durante o trabalho de campo, com descrição macroscópica das amostras, identificando os principais minerais, texturas e estruturas, tanto das amostras quanto dos afloramentos. Posteriormente, as amostras foram catalogadas, fotografadas e iniciou-se o estudo petrográfico, em que 57 seções delgadas-polidas foram descritas sob microscópio ótico de luz transmitida no Laboratório de Microscopia do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, nas quais foram identificadas as associações minerais e suas texturas, a fim de caracterizar os possíveis processos ocorrentes em cada unidade geológica.

1.3.3. Química mineral

Análises químicas quantitativas de minerais foram realizadas por espectrometria dispersiva de comprimento de ondas (wavelength-dispersive spectrometry – WDS) em microsonda eletrônica JEOL JXA-8230 (EPMA), localizada no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de Brasília (UnB). Os minerais analisados foram piroxênios, anfibólios, plagioclásios, feldspatos potássicos e biotita.

1.3.4. Geoquímica de rocha total

As análises químicas foram realizadas pela ALS Minerals Brasil Ltda. Os elementos maiores foram determinados por ICP-AES, enquanto os elementos traço e ETR foram determinados por ICP-MS a partir de fusão de LiBO₂. Foram analisadas 14 amostras de rochas máfico-ultramáficas, correspondentes ao paleossoma de migmatitos e 43 amostras de rochas ortognáissicas migmatíticas, correspondentes ao neossoma, para distinção litogeoquímica das principais unidades ígneas, com ênfase nas rochas tonalíticas, granodioríticas e graníticas, individualizando os conjuntos de acordo com afinidades e natureza geológica evolutiva em comum.

1.3.5. Geoquímica isotópica Sm-Nd em rocha total

Para as análises isotópicas de Sm-Nd, realizadas no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília, foi seguido o método padrão do laboratório (Gioia e Pimentel, 2000), em que 50 mg de pó de rocha total são misturados a solução padrão de ¹⁴⁹Sm-¹⁵⁰Nd e dissolvidos em cápsulas *Savillex*. A extração de Sm e Nd seguiu técnicas de permuta iônica convencional, usando colunas de teflon contendo resina LN-Spec (ácido fosfórico *HDEHP-diethylhexil* suportado em pó PTFE). As amostras foram carregadas em filamentos de evaporação de Re e as medições isotópicas foram colhidas pelo espectrômetro de massa multicoletor *Finnigan TRITON* em modo estático. As incertezas do método para as razões Sm/Nd e ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd obtidas são melhores do que ± 0,5% (2σ) e ± 0,005% (2σ), respectivamente, tomando como base repetidas análises dos padrões internacionais BHVO-1 e BCR-1. As razões ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd foram normalizadas para ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd de 0,7219 e a constante de decaimento empregada foi 6,54 × 10⁻¹² a⁻¹. Os valores T_{DM} foram calculados com base no modelo desenvolvido por DePaolo (1981).

1.3.6. Geocronologia U-Pb em zircão

Todas as etapas de separação de minerais, montagem dos *mounts* e análises foram realizadas no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília.

1.3.6.1. Preparação de amostras

Seguiu-se as etapas de lavagem e extração de porções muito alteradas da rocha, fragmentação com britador de mandíbulas de aço e pulverização em moinho de discos e panela de tungstênio. Após a etapa de desagregação das amostras, utilizou-se peneiras de, aproximadamente, 53 a 180 μm para separar as frações e, a seguir, separação por densidade em bateia, seguida de separação magnética com ímã de mão e em separador magnético Frantz.

A seleção de grãos foi feita com ajuda de lupa, após o que os grãos selecionados foram colados em fita dupla face em placas de vidro. Para as análises LA-ICPMS, os grãos de zircão foram montados em *mounts* e, posteriormente, em blocos de epóxi com espessuras entre 5 e 6 mm e curados por no mínimo 48 horas. Após a secagem, foram polidos para obter superfície nivelada até expor os núcleos dos grãos e obter uma superfície plana e lisa.

1.3.6.2. Imageamento

Antes das análises LA-ICPMS, os *mounts* foram limpos em HNO_3 diluído (c. 2%), metalizados com carbono e examinados em microscópio eletrônico de varredura (MEV), equipado com espectômetro de dispersão de energia (EDS) e imageamento por retro-espalhamento de elétrons (BSE), para caracterização da morfologia e textura associada a variações composicionais.

1.3.6.3. Datação de zircão

As amostras foram montadas em célula de laser especialmente adaptada para seções polidas e carregadas em UP213 laser Nd: YAG ($\lambda = 213 \text{ nm}$) ligado a espectrômetro LA-MC-ICP-MS *Neptune*. Em seguida, utilizou-se hélio como gás transportador, misturado com Ar antes de entrar no ICP. Cada análise foi estudada e apenas os intervalos coerentes, com ausência de sinais de idade mista ou interceptos de fase secundária ou quebras, foram selecionados para o cálculo da idade final. A normalização para GJ zircão padrão ($608.5 \pm 1,5 \text{ Ma}$; Jackson et al. 2004) e cálculos de idade foram realizados a partir de planilha em Excel desenvolvida internamente no laboratório, com base em fórmulas *ISOPLOT v.3* (Ludwig, 2003). As correções para Pb comum foram realizadas nas análises, levando em consideração as razões $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ inferiores a 1000, utilizando o modelo de Stacey e Kramers (1975). A redução de dados foi

realizada segundo Böhn et al. (2009) e Matteini et al. (2009) e cálculos de idade e gráficos U-Pb nos diagramas de Concordia foram realizados usando o *software ISOPLOT* v.3 (Ludwig, 2003).

1.4. Referências bibliográficas

Böhn, B., Pimentel, M.M., Matteini, M., Dantas, E.L., 2009. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma spectrometry (LA-MC-ICP-MS). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81, 99-114. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652009000100011>

Brown, M., 2001. Orogeny, migmatites and leucogranites: A review. *Earth Planet Sci.* 110, 313–336.

Brown, M., Johnson, T., 2018. Secular change in metamorphism and the onset of global plate tectonics. *Am. Mineral.* 103, 181–196. doi:10.2138/am-2018-6166

Dantas, E.L., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 2010. Looking for the oldest rocks of South America: Paleoarchean orthogneiss of the Sobradinho Block, northernmost foreland of the São Francisco Craton, Petrolina, Pernambuco, Brazil. VII SSAGI South Am Symp Isotope Geology, S0136.

Dantas, E.L., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 2013. Looking for the Early Archean rocks in South America: U–Pb dating and Hf isotopes in zircons from the north São Francisco Craton, Brazil. *Geol Soc Amer, Annual Meeting 2013, Paper 269-5.*

Delgado, I. M. et al. (14 autores CPRM- Serviço Geológico do Brasil), 2003. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: Bizzi, L. A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M.; Gonçalves, J. H. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil, Texto, Mapas & SIG.* Serviço Geológico do Brasil/CPRM, Brasília, pp. 227-334.

DePaolo, D.J., 1981. A neodymium and strontium isotopic study of the mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the sierra Nevada and Peninsular Ranges, California. *Journal of Geophysical Research* 86.

Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J., Frost, C.D., 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *J. Petrol.* 42, 2033–2048. doi:10.1093/petrology/42.11.2033

Gioia, S.M.C.L., Pimentel, M.M., 2000. The Sm–Nd isotopic method in the geochronology laboratory of the University of Brasília. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 72 (2), 219–245.

Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A., 2004. The application of laserablation inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. *Chemical Geology* 211, 47–69.

Kelsey, D.E., Hand, M., 2015. On ultrahigh temperature crustal metamorphism: Phase equilibria, trace element thermometry, bulk composition, heat sources, timescales and tectonic settings. *Geosci. Front.* 6, 311–356.

Ludwig, K.R., 2001. User's manual for Isoplot/Ex v. 2.47. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. BGC Special Publ. 1a, Berkeley, 55 pp.

Ludwig, K.R., 2003. Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center, Special Publication 4, 70p.

Stacey, J.S., Kramers, J.D., 1975. Approximation of Terrestrial Lead Isotope Evolution by a 2-Stage Model. *Earth and Planetary Science Letters* 26(2): 207-221.

White, W.M., 2013. Geochemistry. Wiley Online Library.

2. Assinatura isotópica das rochas de 3.5 Ga do Bloco Sobradinho, Cráton do São Francisco, Petrolina – PE

Thassio Werlang ^a, Elton L. Dantas ^a, Reinhardt A. Fuck ^a, Benjamin B. de Brito Neves^b

^a Instituto de Geociências, Universidade de Brasília;

^b Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

1. Introdução

No final do Arqueano, cerca de 75% do planeta estavam cobertos de crosta continental juvenil, seguido por sucessivos eventos de retrabalhamento e reciclagem crustal, gerando o volume de exposição de rochas arqueanas, equivalente ao que se visualiza nos crátons atuais (Martin e Pinti, 2011). Segundo a compilação de dados feita por Condie (2007), as exposições arqueanas contendo rochas com mais de 3,5 Ga estão distribuídas em todos os continentes, sendo identificados apenas em torno de 10 localidades, sempre ocorrendo como pequenos fragmentos e blocos crustais no interior de áreas cratônicas, como por exemplo: Na Ásia, o Escudo Aldan (3,5 a 3,0 Ga; Pearson et al., 1995, 1999) e no Cráton Indiano (3,6 a 2,5 Ga; Ghosh, 2004); na Austrália, nos crátons Pilbara (3,5 a 2,5 Ga; Hickman e Van Kranendonk, 2012) e Yilgarn (3,7 a 3,0 Ga; Pidgeon e Wilde 1990); na África, nos Crátons do Kaapvaal (3,64 a 2,8 Ga), Central (3,5 a 3,3 Ga); na Antártica, no Complexo *Napier* (3,95 a 2,46 Ga; McCulloch and Black, 1984); nos EUA, na Província *Wyoming* (3,4 a 2,84 Ga; Mueller et al., 1996); no Canadá, na Província Superior (3,7 a 2,7 Ga; O'Neil et al., 2007), Província *Slave* (gnaisse de *Acasta* datado de 4,03 Ga; Bowring and Willians, 1999) e no Escudo Labrador (3,8 Ga); na Groenlândia, as idades arqueanas se encontram no Escudo da Groenlândia (3,9 a 2,6 Ga; Nutman et al., 2013). Por fim, no Brasil, encontramos idades antigas na Província Borborema (tonalitos do Maciço São José do Campestre de 3,5 Ga) e no Cráton do São Francisco (segundo Dantas et al., 2010) estão nos ortognaisses do Bloco Sobradinho de 3,5 a 2,7 Ga).

Martin & Moyen (2002) retratam que nos crátons arqueanos dominam rochas de composição *tonalito-trondhjemito-granodiorito* (TTGs) frequentemente associadas a sanukitóides e K-granitos que se formaram durante um período prolongado (3000-2500 Ma, e.g. Smithies e Champion, 2000; Moyen, 2011).

Moyen e Martin (2012) descrevem os TTGs como sendo ortognaisses grossos, de cor cinza (por serem derivados de rochas magmáticas), com bandas máficas e félsica bem desenvolvidas e contínuas, consistindo na banda félsica de quartzo-plagioclásio e nas camadas máficas o predomínio de biotita e anfibólio. Também mostram, quando comparados aos típicos granitos modernos, que os TTGs possuem quantidades baixíssimas de feldspatos potássicos.

Os processos de formação da crosta continental, sua preservação e reciclagem, bem como mudanças na composição química em relação ao teor de potássio e geodinâmica no Arqueano vem sendo discutidas desde 1960. Trabalhos recentes (por exemplo, Martin e Moyen, 2002; Kamber, 2015; Spencer *et al.* 2017; entre outros) nos dizem que a diferenciação da crosta continental a partir do manto e de posteriores mecanismos de retrabalhamento refletiram a interação de processos particulares em âmbito térmico e tectônico durante o Arqueano e isso representaria a evolução do nosso planeta.

No Brasil, a presença de antiga crosta arqueana associada a assembleias do tipo TTG foram inicialmente descritas no Cráton do São Francisco (ortognaisses dos blocos Gavião e Sobradinho de 3,5 a 2,7 Ga, por Martim *et al.* 1991, 1997; e.g. Nutman e Cordani, 1993; Dantas *et al.*, 2010).

O Cráton do São Francisco (CSF), é uma unidade geotectônica definida por Almeida (1969, 1977), localizado na porção centro-leste da Plataforma Sul-Americana, abrangendo, principalmente, parte dos estados da Bahia, Pernambuco e Minas Gerais, e caracterizado por ser uma região estável desde o final do Paleoproterozóico, em torno de 1.8 Ga (Alkmim *et al.*, 1993; Alkmim, 2004). O CSF é delimitado por faixas orogênicas brasileiras: (i) faixas Sergipana e Riacho do Pontal (Brito Neves *et al.*, 2000) que compõem o limite norte-nordeste do cráton; Faixa Araçuaí (Almeida, 1977; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001) a leste do cráton, considerada por alguns autores como possível extensão norte da Faixa Ribeira, localizada mais ao sul); a Faixa Brasília (Almeida, 1969; Pimentel *et al.*, 2001) acomodada na margem oeste e sul; e a Faixa Rio Preto (Brito Neves *et al.*, 2000; Caxito, 2010; Caxito *et al.* 2013), uma pequena faixa de dobramento situada mais ao norte-noroeste do Cráton.

A configuração tectônica do embasamento do CSF é dada pela divisão de segmentos crustais litosféricos distintos, representados pelos blocos Gavião, Sobradinho, Serrinha e Jequié (Barbosa *et al.*, 2012), em que cada bloco consiste em terrenos granito-*greenstone*, gerados durante o Paleo-Mesoarqueano e retrabalhados durante o Neoarqueano e Paleoproterozoico (Teixeira e Figueiredo, 1991; Teixeira *et al.*, 1996, 2017). As correlações entre os blocos da região norte do cráton em relação à evolução arqueana, principalmente entre os blocos Gavião e Sobradinho, ainda são imprecisas, sendo a principal motivação deste estudo.

Neste artigo apresentamos resultados de projeto iniciado pela descoberta de rochas paleoarqueanas na região de Petrolina-PE (Dantas *et al.*, 2010). Assim, buscando ampliar o conhecimento sobre o limite norte do SFC, onde se expõem estas rochas antigas em terrenos do tipo TTG, foi realizado estudo sistemático de isótopos Sm-Nd, geoquímica de elementos maiores, traço e terras raras e datações pelo método U-Pb em zircão, visando caracterizar os eventos magmáticos registrados na região.

2. Contexto Regional

A porção norte do Cráton do São Francisco (Figura 1), é caracterizada por dois domínios arqueanos distintos separados pelo Lineamento Contendas-Jacobina: (i) o domínio oeste corresponde aos blocos Gavião e Sobradinho; e (ii) o domínio leste, que inclui os blocos Serrinha e Jequié. (Barbosa e Sabaté, 2004). Estes blocos foram intensamente deformados, devido ao evento colisional paleoproterozoico que desenvolveu o Cinturão Itabuna–Salvador–Curaçá, uma faixa orogênica de ~2.0 Ga (Barbosa, 1997; Barbosa e Sabaté, 2004; Barbosa *et al.*, 2012). Estas evidências apontam que esta porção da crosta foi parcial ou intensamente afetada por deformação e metamorfismo granulítico em duas fases, a primeira datada por U-Pb SHRIMP em zircão para granulitos charnockíticos do Bloco Jequié, que corresponde a idade base de granulitização de todas as rochas deste bloco, em torno de 2,7 Ga, e o segundo evento de idade paleoproterozóico, entre 2,06 e 2,05 Ga, para o metamorfismo de alto grau que afeta todas as rochas com idades do protólito arqueano deste bloco crustal (Silva *et al.* 2002; Barbosa e Sabaté 2004).

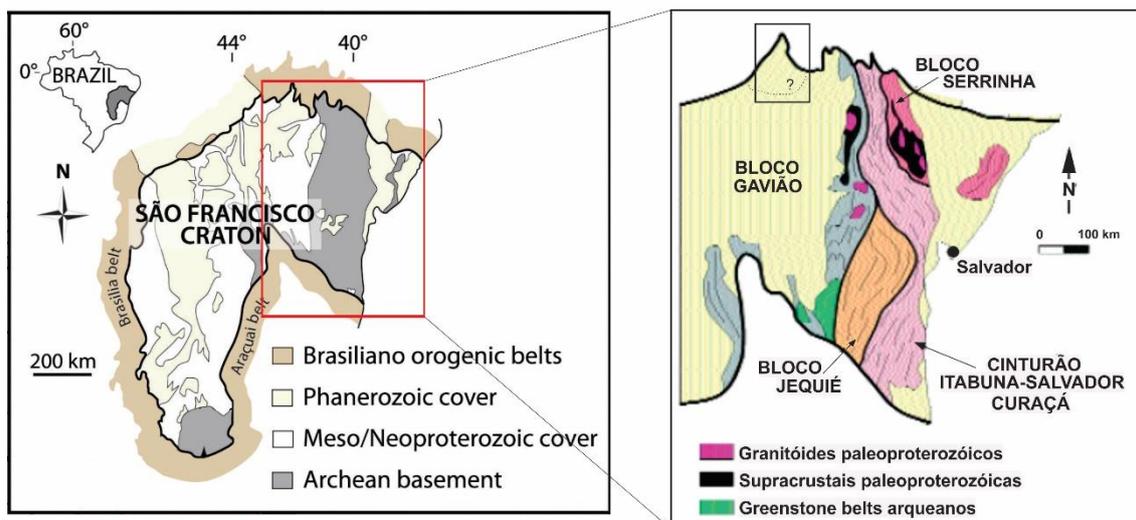


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo no território brasileiro e no Crátón do São Francisco. (mapa do crátón modificado de Alkmim & Marshak, 1998 e modificado de Alkmim 2004).

O Bloco Gavião está exposto na parte central do Crátón do São Francisco e faz limite norte com o Bloco Sobradinho. De maneira geral, é constituído por suítes do tipo TTGs, contendo gnaiss migmatíticos, metamorfizados em fácies de alto grau granulito, entre 2,7 e 2,6 Ga (Santos-Pinto et al., 2012; Peucat et al., 2003); e por sequências metavulcanossedimentares do tipo *greenstone belts* (Contendas-Mirante, Umburanas, Riacho de Santana, Mundo Novo) de ~3.2–2.9 Ga, metamorfizadas em fácies xisto verde-anfibolito (Peucat et al., 2002) de idade similar. No Bloco Gavião, o magmatismo granitoide tem assinatura isotópica juvenil, como em Serrinha e Uauá, bem como é onde está registrado as evidências de rochas mais antigas no embasamento do Crátón do São Francisco.

Assim as idades mais antigas no Crátón do São Francisco são encontradas no Complexo Riacho de Santana, o Maciço Sete Voltas e o domo gnaiss-granítico Boa Vista (Nutman e Cordani 1993; Martin et al., 1997; Peucat et al., 2002; Rios et al., 2008; Oliveira et al., 2010; Dantas et al., 2013). O Maciço Sete Voltas expõe uma evolução com vários pulsos magmáticos, indicada por xenólitos de gnaisses TTG tão antigos quanto 3403 Ma (idade $T_{DM}=3,6-3,7$ Ga) contidos em granodiorito porfirítico de 3243 Ma (idade $T_{DM}=3,5-3,7$ Ga) ou em gnaiss cinza tonalítico a trondhjemitico de 3158 Ma (idade $T_{DM}=3,5-3,6$ Ga) e diques de granito cinza de 2,6 Ga que foram gerados pela mistura de fusão

parcial toleítica arqueana (3,4 Ga) e crosta continental, ambas com valores $\epsilon_{Nd}(t)$ levemente negativos (Nutman e Cordani, 1993; Martin et al., 1997). Em contrapartida, o domo gnaiss-granítico Boa Vista é homogêneo e possui idade de cristalização 3353 Ma (Nutman e Cordani, 1993). Desta maneira se interpreta que a crosta paleo a mesoarqueana no Crátón do São Francisco é representada por segmentos com assinatura isotópica de Nd indicativa da geração crosta continental juvenil nesta época. Peucat et al. (2003) referem idade herdada U-Pb de 3,5 Ga em granitos paleoproterozóicos da região do greenstone Itapecuru. Já o Complexo Riacho de Santana mostra idade de cristalização U-Pb TIMS em zircão, intercepto superior, de 3648 ± 69 Ma. Apresenta idade modelo Sm-Nd T_{DM} de 3,9 Ga e valor negativo de $\epsilon_{Nd}(t)$, evidenciando processos de intenso retrabalhamento crustal no Paleoarqueano. A datação de leucossomas em gnaisses migmatíticos, sugerem episódios de migmatização mesoarqueanos em torno de 3,25 Ga nesta região (Barbosa et al., 2013).

Evidências indiretas de crosta primitiva hadeana, com zircões com idades em torno de 4,1 Ga, foram observadas a partir de idade detrítica de zircão em uma sequência supracrustal do Bloco Gavião (Paquette et al., 2015).

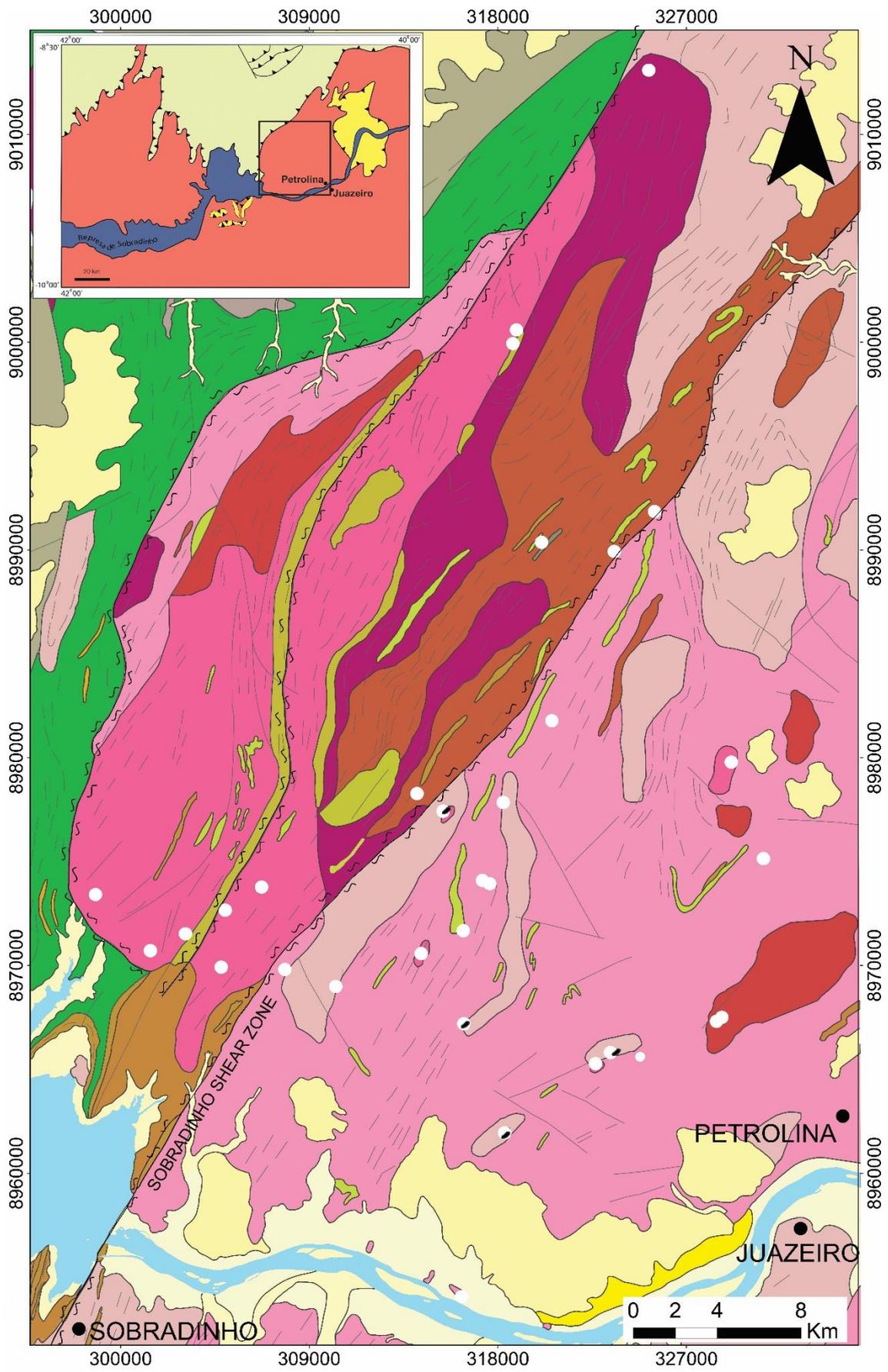
Estudos sobre evolução crustal do crátón aliados à dados geocronológicos detalhados revelam que existe uma ligação evolutiva do Paleo-Neoarqueana do Bloco Gavião ao contexto evolutivo do Sul do Crátón do São Francisco. Primeiramente pela formação de crosta continental no Paleo-Mesoarqueano, posteriormente submetida a metamorfismo e fusão ocasionando membros granito-migmatíticos entre 2,7 e 2,6 Ga (Santos-Pinto et al. 2012). Na parte Sul do crátón, o ambiente não só se caracteriza como de natureza policíclica da crosta continental meso e neoarqueana (>3,3 Ga), como já demonstrado por Lana et al. (2013), mas também contendo uma grande mudança composicional refletida pela fusão de diferentes fontes ao longo do tempo ocorrendo nos intervalos de idade U – Pb 2920-2850 Ma, 2800- 2760 Ma, 2750–2720 tendo alto teor de K para granitóides e ortognaisses (Farina et al. 2015). Não obstante, episódios de intrusão juvenil de magma alcalinos também ocorreram entre 2850 e 2520 Ma em todo o Bloco Gavião (Marinho et al. 1994a, b; Cruz et al. 2012; Santos-Pinto et al. 2012; Bastos Leal et al. 2003).

3. Geologia do Bloco Sobradinho

O Bloco Sobradinho (SBB) foi descrito com maior detalhamento geológico por Angelim (1997). Expõe-se na região do vale do Rio São Francisco, inserida em contexto geotectônico que abrange o extremo norte do paleocontinente do São Francisco. Mapeamentos posteriores promovidos pela CPRM aumentaram a resolução dos mapas regionais para 1:100.000 (Loureiro e Macêdo, 2019). Pouco se conhece sobre a geologia do Bloco Sobradinho, que compreende o embasamento cratônico, exposto em extensa janela tectônica e erosional, entre empurrões da faixa Riacho do Pontal de idade brasileira (Brito Neves, 1983).

Na região de Petrolina se destacam exposições de ortognaisses migmatíticas com enclaves de gabro/dioritos granulizados de idade paleoarqueana, nos quais Dantas et al. (2010) observaram uma população de zircão datada por U-Pb em 3537 ± 8 Ma, com idades modelo Hf T_{DM} em zircão entre 3,7 e 3,9 Ga (Dantas et al., 2010, 2013). Idades modelo Sm-Nd T_{DM} são de até 3,7 Ga (Dantas et al., 2010, 2013). Ainda, regionalmente, pode-se encontrar ortognaisses de assinaturas semelhantes a TTGs, porém com assinatura de magmas cálcio-alcálinos, datando do Mesoarqueano ao Neoarqueano (Delgado et al., 2003).

A integração de dados de geologia de campo e de geoquímica isotópica desse trabalho permite propor nova estratigrafia para as diferentes unidades de mapeamento encontradas na região (Figura 2). A principal unidade reconhecida é um conjunto suíte de rochas arqueanas do tipo TTG na região de Petrolina, denominada Suíte Petrolina, constituída de gnaisses migmatíticos, orientados na direção N20E, formando faixas alongadas no trend principal da deformação regional. Corpos de granulitos máficos ocorrem como enclaves máficos e diques intrusivos na Suíte Petrolina ao longo de todo o bloco. Os gnaisses da suíte são intensamente migmatizados por múltiplas fases de leucossomas graníticos, que podem evoluir para corpos passíveis de individualização em escala de mapa. O limite da unidade é a falha de Sobradinho, de direção N30E.



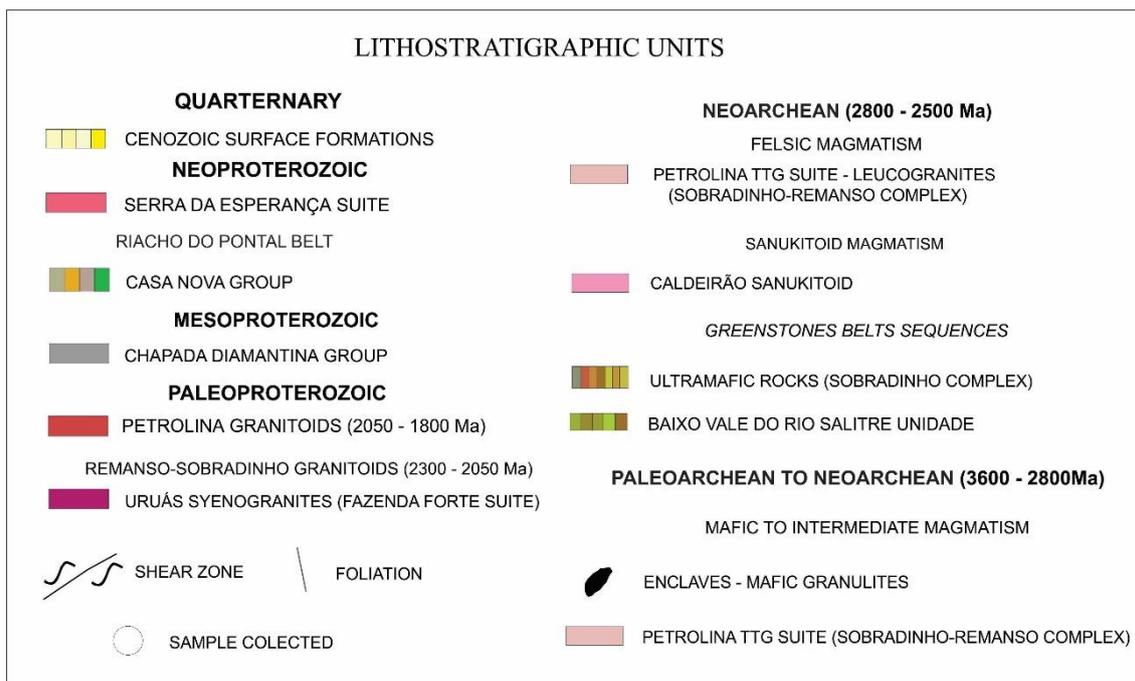


Figura 2: Mapa geológico da área de estudo demonstrando as relações de contato e os pontos de amostra coletadas para análise. (modificado de Loureiro e Macêdo, 2019)

Ortognaisses graníticos ocorrem a oeste da falha de Sobradinho, formando um corpo elipsoidal, em faixa de 20 km, com composição predominantemente monzo- a sienogranítica. Corpos de hornblenda sienogranitos são intrusivos nas unidades anteriormente descritas e constituem o magmatismo paleoproterozóico registrado no Bloco Sobradinho.

3.1. Suíte TTG Petrolina

A Suíte TTG Petrolina corresponde à unidade de maior distribuição de rochas na área e está localizada na parte leste do Bloco Sobradinho, arredores de Petrolina. As rochas em sua totalidade são gnaisses migmatíticos, comumente exibindo tipos estromáticos (Figura 3A), *schlieren* ou *schollen*, segundo a terminologia de Sawyer (2008), correspondendo a fácies da transição metatexito-diatexito a diatexitos. São rochas de coloração cinza, granulação média a grossa, de composição, em sua maioria, tonalítica, variando para rochas de composições trondhjemíticas e granodioríticas, formando típica suíte TTG (Figura 3F). As rochas que constituem a maior proporção da suíte são classificadas como biotita-hornblenda granodioritos a biotita tonalitos, de granulação média, de cor cinza.

A mineralogia principal (Figura 4A) é constituída por oligoclásio saussuritizado (An₂₀₋₂₄), augita, ferro-hornblenda, quartzo e biotita. Allanita,

epidoto, zircão e apatita são acessórios. O melanossoma pode se aproximar composicionalmente do protólito e forma camadas de espessuras variadas, de centímetros até quase um metro, e seu volume total no migmatito é estimado em mais de 30%. Já o leucossoma é composto por plagioclásio e quartzo, juntamente com enriquecimento tardio em K-feldspato. Apresenta também fragmentos aglomerados de anfibólio, piroxênio, biotita, plagioclásio e granada.

Com maior intensidade da deformação na rocha, aumenta a taxa de recristalização, com a geração de feições de rotação de subgrãos e *ribbons* de quartzo, mostrando extinção em *chessboard*, sugerindo deformação em alta temperatura (650 °C; Stipp et al., 2002). A fusão localizada nos gnaisses é caracterizada por *melt films* de K-feldspato intersticial na matriz da rocha.

Tabela 1. Principais componentes mineralógicos dos grupos de rochas do Bloco Sobradinho.

	Ultramafic rocks		Mafic enclaves			Intermediate rocks				Felsic rocks					
Classification:	Gabbros to amphibolites		Diorites to gabbros			TTGs		Sanukitoids		Leucogranites			Hornblende-syenogranite to syenogranite bearing garnet		
Total samples:	n = 3		n = 10			n = 9		n = 12		n = 12			n = 8		
Sample:	TW - 5B	TW - 5A	TW - 5C	TW - BROW	TW - 2A2	TW - GRAY	TW - 29	TW - 15	TW - 17	TW - 26C	TW - 24B	TW - WHITE	TW - URU	TW - 24A	TW - 14
Quartz	>2	-	5-10	~5	~5	~25	~20	~30	~30	~30	~25	~30	~30	~30	~25
Amphibole	~30	~20	~20	>10	~20	~10	>10	>10	>10	>1	>1	>1	-	>5	>5
Alkali-feldspar	>1	-	>1	>2	-	5-10	>5	~30	~25	30-40	~35	~40	25-30	~30	~35
Plagioclase	~10	~15	~40	~45	~35	~45	~50	~35	>40	~30	~35	>25	~25	~25	~25
Orthopyroxene	~20	~40	>10	>5	~20	>2	>1	-	-	>1	>1	>1	-	-	-
Clinopyroxene	~35	>6	~20	~15	>8	-	>1	-	-	-	-	-	-	-	-
Biotite	>1	-	>2	>10	~5	~10	>10	>10	>10	>1	>1	>1	>10	>10	>10
Others*	>7	>10	~10	>10	>10	>8	>10	>1	>1	-	-	-	>5	>5	>10

*Others include apatite, zircon, magnetite, ilmenite, titanite, and/or allanite

3.2. Granulitos máficos

Os granulitos máficos são encontrados principalmente como enclaves e diques, foliados, de granulação média a grossa e composição gabro-diorítica, encaixados nos ortognaisses migmatíticos da Suíte TTG Petrolina. Podem formar blocos foliados, com ~40 a ~60 cm de comprimento. Quando se encontram como xenólitos boudinados (Figura 3C) ou diques autólitos máficos dispersos na suíte TTG (Figura 3B), correspondem às rochas mais antigas da região.

Os fragmentos possuem bordas irregulares e ocorrem paralelos às camadas de neossoma leucocrático nos gnaisses, evidenciando que o evento ocorreu em estado sólido. A assembleia mineral dos granulitos máficos (Figura 4B) consiste em oligoclásio/andesina (An₂₅₋₃₀), augita, ferrosilita, ferrohornblenda e ferro-edenita, em menor proporção, annita. Allanita, zircão e apatita

ocorrem como acessórios. O quartzo presente é tardio é intersticial. Os opacos são ilmenita, calcopirita e pirita. A principal textura é granoblástica, subordinadamente, granolepidoblástica.

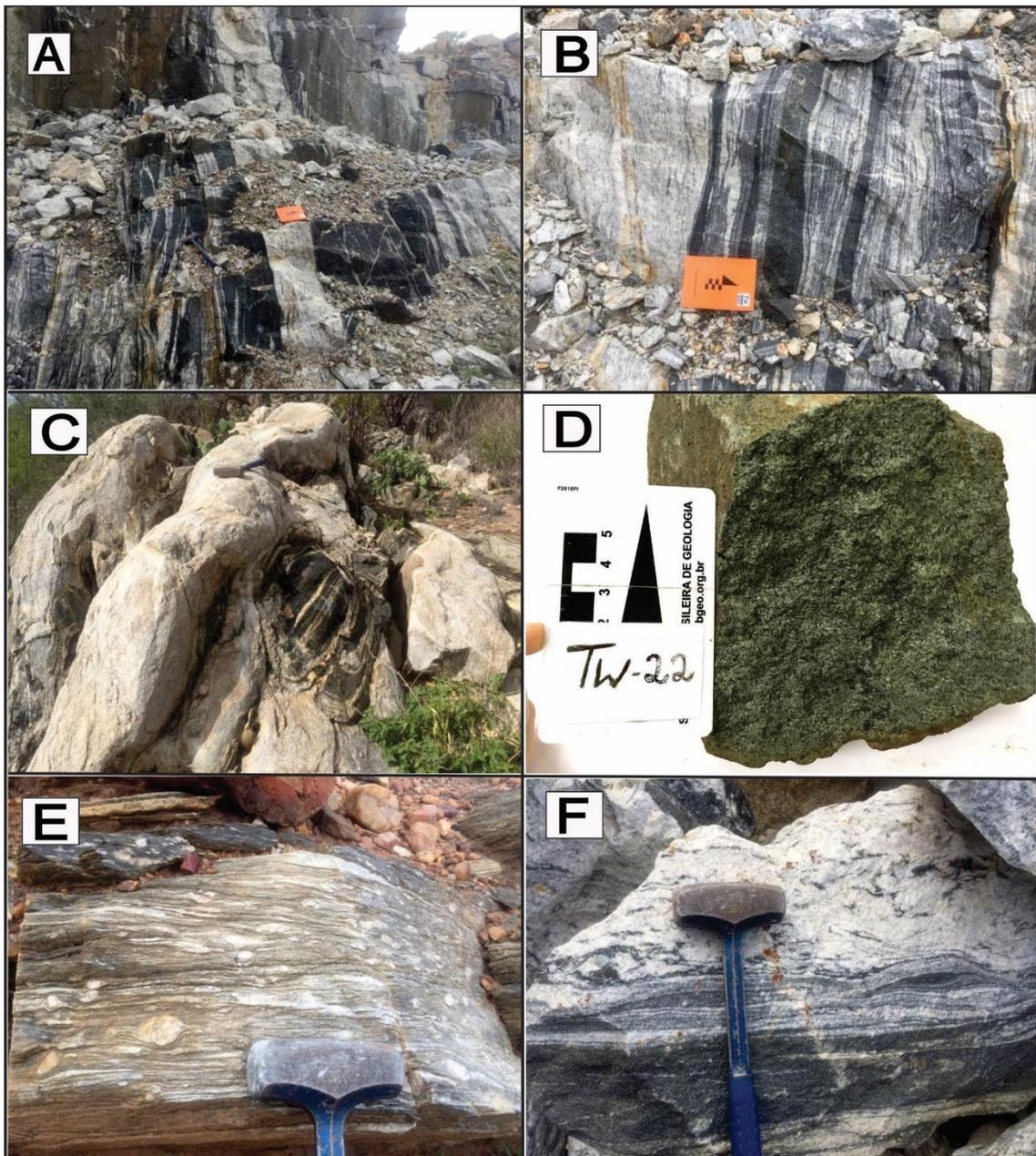


Figura 3: A) Fotografia de um ortognaisse migmatítico de feição estromática B) bandamento no ortognaisse onde, as bandas branca-acinzentada representam trondhjemitos misturados com tonalitos e neossoma e/ou diques máficos; C) Fotografica de afloramento destacando um mega xenólito boudinado (centro da foto) com injeções de neossoma; D) amostra de um tremolitito; E) Fotografia de um sanukitóides porfirótico milonitizado; F) Fotografia de uma amostra destacando a variação composicional e espessura do bandamento de neossoma.

3.3. Rochas máfico-ultramáficas.

Rochas máfico-ultramáficas são encontradas, principalmente, como corpos alongados a lenticulares e dobrados no interior da Suíte TTG Petrolina, na porção central do Bloco Sobradinho. Correspondem a rochas maciças (Figura 3D) a foliadas, de granulação média a fina, com composição variando entre gabro, anfibolito e tremolitito, de coloração verde escura a cinza-esverdeada. Os tremolititos se apresentam mais xistosos e, geralmente, lenticulares. A mineralogia essencial é tremolita-actinolita, talco, micas, podendo ocorrer leucoxênio e opacos. Já os gabros e anfibolitos são compostos por tremolita-actinolita, hornblenda, piroxênio, plagioclásio e biotita. Essas rochas passaram por intensos processos de alteração, como uralitização de piroxênio, saussuritização de plagioclásio e processos de substituição dos anfibólios por clorita, e epidoto.

3.4. Sanukitóides Caldeirão

Os sanukitóides Caldeirão ocorrem com maior amplitude na parte oeste do Bloco Sobradinho, na forma de intrusão alongada de ~30 km² na região de Lagoa do Caldeirão, porém também aparecem intrudidos na Suíte TTG Petrolina na região leste do bloco. Essas rochas são registradas pela primeira vez na região. São reconhecidas como ortognaisses rosa acinzentados a rosados, de granulação média a fina, dependendo da distância da zona de cisalhamento de Sobradinho, com regime deformacional transcorrente predominantemente dextral, ao longo da qual foram fortemente retrabalhados. Na zona de cisalhamento adquirem aspecto de augen-gnaisses a milonitos de cor cinza (Figura 3E), com sigmoides de leucogranitos tardios, concordantes com a foliação e com lineação de estiramento também concordante com o *trend* regional. Para oeste, são reconhecidos como ortognaisses de composição variando entre monzogranito e sienogranito, de cor rosada, de granulação predominantemente média a grossa (ocorrendo também porfirítico, figura 5B), deformados, com injeções de sienogranito com megacristais de K-feldspato sigmoidal.

As rochas mais comuns são classificadas como hornblenda sienogranitos a hornblenda monzogranitos com biotita, de granulação média, de cor rosada,

mostrando paragênese de fácies anfibolito alto (Figura 5A). São inequigranulares e a mineralogia principal é representada por ferro-hornblenda, microclínio, plagioclásio saussuritizado, quartzo e annita. Zircão e apatita são acessórios.

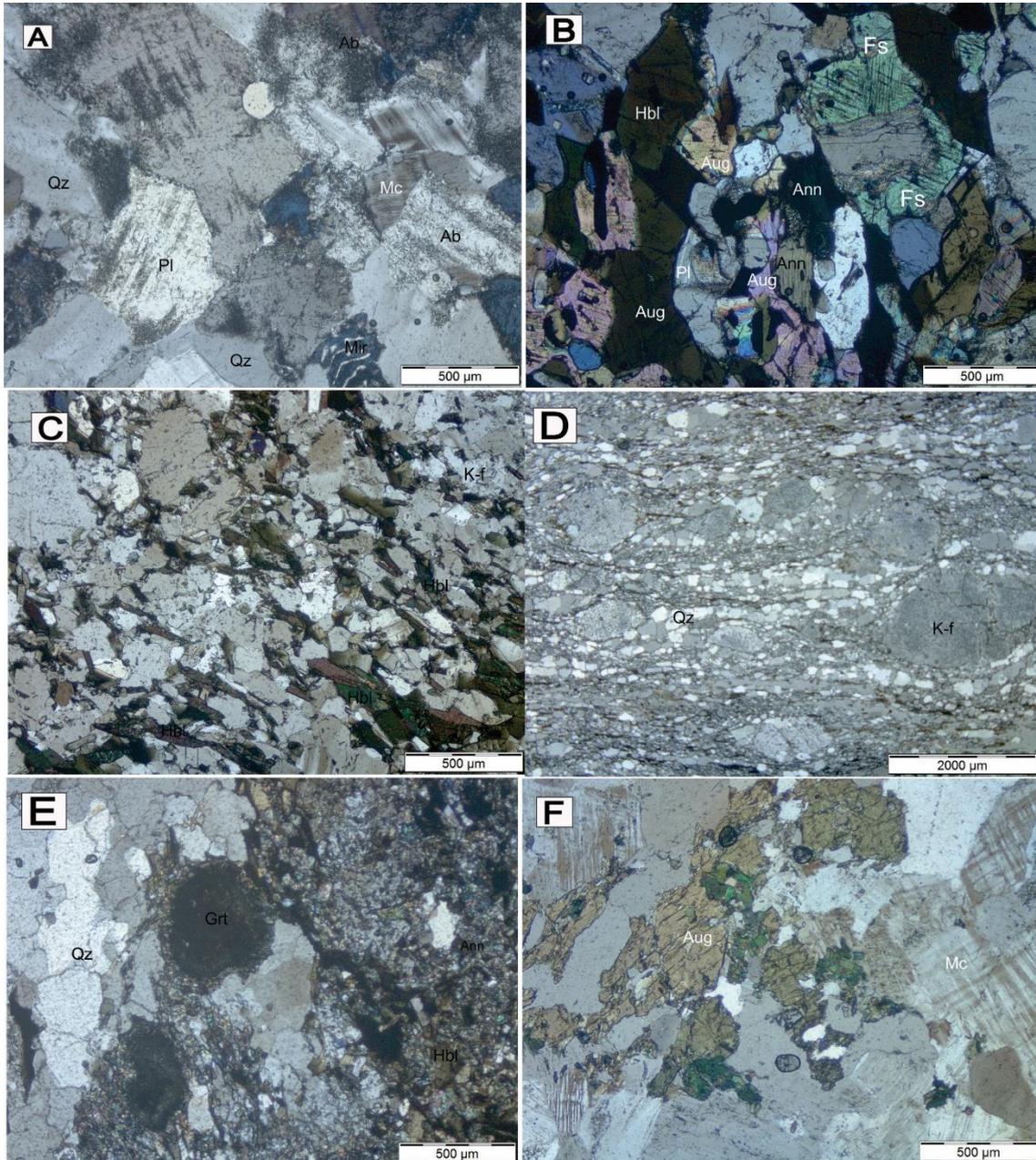


Figura 4: A) Fotomicrografia da mineralogia essencial do ortogneisse mostrando a textura principal; B) Mineralogia essencial dos granulitos máficos com foliação indicada por minerais máficos; com destaque nas duas espécies de piroxênio com as bordas uralitizadas; C) textura granonematoblástica dos hornblenda-sienogranito; D) Mineralogia principal do sanukitóides, destaque para a forte recristalização devido à deformação; E) Amostra do granitóide com aglomerados de minerais máficos e granada; F) Mineralogia principal de leucogranitos com destaque para as aglomerações de piroxênios.

A textura é granolepidoblástica e ocorrem recristalizações de migração lenta e rápida de bordas, rotação de subgrãos e *ribbons* (Figura 4D). Observa-se também *melt films*, megaporfiroclastos de K-feldspato na matriz e, localmente, textura lepidoblástica.

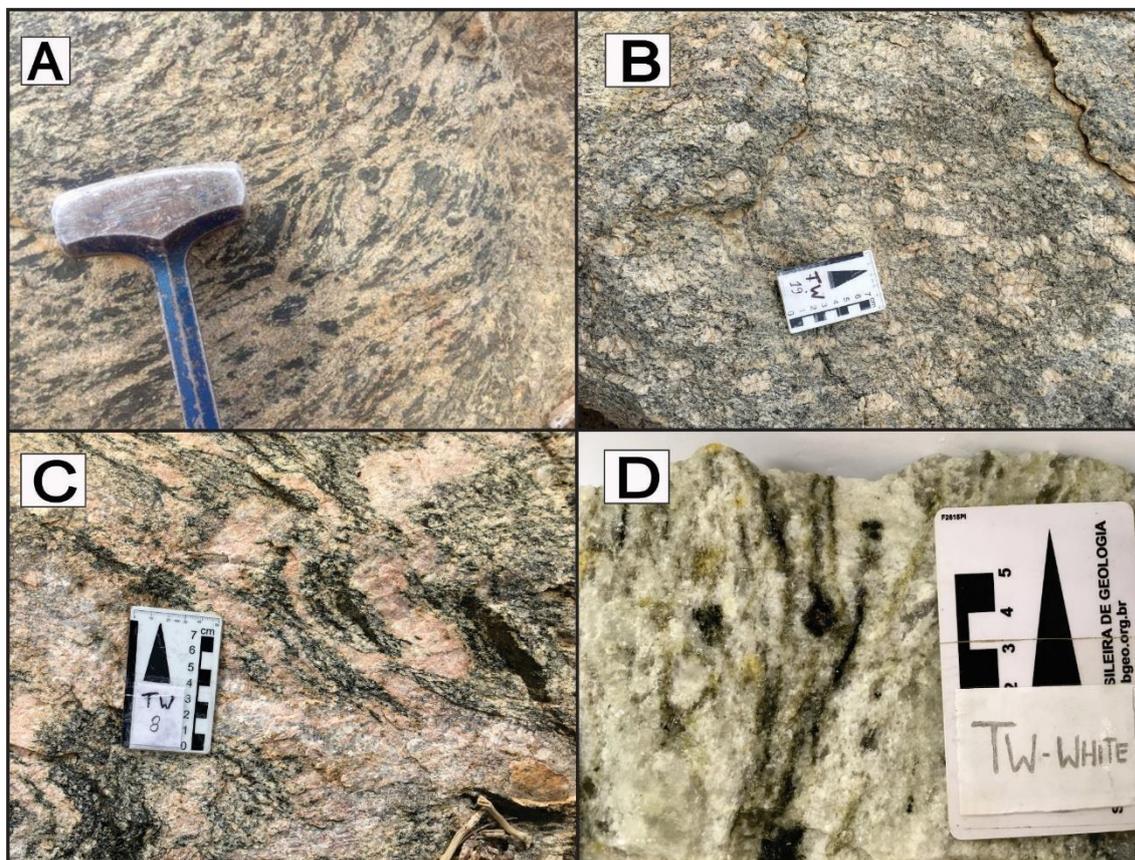


Figura 5: A) Fotografia de um sanukitóides rosado com alta concentração de minerais máficos; B) Fotografia de um sanukitóides porfírico; C) Fotografia de afloramento de um granitóide cálcio alcalino de alto potássio; D) amostra do leucogranito com bandas contendo granada, biotita, hornblenda e piroxênio;

Em algumas exposições desta unidade é possível reconhecer efeitos de migmatização localizada, com fácies de transição entre metatexito-diatexito a diatexito, porém a estrutura predominante é em *schlieren*. A estrutura em *schollen* está relacionada com a fragmentação de megaenclaves (comprimento podendo chegar a 5 metros) de rocha máfica dobrada, seguindo o *trend* principal NE-SW. É notável, também, a presença de injeções de neossoma nos megaenclaves e, localmente, pequenas zonas de cisalhamento indicadas por estruturas S-C. O melanossoma representa aproximadamente 40-50% do volume, sendo que as camadas possuem espessuras variadas, de centímetros até quase um metro, compostas principalmente por hornblenda, biotita,

plagioclásio e pouco quartzo, juntamente com epidoto, zircão, apatita e ilmenita. O leucossoma é rico em K-feldspato e quartzo, juntamente com plagioclásio.

3.5. Leucogranitos Petrolina

Os leucogranitos Petrolina correspondem a leucossomas e granitos anatéticos que cortam os ortognaisses da Suíte TTG Petrolina em toda a extensão do bloco Sobradinho. Essas rochas são álcali-granitos ou leucogranitos, de granulação grossa, ligeiramente foliados, com forte tendência química trondhjemítica a granítica, ou seja, são compostas majoritariamente por plagioclásio e quartzo, com enriquecimento tardio em K-feldspato. Ocorrem como injeções dobradas. Essas rochas foram metamorfozadas na fácies anfibolito alto, são inequigranulares e a mineralogia principal é representada por oligoclásio saussuritizado (An_{20-24}), quartzo e microclínio. Zircão e apatita são acessórios. Possuem textura granoblástica e ocorrem recristalizações com migração lenta e rápida de bordas e textura em *chessboard* no quartzo (Stipp et al., 2002). O enriquecimento em K-feldspato se dá em processo tardio, gerando sobreposição dos grãos em relação à matriz. Observa-se, também, *melt films* e aglomerados de granada (Figura 5D), hornblenda, biotita e augita (Figura 4F).

3.6. Granitóide Uruás

O granitóide Uruás ocorre na parte norte do bloco, na região do Povoado de Uruás, na forma de intrusão alongada de 25 km². É representado por hornblenda sienogranito a sienogranito (Figura 5C), cinza claro a rosado de granulação fina a grossa, foliado segundo o *trend* regional. A assembleia mineral é constituída por quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita e/ou hornblenda e granada (Figura 4C e Figura 4E). Como acessórios ocorrem muscovita, zircão e apatita. Nas fácies com hornblenda, a granulação é grossa, são foliados e cortados por diques de sienogranito discordantes da foliação e segregações de biotita e hornblenda. Nos membros sienograníticos sem hornblenda a granulação é média e mostram-se pontuais feições de fusão parcial, gerando neossoma pegmatítico róseo, rico em K-feldspato e granada. Essas rochas foram intensamente retrabalhadas pela zona de cisalhamento de Sobradinho, gerando milonitos.

4. Geoquímica

Análises químicas das unidades, apresentadas na Tabela 2 (métodos analíticos constam do APPENDIX A1), foram utilizadas para definir as características geoquímicas dos grupos de rochas, permitindo distinguir séries magmáticas e fazer comparações entre elas.

4.2. O magmatismo toleítico do Bloco Sobradinho

Granulitos máficos e rochas ultramáficas

Todas as amostras de rochas máficas, com composição gabro- diorítica, do Bloco Sobradinho estudadas mostram tendência toleítica nos diagramas classificatórios tipo AFM (Irvine e Baragar, 1971) (Figura 6b). Já na figura 6a, as amostras rochas assumem um comportamento de EMORB distinguindo-se em dois grupos sendo que o mais enriquecido em LILE é, também, levemente enriquecido em Nb.

Os elementos maiores são representados por 47-57% de SiO₂, 0,92-2,05% de TiO₂, 11,20-21,40% de Al₂O₃, 0,97-10,85% de CaO, 11,65-17,15% de Fe₂O₃ e 3,17-8,20% de MgO. Em alguns casos, observa-se enriquecimento em K₂O (~4%), , bem como altas concentrações de Ti e Cr.

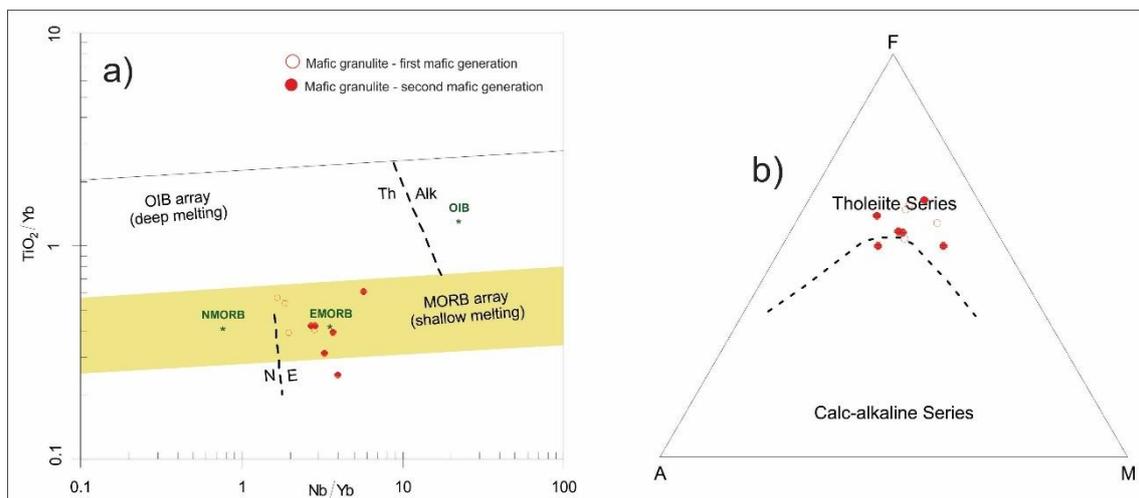


Figura 6: a) Diagrama de classificação de Pearce (2008) para as rochas máficas; b) Plot somente com as rochas máficas demonstrando a tendência toleítica, no diagrama AFM (Irvine e Baragar, 1971);

Baseado no padrão de ETR, as rochas máficas foram divididas em dois grupos distintos, como pode ser observado na Figura 7a.

Os padrões REE das rochas máficas do primeiro grupo, normalizados ao condrito, mostram enriquecimento em LREE e padrões horizontalizados característicos para HREE. A maioria das amostras desse grupo mostra anomalias levemente negativas de Eu (Eu/Eu^* varia de 0,62 a 0,75), implicando em papel significativo da separação de plagioclásio na fonte. A abundância de elementos-traço incompatíveis (Figura 7b) sugere que as rochas máficas do primeiro grupo são caracterizadas pelo enriquecimento de alguns elementos de baixo potencial iônico (LILE), como Rb, Ba, Sr e depletados ou fracamente depletados em relação aos elementos de alta força de campo (HFSE), como Nb, Ta, P, Ti, Y e Yb. Além disso, os elementos de baixo potencial iônico são facilmente remobilizados quando há uma fase fluida.

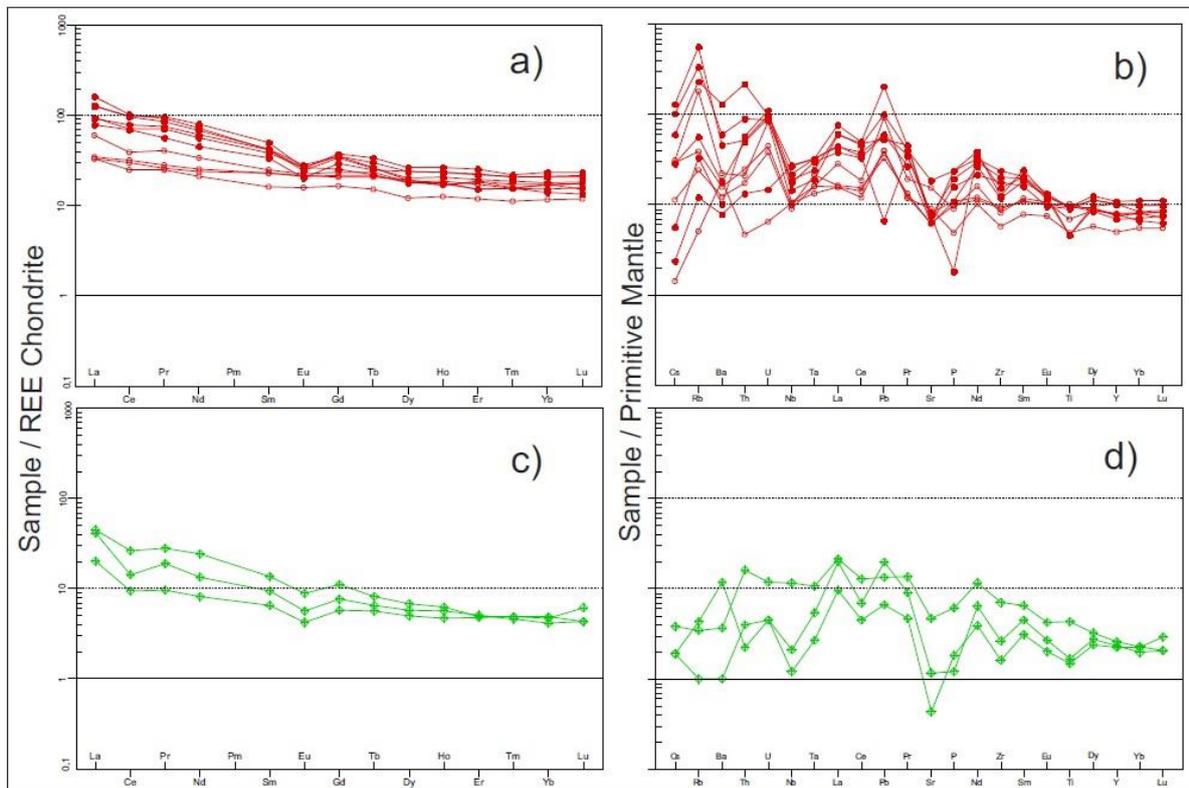


Figura 7: a) Diagrama de REE normalizado ao Condrito (Boynton, 1984) de granulitos máficos, demonstrando dois grupos de rochas máficas; b) Diagrama de elementos-traço (McDonough e Sun, 1995) dos granulitos máficos; c) Diagrama de REE normalizado ao Condrito (Boynton, 1984) de rochas ultramáficas, com padrão fracamente negativo em Eu e horizontalizado dos elementos terras raras pesados; d) Diagrama de elementos-traço (McDonough e Sun, 1995) de rochas ultramáficas, com anomalia negativa em Sr e Ce.

Tabela 2. Concentração de elementos maiores (wt. %) e elementos traço (ppm) das amostras do Bloco Sobradinho.

Sample	TW 2A	TW 2A1	TW 5C	TW BROW	TW PPA	TW PPB	TW 11A	TW 3	TW 2A2	TW 9	TW 10	TW 29	TW 16	TW PPC	TW PPD	TW PPE	TW GRAY	TW 26B	TW 13
Litology	Gabbroic to dioritic enclaves										Orthogneiss Tonalite-trondhjemite-granodiorite								
Unidade	Mafic granulites										TTGs								
Geog. Coordinates (LAT/LONG)	8961937/ 318322	8961937/ 318322	8971667/ 316353	8965803/3 23375	8965803/3 23375	8965803/ 323375	8981771/ 320579	8967192/ 316377	8961937/ 318322	8977426/ 315395	8977845/ 318260	8989921/ 323552	8973407/ 298813	8965803/ 323375	8965803/ 323375	8965803/ 323375	8965803/ 323375	8975141/ 330671	8968980/ 310271
SiO ₂	56.40	49.20	50.30	49.60	47.40	51.30	47.70	49.70	49.20	48.90	72.70	69.90	74.00	72.40	71.10	73.30	71.20	69.10	78.40
TiO ₂	1.87	1.40	0.99	1.90	2.05	1.83	1.92	0.92	0.93	1.93	0.25	0.55	0.16	0.30	0.31	0.22	0.38	0.38	0.30
Al ₂ O ₃	13.15	14.10	13.50	12.55	12.35	13.55	12.25	21.40	11.20	12.40	14.55	14.50	14.45	15.00	15.35	15.10	15.60	15.85	10.90
Fe ₂ O ₃	12.90	13.75	13.95	16.35	17.15	13.65	15.60	11.65	13.95	16.60	1.89	2.63	1.22	3.15	2.93	1.87	2.46	2.91	2.51
MnO	0.16	0.22	0.21	0.22	0.25	0.20	0.21	0.12	0.37	0.23	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
MgO	3.17	5.75	6.53	5.24	5.45	4.97	6.06	4.05	8.20	5.71	0.63	1.02	0.32	0.91	0.86	0.52	0.80	0.83	1.07
CaO	6.31	8.81	10.65	9.14	9.60	8.15	6.36	0.97	10.85	9.26	2.66	3.97	1.16	3.24	3.32	2.89	2.88	3.28	0.41
Na ₂ O	0.80	2.54	2.21	2.87	2.73	3.41	0.24	1.96	2.10	2.27	4.10	5.08	4.33	4.79	4.92	4.63	4.49	4.66	3.20
K ₂ O	3.76	2.18	0.30	1.10	1.08	1.18	4.84	3.49	1.03	0.46	2.54	0.86	3.95	1.23	1.24	2.12	2.70	1.92	2.31
P ₂ O ₅	0.39	0.15	0.08	0.18	0.16	0.26	0.32	0.03	0.39	0.18	0.08	0.20	0.05	0.09	0.12	0.09	0.09	0.12	0.11
Mg#	30.46	42.71	45.49	36.36	36.16	39.36	40.91	38.26	51.17	38.01	37.27	40.88	31.86	33.99	34.35	33.14	36.70	33.71	43.18
LOI	1.46	1.19	0.76	0.48	0.43	0.77	2.71	4.22	1.21	1.03	0.54	1.29	0.80	0.55	0.43	0.45	0.61	1.31	1.08
TOTAL	100.46	99.37	99.51	99.67	98.69	99.31	98.29	98.64	99.61	99.00	100.05	100.07	100.59	101.73	100.67	101.31	101.38	100.45	100.40
Ba (ppm)	394.00	147.50	124.50	105.50	81.10	117.50	303.00	861.00	68.50	51.80	509.00	126.00	857.00	132.00	168.50	507.00	868.00	137.50	772.00
Rb	203.00	108.50	3.10	23.70	14.60	34.10	341.00	139.50	20.00	7.30	78.20	45.50	134.50	55.70	53.00	66.60	98.80	106.00	73.40
Cr	30.00	220.00	60.00	110.00	120.00	150.00	260.00	240.00	1170.00	70.00	<10	10.00	<10	10.00	<10	<10	10.00	<10	<10
Ni	37.00	86.00	70.00	58.00	68.00	55.00	111.00	132.00	442.00	65.00	7.00	12.00	1.00	14.00	14.00	10.00	13.00	7.00	11.00
V	211.00	278.00	308.00	330.00	369.00	287.00	265.00	184.00	129.00	367.00	15.00	60.00	<5	43.00	34.00	24.00	35.00	36.00	27.00
Sr	373.00	309.00	181.50	123.50	126.00	127.50	152.00	129.00	162.50	207.00	323.00	309.00	336.00	426.00	395.00	379.00	421.00	63.20	63.20
Zr	250.00	87.00	61.00	99.00	95.00	190.00	211.00	162.00	132.00	125.00	134.00	273.00	124.00	144.00	213.00	217.00	206.00	138.00	182.00
Nb	12.50	7.00	6.90	6.50	6.00	11.60	18.00	14.60	17.80	8.30	12.90	4.60	5.50	4.50	2.80	3.90	6.40	7.60	7.60
Y	43.40	33.60	21.40	32.30	34.40	44.10	47.30	44.10	33.70	30.10	4.30	15.60	3.90	9.40	9.20	6.20	5.10	3.80	10.40
Th	7.29	1.68	0.38	1.98	1.41	4.04	4.18	17.40	4.65	1.08	8.48	13.25	11.85	9.11	5.93	28.00	15.40	6.20	10.85
Ga	22.30	19.80	15.80	19.50	19.30	19.90	25.80	36.90	20.90	16.80	17.60	21.30	19.80	18.80	19.50	18.20	20.50	23.20	15.00
U	1.73	1.68	0.13	0.91	0.77	1.82	1.99	1.99	2.23	0.30	1.78	1.47	2.16	0.91	0.42	1.22	1.44	1.44	1.78
Cu	20.00	33.00	141.00	74.00	103.00	64.00	6.00	<1	<1	241.00	3.00	3.00	3.00	39.00	40.00	19.00	3.00	3.00	27.00
Pb	15.00	14.00	6.00	5.00	6.00	9.00	9.00	31.00	8.00	<2	21.00	19.00	25.00	17.00	15.00	16.00	15.00	42.00	3.00
La	40.00	18.80	10.20	10.80	10.30	24.60	28.60	50.10	38.90	29.40	25.90	64.10	27.70	39.70	29.90	81.40	54.60	19.00	58.10
Ce	77.70	31.40	20.30	25.80	24.10	55.70	64.10	83.60	79.70	57.60	36.70	120.00	37.10	70.00	57.60	143.00	80.50	36.10	87.10
Pr	10.40	4.95	3.02	3.43	3.17	6.92	9.20	11.40	11.70	8.73	4.21	13.05	4.12	7.38	6.63	15.35	7.16	3.98	10.05
Nd	40.70	20.20	12.80	15.10	14.40	27.20	37.10	43.60	48.50	34.10	13.70	43.00	13.30	26.10	22.90	50.80	21.10	13.60	30.40
Sm	8.35	4.87	3.17	4.43	4.44	6.56	8.05	8.17	9.86	7.44	2.12	6.32	1.71	3.70	4.48	7.28	2.98	2.17	3.98
Eu	2.08	1.64	1.16	1.57	1.56	1.50	1.89	1.78	1.93	1.96	0.65	1.11	0.52	0.86	0.98	1.15	0.88	0.60	0.82
Gd	9.17	6.01	4.24	5.33	5.53	7.65	9.67	8.86	9.09	6.63	1.78	4.14	1.15	3.06	3.11	4.10	1.68	1.82	2.72
Tb	1.43	1.10	0.72	0.98	1.03	1.19	1.60	1.22	1.26	1.04	0.19	0.62	0.14	0.41	0.44	0.43	0.24	0.20	0.45
Dy	7.76	5.85	3.90	6.25	5.93	7.62	8.49	6.56	6.12	5.78	0.84	3.07	0.61	1.91	1.88	1.87	0.95	1.04	2.05
Ho	1.67	1.33	0.90	1.22	1.22	1.67	1.92	1.48	1.27	1.29	0.17	0.52	0.12	0.34	0.36	0.26	0.19	0.14	0.38
Er	4.70	3.64	2.52	3.81	3.91	4.60	5.37	4.07	3.22	3.21	0.34	1.29	0.38	0.81	1.01	0.64	0.47	0.36	0.88
Tm	0.67	0.50	0.36	0.51	0.56	0.69	0.72	0.60	0.50	0.50	0.05	0.20	0.05	0.11	0.11	0.07	0.07	0.05	0.12
Yb	4.42	3.58	2.45	3.53	3.60	4.34	4.89	3.71	2.95	3.15	0.20	0.91	0.40	0.69	0.72	0.46	0.48	0.30	0.70
Lu	0.69	0.49	0.38	0.57	0.56	0.67	0.76	0.59	0.43	0.51	0.05	0.15	0.04	0.13	0.11	0.06	0.06	0.04	0.13
(La/Yb)N	6.49	3.77	2.99	2.19	2.05	4.07	4.20	9.69	9.46	6.69	92.89	50.53	49.67	41.27	29.79	126.93	81.59	45.43	59.54
Eu/Eu*	0.73	0.93	0.97	0.99	0.96	0.65	0.65	0.64	0.62	0.85	1.02	0.66	1.13	0.78	0.80	0.64	1.20	0.92	0.76

Tabela 2. Continuação.

Sample	TW 1B	TW PPH	TW 28A	TW 2C	TW WHITE	TW 6	TW PPG	TW PPF	TW 11C	TW 21	TW 24 B	TW 26C	TW 18 B	TW 17	TW 1A	TW 18 A	TW 8B	TW 4	TW 27
Litology	Alkali-granites or leucogranites										Hornblende syncronanite and hornblende monzogranite with biotite								
Unidade	Leucogranites										Sanukitoids								
Geog. Coordinates (LAT/LONG)	8965277/ 322669	8965803/ 323375	8991841/ 325479	8961937/3 18322	8965803/3 23375	8973935/ 317608	8965803/ 323375	8965803/ 323375	8981771/ 320579	8990360/ 320087	8967307/ 328437	8975141/ 330671	8972656/ 304996	8971521/ 303097	8965277/ 322669	8972656/ 304996	8977420/ 315390	8970568/ 314340	8979781/ 329136
SiO ₂	76.50	76.50	74.10	74.20	76.50	76.90	75.20	74.90	74.10	71.20	74.10	77.20	75.20	75.80	73.10	77.40	76.10	72.10	74.20
TiO ₂	0.06	0.08	0.09	0.18	0.06	0.03	0.03	0.14	0.11	<0.01	0.05	0.03	0.11	0.13	0.24	0.10	0.10	0.37	0.16
Al ₂ O ₃	13.70	13.40	14.40	13.90	14.30	13.85	14.05	13.95	14.40	0.31	14.10	13.35	14.45	13.80	14.50	13.30	13.70	14.15	14.75
Fe ₂ O ₃	1.04	0.83	0.85	1.45	0.77	0.25	0.36	1.58	0.79	25.20	1.17	0.50	0.72	1.13	1.88	0.72	1.34	2.43	1.16
MnO	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	<0.01	0.01	0.02	0.01	0.36	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01
MgO	0.15	0.12	0.19	0.44	0.12	0.05	0.04	0.16	0.25	1.55	0.15	0.07	0.34	0.17	0.34	0.27	0.17	0.80	0.33
CaO	1.64	1.53	1.25	2.05	1.43	0.74	0.62	1.47	1.70	0.91	1.02	0.69	0.71	1.03	1.63	0.69	1.05	2.21	2.12
Na ₂ O	3.90	3.60	3.92	4.08	3.50	3.23	2.91	3.60	3.85	0.02	3.90	3.13	3.29	4.08	3.93	3.48	4.06	3.67	3.98
K ₂ O	3.55	4.25	4.72	3.01	5.09	6.04	7.14	4.82	4.28	0.01	5.84	6.16	5.65	4.24	4.23	4.80	4.50	3.24	3.75
P ₂ O ₅	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	<0.01	0.01	0.05	0.03	0.04	0.06	0.03	0.06	0.04	0.08	0.06	0.05	0.07	0.05
Mg#	20.45	20.49	28.49	35.10	21.74	26.28	16.53	15.29	36.07	9.88	18.60	19.97	45.70	21.15	24.38	40.66	18.44	36.98	33.65
LOI	0.95	0.38	0.65	0.97	0.49	0.75	0.53	0.64	0.89	0.55	0.62	0.63	0.87	0.74	0.94	0.81	0.74	1.17	0.57
TOTAL	101.57	100.78	100.32	100.46	>102.00	101.98	101.04	101.50	100.57	100.15	101.09	101.87	101.49	101.26	101.01	101.70	101.95	100.39	101.26
Ba (ppm)	382.00	481.00	814.00	887.00	766.00	1150.00	1120.00	1320.00	1180.00	18.80	529.00	545.00	531.00	555.00	823.00	453.00	1020.00	1125.00	1165.00
Rb	97.80	107.50	132.00	55.70	136.00	168.50	222.00	139.50	95.00	0.80	157.00	110.00	188.00	180.00	140.50	214.00	75.50	71.40	96.90
Cr	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ni	1.00	1.00	1.00	6.00	1.00	1.00	<1	<1	1.00	36.00	1.00	3.00	1.00	1.00	3.00	2.00	1.00	9.00	4.00
V	<5	9.00	12.00	18.00	12.00	<5	8.00	9.00	<5	10.00	10.00	8.00	<5	<5	10.00	<5	9.00	38.00	17.00
Sr	172.50	214.00	256.00	233.00	215.00	183.50	189.00	257.00	375.00	2.20	98.40	191.00	174.00	215.00	354.00	195.00	191.00	340.00	497.00
Zr	94.00	20.00	118.00	80.00	78.00	49.00	18.00	36.00	112.00	2.00	4.00	55.00	89.00	96.00	167.00	94.00	114.00	209.00	174.00
Nb	2.50	2.30	2.80	2.20	2.50	0.70	2.70	17.20	2.30	0.60	2.50	0.40	5.30	6.20	3.70	4.60	2.40	7.00	1.90
Y	1.60	1.00	2.90	1.20	1.30	1.00	1.80	1.60	1.60	16.20	6.80	0.50	5.70	4.70	4.10	6.20	6.40	4.70	4.90
Th	15.95	0.84	7.62	1.22	4.08	0.40	3.20	3.56	7.13	0.14	1.00	2.26	16.30	15.90	25.00	13.75	6.25	17.00	23.70
Ga	19.10	16.70	19.10	17.20	16.70	14.40	14.90	18.50	16.40	1.80	20.10	15.80	16.90	21.40	21.60	16.60	18.80	19.60	19.00
U	1.40	0.20	1.18	0.30	0.88	0.37	1.38	2.19	0.67	0.05	0.16	1.38	10.55	3.11	2.27	19.05	0.32	0.57	0.58
Cu	1.00	12.00	1.00	10.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	28.00	<1	10.00	1.00	4.00	1.00	1.00	3.00	4.00	2.00
Pb	28.00	25.00	49.00	14.00	27.00	23.00	41.00	30.00	24.00	<2	13.00	18.00	33.00	29.00	30.00	29.00	13.00	12.00	24.00
La	6.90	3.90	8.40	10.10	7.20	8.50	3.80	10.50	25.60	39.60	12.30	4.40	20.20	22.60	55.60	30.60	45.20	98.20	69.70
Ce	10.70	5.60	28.90	12.50	11.30	11.40	4.40	18.80	38.00	12.20	18.70	6.30	45.40	39.80	81.50	59.00	82.00	156.50	112.00
Pr	1.28	0.59	1.39	1.27	1.15	1.20	0.42	2.03	3.85	8.99	2.16	0.53	4.35	4.07	7.82	6.01	9.71	17.30	10.65
Nd	4.80	1.90	4.80	3.90	3.70	3.80	1.10	7.10	11.40	30.90	9.30	1.60	14.20	12.50	23.60	20.10	33.10	56.20	32.40
Sm	0.73	0.49	1.02	0.59	0.84	0.51	0.29	1.26	1.39	4.85	2.09	0.31	3.01	2.03	3.05	3.15	5.29	5.59	4.17
Eu	0.51	0.53	0.61	0.83	0.71	0.79	0.69	0.89	0.86	0.99	1.25	0.66	0.53	0.41	0.77	0.74	1.36	1.35	0.95
Gd	0.44	0.27	0.86	0.45	0.41	0.28	0.28	0.78	0.80	4.45	1.84	0.12	2.42	1.63	1.27	2.71	3.24	2.36	2.38
Tb	0.03	0.03	0.11	0.04	0.06	0.03	0.04	0.10	0.07	0.63	0.32	0.01	0.36	0.19	0.20	0.27	0.45	0.27	0.28
Dy	0.27	0.25	0.38	0.20	0.22	0.24	0.25	0.34	0.30	2.93	1.36	0.09	1.36	0.89	0.85	1.46	1.70	0.90	0.90
Ho	0.05	0.03	0.09	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.06	0.60	0.27	0.01	0.22	0.14	0.15	0.24	0.29	0.21	0.14
Er	0.18	0.06	0.33	0.20	0.14	0.12	0.20	0.22	0.15	1.54	0.83	0.03	0.50	0.37	0.32	0.59	0.68	0.46	0.37
Tm	0.02	0.02	0.03	<0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.22	0.10	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.02	0.05
Yb	0.17	0.14	0.31	<0.03	0.25	0.10	0.14	0.10	0.13	1.45	0.45	0.05	0.41	0.30	0.29	0.42	0.41	0.34	0.23
Lu	0.03	0.03	0.05	0.01	0.04	0.02	0.05	0.02	0.03	0.16	0.07	0.03	0.07	0.05	0.06	0.08	0.09	0.07	0.06
(La/Yb)N	29.11	19.98	19.44	-	20.66	60.97	19.47	75.32	141.25	19.59	19.61	63.12	35.34	54.04	137.52	52.26	79.08	207.17	217.37
Eu/Eu*	2.75	4.45	1.99	4.92	3.70	6.39	7.40	2.74	2.49	0.65	1.95	10.46	0.60	0.69	1.20	0.77	1.00	1.14	0.92

Tabela 2. Continuação.

Sample	TW 7	TW 19	TW 15	TW 23	TW LC	TW 8A	TW 14	TW URU	TW 8C	TW 20	TW 24 A	TW 25	TW 11B	TW 5A	TW 5B	TW 22
Litology	Hornblende syenogranite and hornblende monzogranite with biotite					Hornblende syenogranite to syenogranite bearing garnet							Gabbro and amphibolites			
Unidade	Sanukitoids					Granitic rocks							Ultramafic greenstone belt sequences			
Geog. Coordinates (LAT/LONG)	8974093/ 317269	8973766/ 306735	8969919/ 304803	9000585/ 318892	8970706/ 301423	8977420/ 315390	8969801/ 307839	9013083/ 325203	8977420/ 315390	8978272/ 314147	8967307/ 328437	8967501/ 328689	8981771/3 20579	8971667/ 316353	8971667/ 316353	8999927/ 318719
SiO ₂	54.50	75.90	76.00	74.40	74.60	68.50	73.00	76.60	76.10	63.00	74.10	77.00	68.10	52.10	43.40	44.80
TiO ₂	1.03	0.25	0.09	0.25	0.12	0.62	0.12	0.02	0.19	0.33	0.33	0.20	0.56	0.34	0.88	0.30
Al ₂ O ₃	21.20	13.25	13.70	14.15	14.30	15.40	14.50	13.70	12.60	17.00	12.45	11.25	15.05	3.94	5.54	7.26
Fe ₂ O ₃	11.30	1.61	0.52	1.73	1.01	3.70	1.28	0.66	2.28	4.03	3.21	2.48	3.59	9.91	14.05	11.10
MnO	0.11	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.04	0.07	0.05	0.02	0.03	0.15	0.16	0.18
MgO	3.62	0.35	0.10	0.47	0.18	1.05	0.41	0.05	0.39	1.79	0.14	0.28	1.02	18.20	23.40	21.10
CaO	1.27	1.28	0.87	1.32	1.23	2.60	0.87	0.71	1.28	0.08	1.22	0.46	1.96	11.60	4.74	7.57
Na ₂ O	2.12	3.66	3.53	3.46	4.54	4.45	4.23	4.15	3.69	1.09	3.38	2.93	3.70	0.29	0.61	0.11
K ₂ O	2.71	4.02	5.25	4.78	3.83	2.37	4.39	4.35	3.81	11.40	4.98	5.36	4.66	0.13	0.07	0.01
P ₂ O ₅	0.03	0.07	0.05	0.05	0.03	0.21	0.15	0.03	0.09	0.03	0.05	0.01	0.22	0.02	0.10	0.03
Mg#	36.35	27.93	25.53	32.63	24.11	33.59	36.35	11.90	23.37	44.19	7.21	16.75	33.62	76.60	74.80	77.21
LOI	2.88	0.67	0.62	0.93	0.49	1.22	0.68	0.78	0.85	1.21	0.34	0.31	0.96	2.90	6.56	5.25
TOTAL	100.91	101.12	100.84	101.65	100.43	100.25	99.79	101.11	101.40	100.09	100.32	100.31	99.98	99.98	99.81	98.16
Ba (ppm)	779.00	290.00	682.00	610.00	571.00	485.00	959.00	283.00	771.00	523.00	624.00	126.50	924.00	78.30	24.50	6.70
Rb	94.60	119.00	168.00	101.50	163.00	82.60	98.30	160.50	63.80	362.00	158.00	211.00	168.50	2.60	2.10	0.60
Cr	250.00	<10	<10	10.00	<10	10.00	<10	<10	<10	10.00	<10	<10	<10	2160.00	2890.00	3380.00
Ni	117.00	2.00	1.00	5.00	1.00	12.00	10.00	1.00	5.00	<1	<1	<1	9.00	1560.00	555.00	989.00
V	179.00	14.00	<5	26.00	13.00	42.00	8.00	13.00	16.00	42.00	11.00	10.00	47.00	108.00	116.00	85.00
Sr	178.00	192.50	323.00	249.00	236.00	372.00	189.00	69.60	120.00	40.70	84.80	13.40	305.00	23.20	94.30	8.70
Zr	208.00	140.00	81.00	168.00	92.00	328.00	85.00	51.00	279.00	982.00	395.00	477.00	464.00	28.00	74.00	17.00
Nb	15.20	7.90	3.60	6.70	6.20	21.10	4.40	6.50	3.40	36.80	26.40	42.30	10.80	1.40	7.60	0.80
Y	6.10	10.10	4.50	5.50	5.40	20.70	43.40	23.90	19.20	42.00	51.90	62.50	14.80	10.00	11.10	9.60
Th	12.25	13.30	11.35	14.35	13.05	8.85	11.05	10.65	5.25	25.30	16.75	30.60	43.40	0.18	1.30	0.32
Ga	38.40	18.50	16.90	20.40	22.50	25.30	16.40	20.50	17.70	28.60	25.10	29.10	22.80	7.10	9.30	8.00
U	0.82	0.94	0.77	1.00	4.28	0.57	1.91	6.39	0.57	12.40	1.38	5.48	1.15	0.09	0.24	0.09
Cu	1.00	12.00	1.00	<1	<1	4.00	6.00	1.00	4.00	3.00	4.00	<1	1.00	96.00	18.00	<1
Pb	31.00	18.00	20.00	26.00	35.00	6.00	48.00	45.00	9.00	34.00	24.00	22.00	13.00	3.00	2.00	<2
La	43.90	40.30	53.60	58.20	21.00	96.00	37.80	13.70	69.40	115.50	73.30	101.00	144.50	13.00	14.00	6.30
Ce	71.10	70.10	87.90	105.50	34.40	150.50	46.10	22.40	120.00	223.00	147.00	203.00	247.00	11.60	21.50	7.60
Pr	8.47	9.01	9.79	11.40	3.38	18.05	7.16	2.81	14.65	27.00	16.65	22.70	27.60	2.32	3.45	1.19
Nd	30.00	29.60	31.10	36.70	10.50	59.70	26.50	9.40	53.90	94.90	57.10	79.70	85.10	8.10	14.70	4.90
Sm	4.46	4.40	3.63	5.78	1.92	8.49	6.38	2.16	9.11	16.35	11.65	15.10	10.55	1.85	2.67	1.28
Eu	1.52	0.78	1.14	0.94	0.42	1.34	1.36	0.32	1.48	1.60	1.73	0.60	0.91	0.42	0.65	0.31
Gd	2.68	3.65	1.81	3.39	1.25	7.04	8.50	2.44	7.24	12.30	10.35	13.45	5.14	1.98	2.89	1.51
Tb	0.30	0.43	0.19	0.35	0.19	0.90	1.42	0.52	1.01	1.78	1.81	2.17	0.64	0.31	0.39	0.27
Dy	1.23	1.84	0.92	1.43	0.96	4.26	7.36	3.52	4.68	8.90	9.54	11.90	3.14	1.85	2.18	1.61
Ho	0.24	0.30	0.17	0.20	0.15	0.86	1.56	0.78	0.84	1.79	1.85	2.52	0.60	0.41	0.45	0.34
Er	0.54	0.88	0.32	0.48	0.55	2.04	3.65	2.38	1.84	4.79	5.74	6.46	1.38	1.07	1.03	1.01
Tm	0.07	0.07	0.05	0.06	0.09	0.22	0.46	0.37	0.24	0.60	0.73	0.92	0.17	0.15	0.16	0.16
Yb	0.53	0.40	0.27	0.33	0.52	1.09	2.56	2.52	1.32	4.27	4.67	5.59	1.09	0.87	1.02	0.99
Lu	0.09	0.07	0.06	0.07	0.06	0.17	0.31	0.35	0.19	0.63	0.65	0.76	0.13	0.14	0.14	0.20
(La/Yb)N	59.41	72.27	142.40	126.51	28.97	63.18	10.59	3.90	37.71	19.40	11.26	12.96	95.09	10.72	9.85	4.56
Eu/Eu*	1.34	0.59	1.36	0.65	0.83	0.53	0.56	0.43	0.56	0.34	0.48	0.13	0.38	0.67	0.72	0.68

Já os padrões REE normalizados ao condrito das rochas máficas do segundo grupo não demonstram enriquecimento em LREE, seguindo padrões horizontalizados para LREE e HREE e mostrando padrão primitivo em relação às rochas do outro grupo. Não possuem anomalia positiva de Eu ($Eu/Eu^* \sim 0,99$), implicando que não houve separação de plagioclásio na fonte. O enriquecimento mais discreto em LILE (Figura 7b) como Rb, Ba e Sr, e depletação em relação aos elementos de alta potencial iônico (HFSE), como Nb, Ta, P, Ti, Y e Yb, sugere que as rochas ultramáficas do segundo grupo podem não ter sido afetadas pelo enriquecimento em K. Além disso, a comparação dos dois grupos em relação a REE e elementos-traço (principalmente Rb, Ba e Sr) indica que as rochas dos dois grupos foram geradas por fontes similares, porém as do segundo grupo podem ter sido geradas por fontes mais primitivas, sem influência de fase fluida de remobilização.

Já as rochas ultramáficas (tremolíticos) são ricas em MgO, Cr e Ni. Além disso, possuem altos teores de TiO_2 (0,5%), Al_2O_3 (média 5,58%) e CaO (média de 7%) e são pobres em SiO_2 (< 53% em peso). As composições rochosas refletem altos teores de piroxênio e anfibólio, minerais dominantes nessas rochas. Como em algumas outras rochas ultramáficas, as concentrações de K_2O (média 0,07%), Na_2O (média 0,29%), P_2O_5 e muitos elementos-traço são muito baixos. Os padrões REE normalizados ao condrito (Figura 7c) mostram fraco enriquecimento em LREE, exceto em Ce, anomalia fracamente negativa em Eu ($Eu/Eu^* \sim 0,68$), seguindo padrões horizontalizados para HREE e demonstrando padrão primitivo desses elementos. O padrão de elementos-traço normalizado por manto primitivo dessas rochas (Figura 7d) mostra que são fortemente depletadas em Sr e Ce em relação ao manto primitivo e enriquecidas em La.

4.4. Magmatismo Félsico do Bloco Sobradinho

Suite TTGs, Sanukitóides, Leucogranitos e Granitóides Uruás.

As rochas magmáticas da suite TTG são ricas em SiO_2 (68-79% em peso), cálcicas a calcio-alcálicas (Figura 7a), metaluminosas a levemente peraluminosas ($0,5 \leq A/CNK \leq 1,2$), com altos teores de Na_2O (~3-5% em peso). Nem todos possuem baixa razão K_2O/Na_2O (<0,5) devido a enriquecimento

tardio em K. Com base no conteúdo de Al_2O_3 de Barker e Arth (1976), essas rochas podem ser classificadas no grupo de alto teor de Al ($Al_2O_3 > 15\%$ em peso) e baixo teor de óxidos ferromagnesianos ($FeOt + MgO + MnO + TiO_2 \leq 5$).

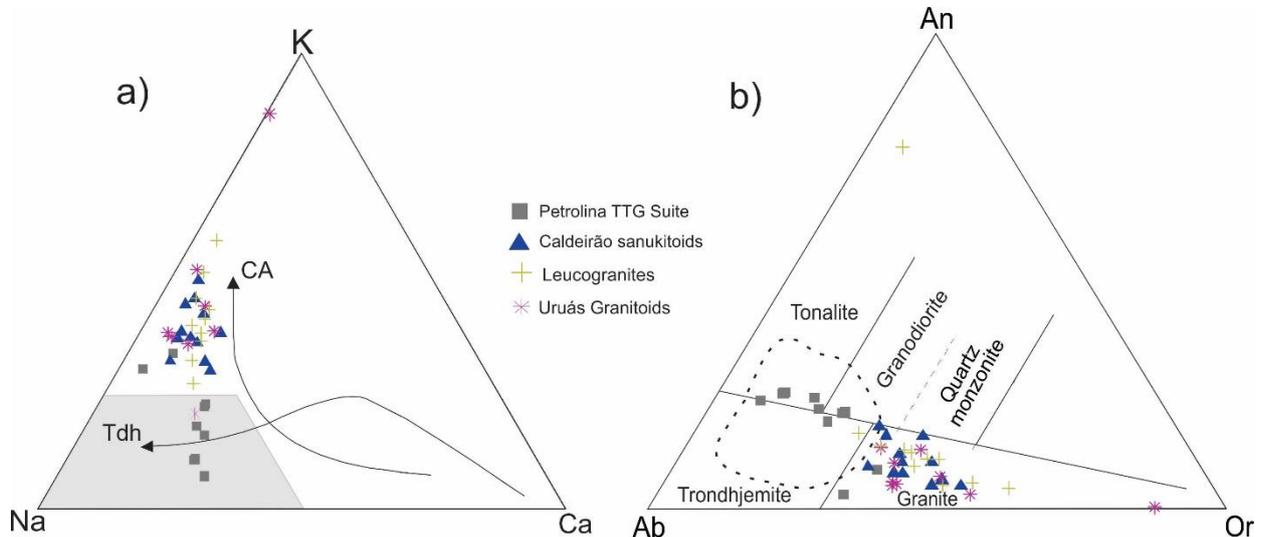


Figura 8: a) Diagrama Na-K-Ca (Barker e Arth, 1976) discriminando a tendência de diferenciação transição trondhjemítica-cálcio-alcina dos sanukitoides, tendência de trondhjemítica dos TTGs e cálcio-alcina dos granitóides e leucogranitos. b) Diagrama triangular normativo Ab-Na-Or (O'Connor, 1965) com o campo de TTGs arqueanos de Moyen & Martin (2012).

Os sanukitóides ou granitos cálcio-alcinos com alto Mg possuem ampla distribuição em SiO_2 (~54-74% em peso), são cálcio-alcinos a álcali-cálcicos (Figura 9b), peraluminosos ($1 \leq A/CNK \leq 2,0$), MgO (0,1-3,0% em peso), com alto Fe_2O_3 (1-11% em peso), TiO_2 (0,10–1,3% em peso), CaO (0,6–2,21% em peso) e K_2O ($2,7 \leq K_2O \leq 5,6\%$ em peso). Contêm altos teores de óxidos ferromagnesianos ($5 \leq FeOt + MgO + MnO + TiO_2 \leq 25\%$ em peso).

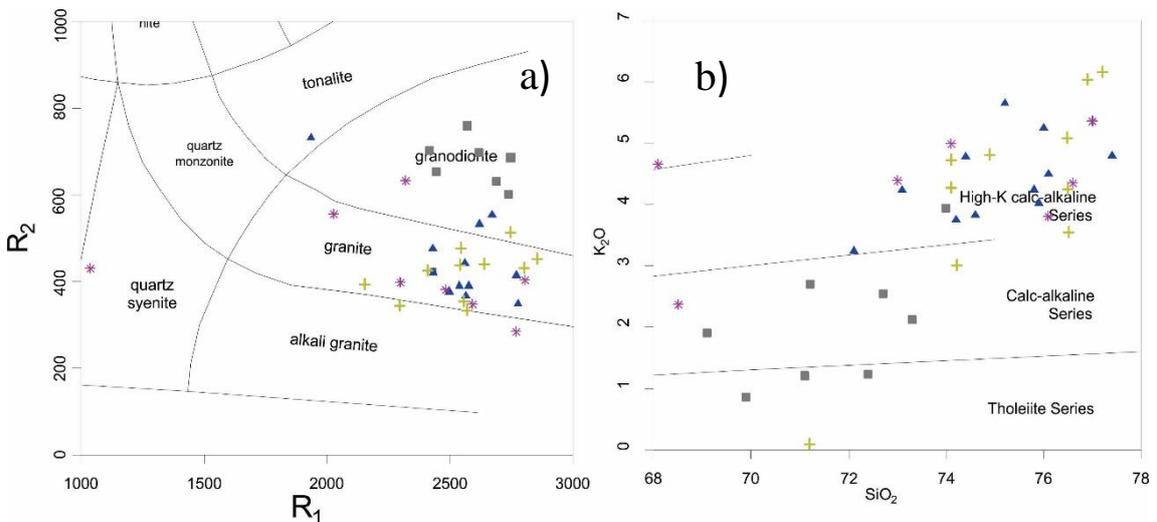


Figura 9: a) Diagrama de classificação R1-R2 de De la Roche (1980) para todas as rochas félsicas; b) Plot de todas as rochas félsicas no diagrama de Peccerillo e Taylor (1976).

Os leucogranitos são rochas ricas em SiO₂ (74-76% em peso), calcio-alcálicos a álcali-calcicos (Figura 9b), com altas relações K₂O/Na₂O (~1-3). No entanto, são mais pobres em Al (13 ≤ Al₂O₃ ≤ 14% em peso) e mais ricos em elementos ferromagnesianos (1 ≤ FeOt + MgO + MnO + TiO₂ ≤ 8% em peso), levando a afinidades levemente metaluminosas a peraluminosas (0,95 ≤ A / CNK ≤ 1,1).

Os granitóides Uruás, incluem biotita granitos e hornblenda sienogranitos possuem alto teor de sílica (68 ≤ SiO₂ ≤ 77% em peso) (Figura 9), afinidade metaluminosa a levemente peraluminosa (0,9 > A / CNK < 1,2), baixas quantidades de óxidos ferromagnesianos (1 ≤ FeOt + MgO + MnO + TiO₂ ≤ 4 % em peso) e clara assinatura alto potássio (com K₂O de ~ 5% em peso, em algumas amostras pode chegar a 11%). Baixas concentrações de CaO (<2% em peso) levam a baixas proporções de CaO/(Na₂O + K₂O) e Al₂O₃ (11-17% em peso), elevando as concentrações de Al₂O₃/(FeOt + MgO).

As amostras representativas do magmatismo félsico são plotadas nos mesmos diagramas classificatórios, para melhor visualização das diferentes tendências geoquímicas das rochas do Bloco Sobradinho.

No diagrama Ab-An-Or de Barker (1979) e Na-K-Ca (Martin, 1994), Figura 8, as rochas da suite TTG caem no campo delimitado por Moyen & Martin (2012), distinguindo-se dos granitóides e leucogranitos, que se superpõem no campo de granitos de diferenciação cálcio-alcálica. Já os sanukitóides caem nos campos granito-quartzo monzonito.

Os padrões de elementos terras raras (REE) das rochas da suite TTG são caracterizados pelo alto conteúdo de REE leves (LREE) e baixo conteúdo de REE pesados (HREE), sem anomalia de Eu (Figura 10a e 10b).

Padrões dos diagramas de elementos terras raras leves (LREE) e HREE dos sanukitóides (Figura 10c) são semelhantes aos dos TTGs. Já nos diagramas de elementos-traço normalizados ao manto primitivo (Figura 10d) os sanukitóides são caracterizados por anomalias negativas de Nb-Ta, sendo que são deslocados pelas concentrações mais altas dos outros elementos incompatíveis. Possuem concentrações razoáveis de Ba (600-1000 ppm) e Sr (200-400 ppm), resultando em razões Ba/Rb e Sr/Y significativamente altas. Já em termos de elementos de transição, possuem razoável conteúdo em V (até 50

ppm), Ni (1-110 ppm) e Cr (>10, porém uma amostra apresenta 250 ppm). Essas rochas ainda mostram razões $(La/Yb)_N$ de 50–217 e anomalia de Eu ($0,6 \leq Eu/Eu^* \leq 1,3$). Este carácter geoquímico dual dos sanukitóides entre a abundância em

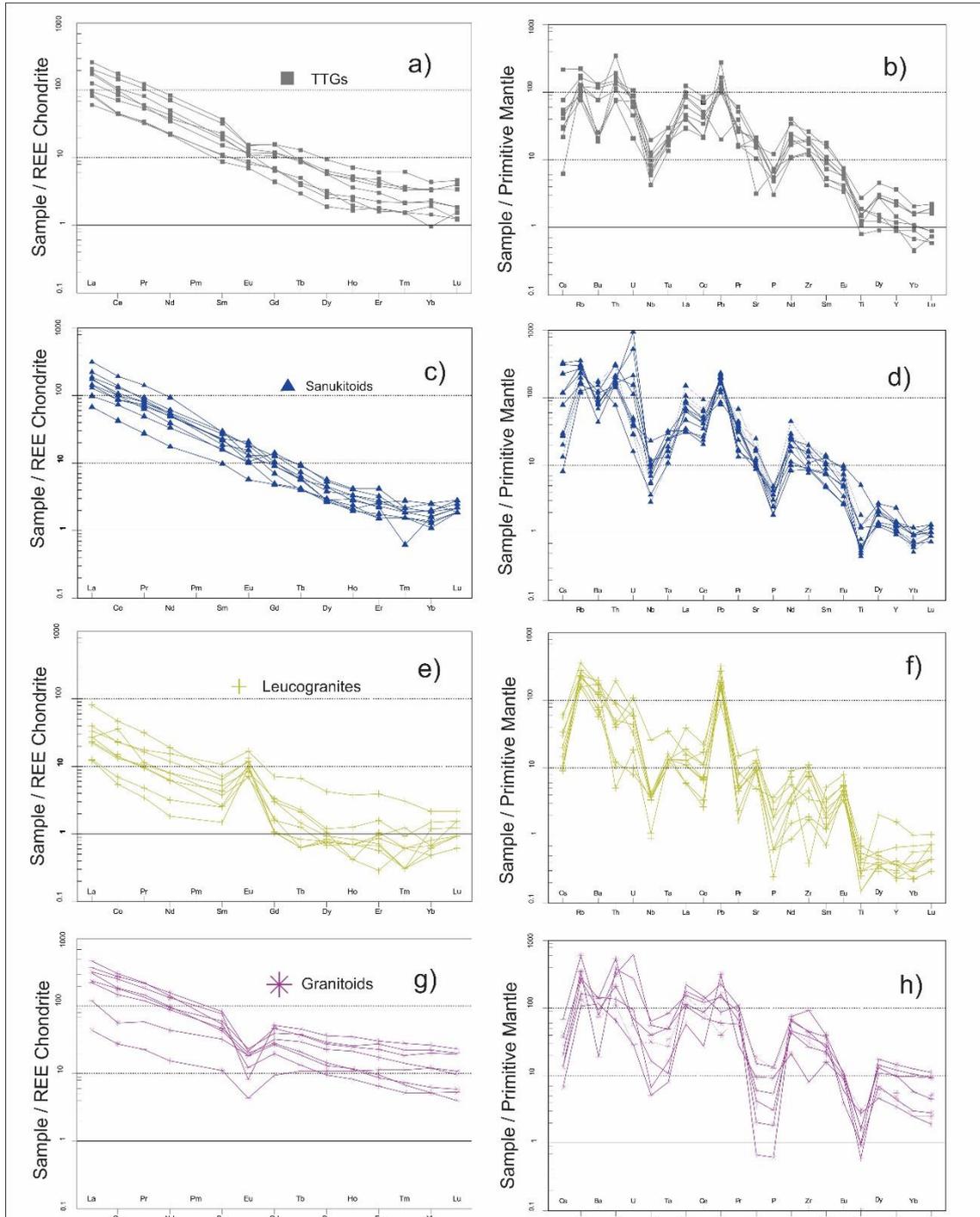


Figura 10: Diagrama de REE/Condrito para TTGs (a), sanukitóides (c), leucogranitos (e) e granitóides (g), seguindo a norma de Boynton (1984); Diagrama de elementos-traço para TTGs (b), sanukitóides (d), leucogranitos (f) e granitóides (h), seguindo a norma de McDonough e Sun (1995).

elementos de aspecto "crystal" e os ditos de aspecto "mantélico" é uma característica reliquiar e típica dessas rochas.

Nos leucogranitos, os LREE mostram de 10 a <100 vezes os valores do condrito (Figura 11e) e é notável a forte anomalia positiva em Eu. Essas rochas possuem padrões de elementos-traço (Figura 11f) com anomalias positivas de Rb, Pb, Sr e Eu e anomalias negativas de Nb e Ti. São pobres em HFSE, o que resulta em maiores relações Sr/Y do que em granitóides. Os conteúdos de Zr e V são baixos, comparados aos sanukitoides. Devido ao baixo conteúdo de HREE ($0,10 \leq Yb \leq 1,4$ ppm), os padrões de REE são altamente fracionados ($19 \leq (La/Yb)_N \leq 70$) e possuem anomalia de Eu ($0,6 \leq Eu/Eu^* \leq 10,4$) muito acentuada.

Os granitóides Uruás mostram enriquecimento em LREE (>50 a <100 vezes os valores do condrito) e HREE (>5 a <10 vezes os valores do condrito) (Figura 11g) e forte anomalia negativa em Eu. Já os teores de elementos-traço (Figura 11h) são altos em elementos altamente incompatíveis, como Rb (podendo chegar a 364 ppm) e Th (em algumas amostras chega a 43 ppm), com anomalias negativas sistemáticas de Ba, Nb e Sr e maiores concentrações em Y-HREE. Assim, essas rochas possuem as razões Ba/Rb e Sr/Y menores do que os TTGs. Tanto HFSE quanto o conteúdo de elementos de transição são relativamente baixos (Zr >279 ppm; $V_{média} = 40$ ppm) e seu conteúdo de REE é moderado, com padrões fortemente variados ($19 \leq (La/Yb)_N \leq 95$) em todas as amostras, porém com anomalias negativas significativas de Eu ($Eu/Eu^* \sim 0,53$).

5. Geocronologia U-Pb

Os resultados analíticos utilizados para a efetuação do cálculo de idade encontram-se reunidos na tabela 3 sendo essas idades adquiridas a partir do método U-Pb em zircão por LA-ICP-MS, sendo essas representando quatro dos seis grupos de rochas diferenciadas. A metodologia utilizada está descrita no APPENDIX A3 e as tabelas contendo os resultados integrais estão no APPENDIX B.

A estratégia da amostragem consistiu em tentar identificar as principais fases de geração de magmas na região de Petrolina. Várias amostras foram coletadas na Pedreira x onde são observadas as relações entre as diversas unidades de mapeamento descritas neste trabalho.

5.1. Magmatismo toleítico e Granulitos Máficos.

Amostra CSF BROW Coletada na Pedreira Petrolina representa enclave granulito máfico na suíte TTG, dobrado, deformado e injetado por neossomas migmatíticos. O padrão obtido dos grãos de zircão analisados mostra a complexa história dessa rocha. As imagens de BSE revelam três populações (Figura 11). A relação Th/U dos grãos de zircão se situa no intervalo 0,1-0,2.

A primeira população é representada por cristais de zircão grandes, prismáticos e translúcidos, que geram idade concordante de 3529 ± 7 Ma (Figura 12a), interpretada como idade de cristalização ígnea. Os cristais de zircão mostram padrões de estruturação interna complexa, com núcleos ígneos envoltos em zoneamento oscilatório e razões Th/U > 0,1 (Tabela 3).

A segunda população é representada por grãos menores, rosa, arredondados e translúcidos, que geram intercepto superior de 2564 ± 11 Ma, interpretada como resultado de cristalização de evento de fusão parcial no final do Arqueano.

A amostra TW-2 A, corresponde a um granulito máfico, boundinado e estirado na foliação principal da suíte TTG. Apresenta uma população única de grãos de zircão são pequenos, arredondados, cinzas e possuem Th/U < 0,1, interpretados como metamórficos e registram um primeiro evento de granulitização de 2,65 Ga na região.

A amostra TW-BROW, também coletada na pedreira Petrolina, apresenta uma população única de cristais grandes, prismáticos, pretos e translúcidos, que geram idade concordante de 2052 ± 7 Ma (Figura 12b), condizente com o segundo evento de metamorfismo granulítico regional, com Th/U < 0,1 (Tabela 3).

5.2. Suíte TTG

A amostra TW-GRAY é representativa das rochas da Suíte TTG, coletada na Pedreira Petrolina. É a rocha dominante na região, e neste afloramento tem forte bandamento, dobrada e redobrada, com evidências de intensa migmatização dada por diferentes gerações de neossomas e leucossomas intrusivos e concordantes com a foliação principal da rocha.

Nesta amostra é possível observar populações diferentes de grãos de zircão (Figura 11), representadas por linhas discordantes no diagrama U/Pb.

A primeira população é representada por cristais de zircão grandes, prismáticos e translúcidos, que geram intercepto superior de 3521 ± 14 Ma (figura 11d), interpretada como a idade de cristalização deste magmatismo.

A segunda população é representada por grãos menores, rosa, arredondados e translúcidos, que geram intercepto superior de 3251 ± 12 Ma. A terceira população é representada por grãos de zircão pequenos, somente com uma pirâmide simétrica, translúcidos, que geram idade concordante de 3131 ± 17 Ma. A quarta população é representada por grãos menores, incolores, arredondados e translúcidos, que geram intercepto superior de 2603 e 2641 Ma. Interpretamos todas essas idades representam sucessão de eventos magmáticos TTG, representando múltiplos pulsos de fusão parcial, que geraram magmas na forma de leucossoma graníticos.

A população mais jovem encontrada nesta rocha é representada por grãos de zircão pequenos, finos, prismáticos e translúcidos, que geram idade concordante de 2641 ± 14 Ma, dada por zircões ígneos reflete que a relação Th/U dos grãos de zircão é muito variável (0,02-1,4), porém, em geral, a maioria dos grãos se situa no intervalo Th/U de 0,2-0,5 e apenas <10% possuem Th/U <0,1 (Tabela 3).

5.3. Leucogranito

Amostra TW-WHITE é de um de leucogranito, também coletada na Pedreira Petrolina, representativa da fase de geração do neossoma de composição leucogranítica, tardiamente intrusivo nas demais fácies do migmatito da região. A julgar pelas relações de campo, também é possível entender que essa variação se trata das injeções félsicas mais jovens nos migmatitos.

Nesta amostra é observada somente uma população de grãos de zircão (Figura 11). A relação Th/U dos grãos de zircão é muito variável (0,01-1,0), porém, em geral, a maioria dos grãos mostra razão Th/U < 0,1 e apenas 10% possuem Th/U > 0,1. A população de zircão é representada por cristais grandes, cinza, prismáticos e translúcidos, que geram intercepto superior de 2590 ± 15 Ma, indicativo do processo de migmatização (Figura 12e).

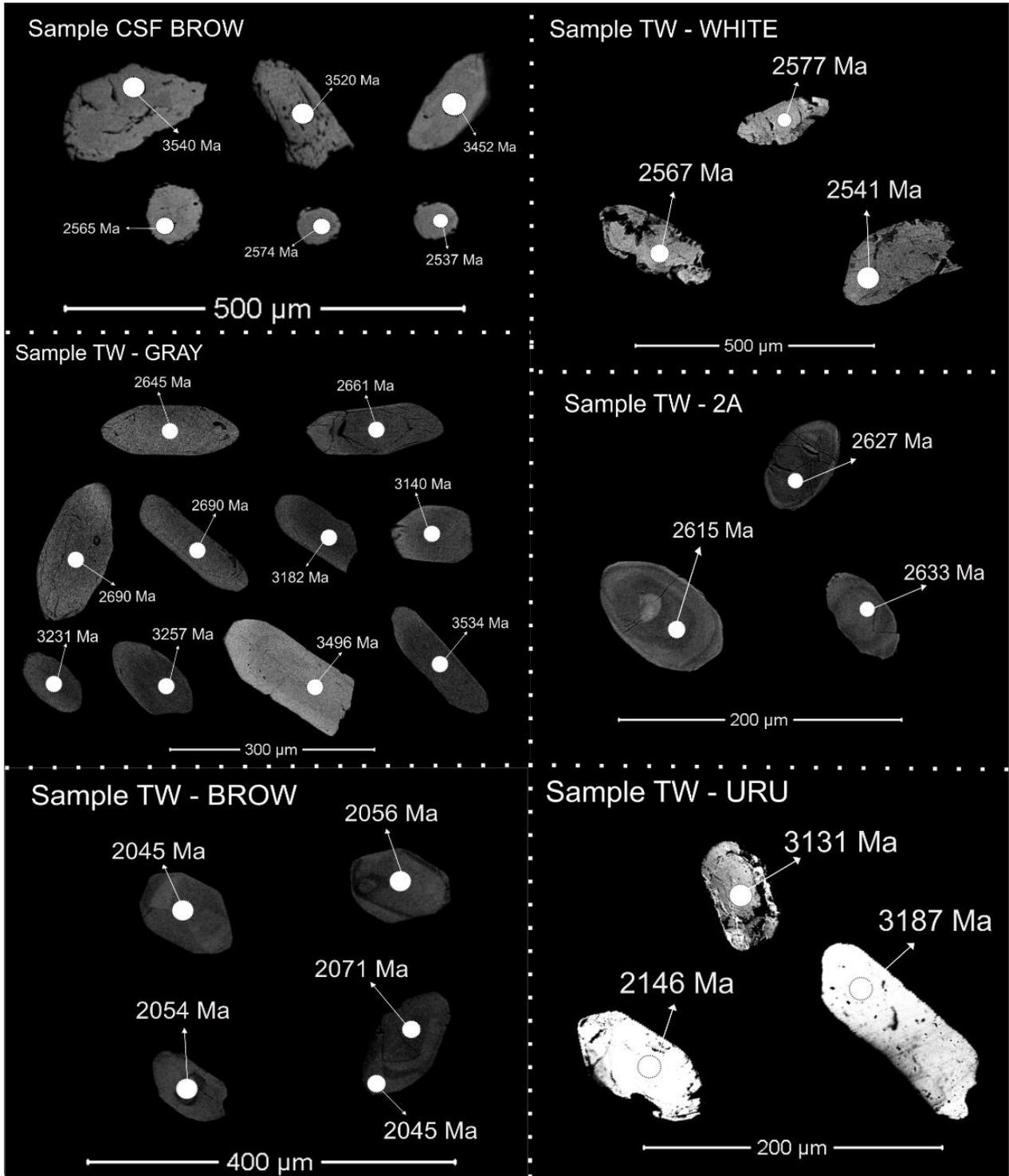


Figura 11: Imagens por BSE de grãos de zircão. As marcações em branco indicam a posição dos spots juntamente com a respectiva idade.

Tabela 3. Sumário dos dados analíticos de U-Pb em zircão obtidas em LA-ICP-MS para as amostras do Bloco Sobradinho.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ %	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ %	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ %	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ %	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2σ %	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2σ %
CSF BROW													
010 Z06	0.18	0.17	1.07	12.02	5.63	0.52	5.52	2538	17	2606	53	2694	122
011 Z07	0.03	0.17	1.18	12.11	7.82	0.51	7.73	2574	20	2613	73	2662	169
028 Z17	0.02	0.17	0.97	12.26	3.12	0.52	2.97	2565	16	2625	29	2703	66
029 Z18	0.18	0.31	0.78	31.24	2.06	0.73	1.91	3520	12	3527	20	3538	52
017 Z11	0.24	0.31	0.85	32.01	2.61	0.74	2.47	3540	13	3551	26	3569	68
030 Z19	0.01	0.11	1.72	2.22	2.28	0.14	1.49	1849.77	30.81	1188.70	15.86	859.54	12.03
015 Z09	0.02	0.11	2.92	2.38	4.13	0.15	2.92	1871.34	51.70	1235.44	29.10	904.13	24.63
005 Z03	0.01	0.14	2.18	3.42	4.16	0.17	3.48	2249.30	37.19	1508.08	32.16	1038.06	33.88
003 Z01	0.24	0.29	0.67	24.39	3.15	0.61	3.08	3407.27	10.40	3284.07	30.30	3086.08	75.12
034 Z21	0.23	0.30	0.85	31.24	2.06	0.73	1.91	3452.77	13.06	3407.16	39.58	3330.14	103.99
004 Z02	0.01	0.23	1.23	14.09	3.59	0.44	3.37	3073.98	19.45	2755.46	33.47	2342.14	65.91
024 Z15	0.01	0.26	1.49	21.62	2.88	0.60	2.44	3263.97	23.19	3166.77	27.58	3015.66	59.16
003 Z01	0.24	0.29	0.67	24.39	3.15	0.61	3.08	3407.27	10.40	3284.07	30.30	3086.08	75.12
009 Z05	0.26	0.31	1.02	33.66	2.35	0.78	2.12	3544.47	15.77	3600.18	23.18	3701.16	59.59
TW - BROW													
016-ZR9N	0.239	0.12534	0.77	6.274	1.13	0.3630	0.73	2034	27	2015	20	1996	25
021-ZR13	0.164	0.12692	0.54	6.692	0.91	0.3824	0.64	2056	19	2072	16	2087	23
029-ZR19	0.277	0.12613	0.51	6.515	1.03	0.3746	0.82	2045	18	2048	18	2051	29
031-ZR20B	0.166	0.12602	0.82	6.694	1.80	0.3852	1.56	2043	29	2072	32	2101	56
035-ZR24	0.179	0.12677	0.67	6.462	1.17	0.3697	0.88	2054	24	2041	20	2028	31
044-ZR29B	0.131	0.12614	0.42	6.423	0.97	0.3692	0.79	2045	15	2035	17	2026	27
004-ZR2N	0.146	0.11530	0.50	4.053	1.05	0.2549	0.85	1885	18	1645	17	1464	22
005-ZR2B	0.170	0.12176	0.50	5.134	1.10	0.3058	0.91	1982	18	1842	19	1720	28
006-ZR3	0.173	0.11605	0.43	4.049	0.74	0.2530	0.48	1896	15	1644	12	1454	13
007-ZR4	0.191	0.10025	0.48	2.464	1.12	0.1782	0.95	1629	18	1261	16	1057	18
008-ZR5N	0.258	0.11069	0.67	3.441	1.16	0.2254	0.87	1811	24	1514	18	1310	21
010-ZR6	0.180	0.12246	0.48	5.461	0.81	0.3234	0.53	1992	17	1894	14	1806	17
017-ZR9B	0.185	0.12555	0.41	6.242	0.75	0.3606	0.51	-	14	2010	13	1985	17
019-ZR11	0.205	0.11834	0.42	4.484	0.85	0.2748	0.64	1931	15	1728	14	1565	18
023-ZR15	0.183	0.12218	0.77	5.413	1.30	0.3213	0.98	1988	27	1887	22	1796	31
028-ZR18	0.099	0.11347	0.63	3.683	1.22	0.2354	0.98	1856	23	1568	19	1363	24
032-ZR21	0.206	0.10702	0.71	3.042	1.11	0.2061	0.77	1749	26	1418	17	1208	17
033-ZR22	0.470	0.12723	0.55	6.349	0.91	0.3619	0.62	2060	19	2025	16	1991	21
034-ZR23	0.228	0.12059	0.65	4.869	1.50	0.2928	1.31	1965	23	1797	25	1656	38

Tabela 3. Continuação.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - BROW													
039-ZR25B	0.167	0.12140	0.93	5.185	1.56	0.3098	1.20	1977	33	1850	26	1740	36
040-ZR26	0.215	0.12548	0.48	6.112	1.05	0.3533	0.86	2036	17	1992	18	1950	29
041-ZR27	0.224	0.10487	0.82	2.716	1.32	0.1878	0.96	1712	30	1333	19	1110	20
045-ZR30	0.210	0.12625	0.57	6.236	0.99	0.3582	0.72	2046	20	2010	17	1974	25
047-ZR32	0.272	0.11117	0.72	3.279	1.55	0.2139	1.32	1819	26	1476	24	1250	30
052-ZR35	0.263	0.12539	0.53	6.106	1.04	0.3532	0.82	2034	19	1991	18	1950	27
057-ZR39	0.298	0.10723	0.65	3.061	1.03	0.2070	0.71	1753	24	1423	16	1213	16
058-ZR40	0.176	0.12543	0.66	6.468	1.01	0.3740	0.67	2035	23	2042	18	2048	23
059-ZR41	0.172	0.12236	0.78	5.447	1.16	0.3229	0.78	1991	28	1892	20	1804	24
065-ZR43	0.149	0.12678	0.55	6.357	1.00	0.3636	0.74	2054	20	2026	17	1999	25
068-ZR46	0.189	0.10583	0.49	2.878	0.97	0.1972	0.75	1729	18	1376	15	1160	16
070-ZR48	0.132	0.12566	0.51	6.302	0.94	0.3637	0.70	2038	18	2019	16	2000	24
071-ZR49	0.124	0.12680	0.53	6.410	0.85	0.3666	0.55	2054	19	2034	15	2013	19
072-ZR50N	0.224	0.11753	0.59	4.401	1.31	0.2716	1.11	1919	21	1713	22	1549	31
073-ZR50B	0.188	0.12252	0.64	5.734	0.94	0.3394	0.58	1993	23	1937	16	1884	19
TW - 2A													
027-ZR17	0.036	0.17592	0.75	11.993	1.12	0.4944	0.74	2615	25	2604	21	2590	31
030-ZR20	0.058	0.17782	0.57	12.847	0.91	0.5239	0.61	2633	19	2668	17	2716	27
007-ZR4	0.942	0.16026	0.66	6.490	1.55	0.2937	1.35	2458	22	2045	27	1660	40
008-ZR5	0.560	0.16539	0.87	7.833	1.22	0.3435	0.77	2512	29	2212	22	1903	25
011-ZR7B	0.437	0.14625	0.95	4.356	1.77	0.2160	1.45	2302	32	1704	29	1261	33
020-ZR12	0.149	0.17524	0.46	10.637	0.87	0.4402	0.64	2608	15	2492	16	2351	25
024-ZR16	0.243	0.14971	0.84	5.065	1.23	0.2453	0.82	2343	29	1830	21	1414	21
033-ZR23	0.149	0.15890	1.02	6.058	2.05	0.2765	1.74	2444	34	1984	35	1574	49
042-ZR28N	0.373	0.13554	1.33	3.494	2.37	0.1870	1.93	2171	46	1526	37	1105	39
045-ZR30	0.116	0.17275	0.53	10.202	0.94	0.4283	0.69	2584	18	2453	17	2298	27
046-ZR31	0.136	0.17727	0.59	11.354	0.96	0.4645	0.66	2627	20	2553	18	2459	27
051-ZR34	0.163	0.14642	1.20	4.493	1.65	0.2225	1.07	2305	41	1730	27	1295	25
060-ZR41	0.206	0.14859	1.05	4.908	1.30	0.2395	0.67	2330	36	1804	22	1384	17

Tabela 3. Continuação

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - GRAY													
086-ZR51N	0.420	0.18084	0.42	13.019	0.83	0.5221	0.62	2661	14	2681	16	2708	27
098-ZR58	0.386	0.17919	0.50	12.579	0.89	0.5091	0.64	2645	17	2649	17	2653	28
062-ZR37N	0.696	0.18412	0.74	13.882	1.23	0.5468	0.91	2690	24	2742	23	2812	41
099-ZR59	0.215	0.18405	0.56	12.874	0.93	0.5072	0.64	2690	18	2670	17	2645	28
022-ZR14	0.052	0.24308	0.62	20.245	1.02	0.6040	0.71	3140	20	3103	20	3046	35
056-ZR32	0.022	0.26171	0.51	23.709	1.02	0.6570	0.80	3257	16	3256	20	3255	41
070-ZR41	0.021	0.25736	0.93	22.303	1.33	0.6285	0.88	3231	29	3197	26	3144	44
041-ZR25N	0.279	0.30505	0.75	28.530	1.48	0.6783	1.22	3496	23	3437	29	3338	63
071-ZR42	0.321	0.31272	0.61	30.861	0.96	0.7157	0.65	3534	19	3515	19	3480	35
012-ZR8	0.355	0.15751	1.46	7.124	1.93	0.3280	1.21	2429	49	2127	34	1829	38
016-ZR10	0.464	0.15586	1.11	6.560	1.47	0.3052	0.89	2411	37	2054	26	1717	27
017-ZR11N	0.609	0.16998	0.48	9.841	1.10	0.4199	0.92	2557	16	2420	20	2260	35
043-ZR25B2	0.038	0.15863	0.68	6.867	1.51	0.3139	1.29	2441	23	2094	27	1760	40
064-ZR38	0.556	0.16069	0.75	7.508	1.21	0.3389	0.87	2463	25	2174	21	1881	28
082-ZR49N	1.410	0.13819	1.43	4.355	1.74	0.2286	0.92	2205	49	1704	29	1327	22
010-ZR6B	0.049	0.16649	0.67	6.960	1.55	0.3032	1.35	2523	22	2106	27	1707	40
059-ZR35	0.288	0.17827	0.50	10.242	1.26	0.4167	1.09	2637	17	2457	23	2245	41
078-ZR48N	0.575	0.15557	1.39	5.791	1.70	0.2700	0.91	2408	47	1945	29	1541	25
101-ZR61	0.428	0.18086	0.86	11.323	1.37	0.4540	1.00	2661	28	2550	25	2413	40
031-ZR19	0.550	0.22867	0.74	16.086	1.28	0.5102	0.98	3043	24	2882	24	2657	43
044-ZR26	0.027	0.14970	0.85	4.538	1.17	0.2198	0.71	2342	29	1738	19	1281	17
057-ZR33	0.362	0.22489	0.72	15.048	1.53	0.4853	1.30	3016	23	2818	29	2550	54
061-ZR36B	0.189	0.22121	0.78	13.637	1.18	0.4471	0.80	2990	25	2725	22	2382	32
019-ZR12N	0.065	0.25183	0.42	19.282	1.24	0.5553	1.10	3196	13	3056	24	2847	51
021-ZR13	0.038	0.21305	1.33	9.404	1.99	0.3201	1.44	2929	43	2378	36	1790	45
036-ZR23N	0.238	0.22512	1.60	11.227	2.22	0.3617	1.49	3018	51	2542	41	1990	51
038-ZR24	0.073	0.13714	1.09	3.258	1.93	0.1723	1.54	2191	38	1471	30	1025	29
065-ZR39N	0.013	0.25241	0.85	18.213	1.17	0.5233	0.73	3200	27	3001	22	2713	32

Tabela 3. Continuação.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - GRAY													
085-ZR50	0.131	0.22946	0.86	12.481	1.51	0.3945	1.19	3048	27	2641	28	2144	43
090-ZR53	0.047	0.25755	0.75	21.731	1.18	0.6119	0.83	3232	23	3172	23	3078	41
005-ZR3	0.677	0.29567	0.78	21.726	1.59	0.5329	1.34	3448	24	3172	31	2754	60
032-ZR20	0.031	0.22580	1.06	7.523	2.39	0.2416	2.12	3022	34	2176	42	1395	53
055-ZR31	0.315	0.29603	0.79	22.428	1.82	0.5494	1.59	3450	24	3202	35	2823	73
058-ZR34	0.064	0.20951	2.04	6.085	2.36	0.2106	1.12	2902	65	1988	41	1232	25
102-ZR62	0.250	0.29556	0.85	24.125	2.82	0.5920	2.67	3447	26	3273	54	2997	127
TW-WHITE													
082-ZR53	0.029	0.17201	0.52	10.058	0.95	0.4241	0.71	2577	17	2440	18	2279	27
093-ZR62	0.062	0.17098	0.47	10.565	0.90	0.4481	0.68	2567	16	2486	17	2387	27
019-ZR10B	0.048	0.14745	0.75	4.662	1.52	0.2293	1.26	2317	26	1760	25	1331	30
022-ZR13	0.139	0.15739	0.75	6.650	1.43	0.3064	1.16	2428	25	2066	25	1723	35
023-ZR14N	0.149	0.11913	1.25	2.272	1.88	0.1383	1.35	1943	44	1204	26	835	21
081-ZR52	0.038	0.14251	0.56	3.972	0.94	0.2021	0.67	2258	19	1628	15	1187	14
083-ZR54	0.056	0.11545	1.04	2.092	1.55	0.1314	1.09	1887	37	1146	21	796	16
094-ZR63	0.076	0.14026	0.78	3.794	1.12	0.1962	0.71	2230	27	1591	18	1155	15
TW - URU													
012-ZR8B	0.419	0.13480	0.59	7.379	1.09	0.3970	0.84	2161	20	2158	19	2155	31
024-ZR15	0.553	0.13362	0.55	7.111	1.02	0.3860	0.77	2146	19	2125	18	2104	28
053-ZR34	0.385	0.13334	1.39	7.143	1.56	0.3885	0.60	2142	48	2129	28	2116	22
004-ZR2	0.258	0.25039	0.33	20.242	1.14	0.5863	1.02	3187	11	3103	22	2974	49
060-ZR40B	0.983	0.24166	0.77	15.122	1.26	0.4538	0.93	3131	24	2823	24	2412	37
027-ZR16	0.406	0.12425	0.84	5.145	1.22	0.3003	0.80	2018	29	1844	21	1693	24
042-ZR26	0.392	0.06668	0.46	1.270	0.81	0.1381	0.56	828	19	832	9	834	9
033-ZR20	0.133	0.20019	1.68	7.109	2.25	0.2575	1.46	2828	54	2125	40	1477	39
040-ZR24	0.171	0.22889	0.46	11.820	1.30	0.3745	1.16	3044	15	2590	24	2051	41

5.4. Granitóide URUÁS

Na amostra TW-URU de granitoide foi coletado no extremo norte da área, na região do povoado de Uruás.

Os cristais de zircão são, em geral, prismáticos, achatadas ou levemente arredondadas, com tamanhos que variam principalmente entre 100 e 400 μm e relação comprimento vs largura até 3:1 (Figura 12). As cores variam de incolor e translúcido a cinza opaco, branco opaco e rosa translúcido. As imagens de BSE permitem distinguir, pelo menos, três grupos principais de cristais.

A amostragem revelou que existem dois tipos de grãos de zircão (Figura 12). A relação Th/U dos grãos de zircão se situa no intervalo 0,1-1,0. A primeira população é representada por cristais de zircão grandes, prismáticos, quebrados, com partes opacas, que geram intercepto de 3214 ± 14 Ma (Figura 13f) possivelmente idade herdada dos TTGs. A segunda população é representada por grãos menores, incolores, arredondados e translúcidos, que geram intercepto superior de 2106 ± 20 Ma, interpretada como idade do evento de enriquecimento regional em K e geração dos granitos.

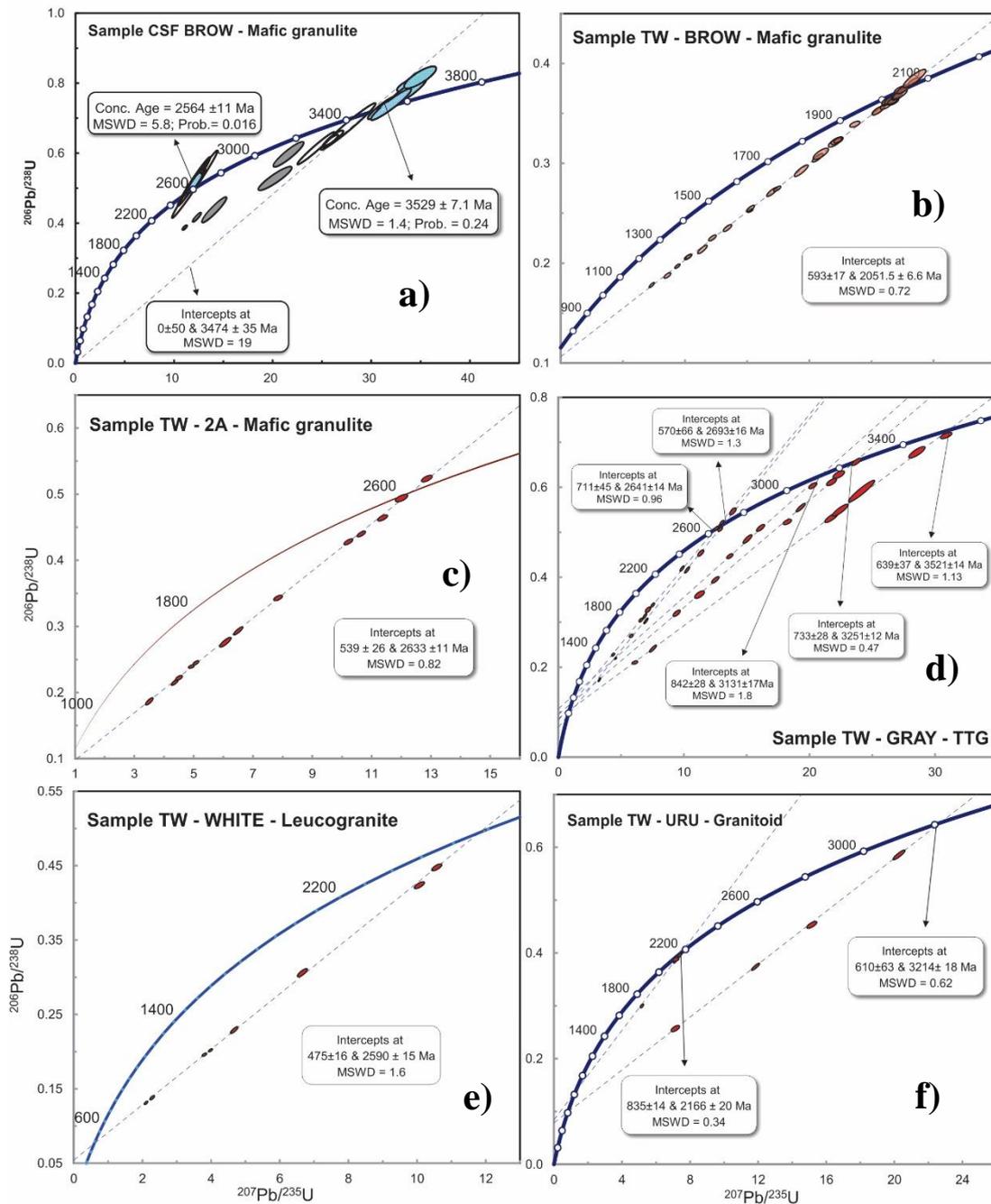


Figura 13: Diagramas Concórdia para todas as rochas exceto para os sanukitóides. Elipses e erro estão em 1σ .

6. Assinatura Isotópica de Nd.

Os dados dos isótopos Sm-Nd reunidos neste trabalho (Tabela 5) foram obtidos pela metodologia apresentada no Apêndice A.2. As rochas foram agrupadas de acordo com as unidades de mapeamento anteriormente descritas para o Bloco Sobradinho (Figura 14).

As rochas representativas do magmatismo toleítico máfico apresentam idade modelo T_{DM} variando entre 2.4 até 3.2 Ga. Dois grupos distintos são evidentes. Considerando as idades obtidas em 3.5 e 2.6 Ga Ga para a geração deste magmatismo os valores de $\epsilon_{Nd}(t)$ são positivos, refletindo fusão de crosta oceânica paleoarqueana e neoarqueana juvenil na região. Rochas máficas com fonte paleoproterozóica compõem o segundo grupo com idade modelo T_{DM} menor do que 2.5 Ga. O metamorfismo granulítico em 2.0 Ga, não abre o sistema isotópico, mas para esta época, os valores de $\epsilon_{Nd}(t)$ são negativos nestas rochas.

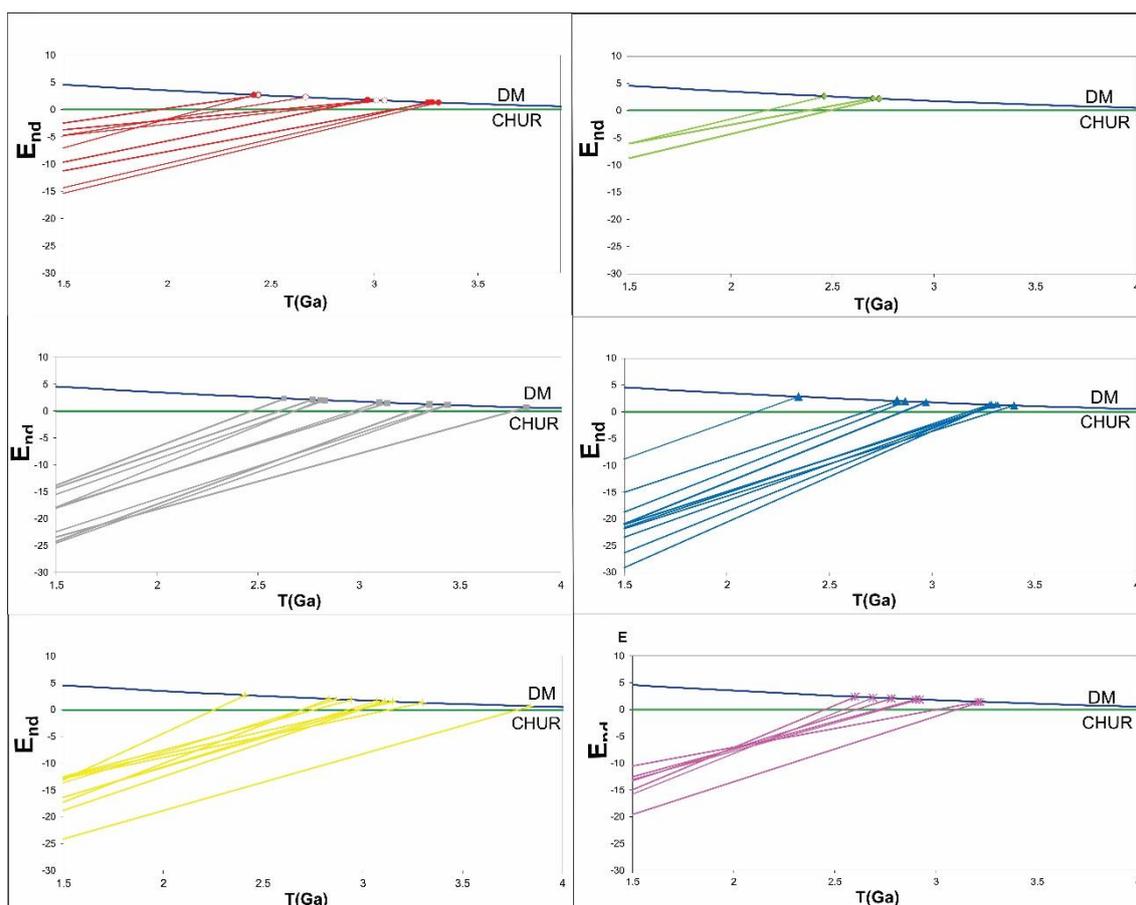


Figura 14: Gráficos contendo o cálculo do $\epsilon_{Nd}(t)$ pelo T (Ga) para todos os grupos de rochas.

Nas rochas da suíte TTG, as idades modelo T_{DM} mostram valores $>$ de 3.0 Ga, até 3.8 Ga, caracterizando fontes paleoarqueanas como as mais antigas

para o Bloco Sobradinho. Os valores de $\epsilon_{Nd}(t)$, (Tabela 4 e Figura 14) nos diferentes eventos nelas registradas, refletem múltiplos eventos de fusão e retrabalhamento crustal. Para a geração de crosta paleoarqueana em 3.5 Ga os valores de $\epsilon_{Nd}(t)$ são positivos isso indica que a fonte antiga é juvenil. Nos eventos mais jovens de 3.3 Ga, 3.2 Ga e 3.1 Ga, o $\epsilon_{Nd}(t)$ varia de -5 a 5, registrando os eventos de retrabalhamento e reciclagem crustal nestas rochas.

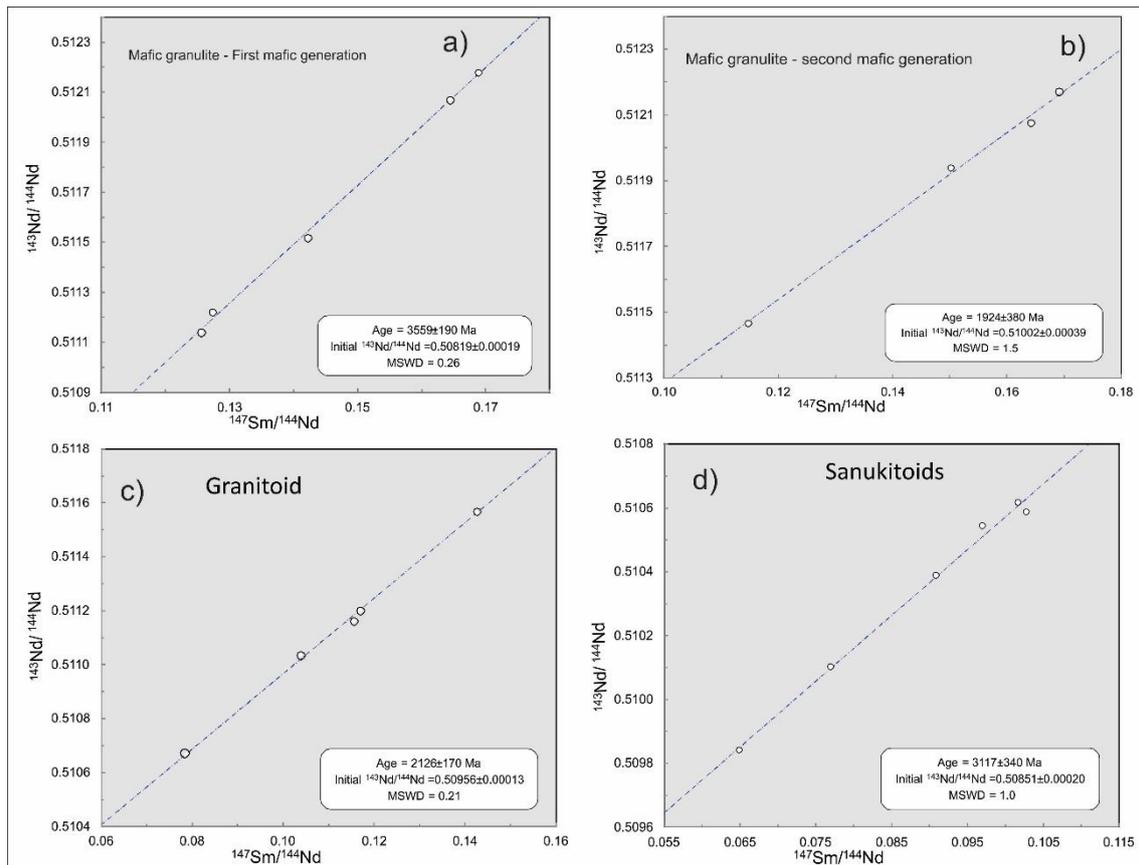


Figura 15: Gráficos de isócronas $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ para os granitóides, sanukitóides e as duas gerações de rochas máficas.

Para as rochas máficas, sanukitóides e granitóides foi tentativamente feito o cálculo de isócronas, para as rochas que não foram datadas com o método U-Pb, uma vez que algumas unidades mostrando um bom espalhamento dos dados de isótopos de Sm-Nd (Figura 15). Estes dados devem ser vistos com bastante cautela, devido aos erros analíticos altos inerentes a esta metodologia. Os dois grupos de rochas máficas com assinatura geoquímica distinta, se aliam em duas isócronas com idades distintas, que podem representar dois eventos,

um paleoproterozóico e outro arqueano. Esta hipótese deve ser melhor investigada.

Os sanukitóides, se aliam em uma idade de 3.1 Ga, que podem indicar a idade de cristalização destes magmas, e fontes essencialmente arqueanas com idade modelo T_{DM} sempre maior do que 3.0 Ga e valores de $\epsilon_{Nd}(t)$ negativos. Já os granitoides Uruás definem um bom alinhamento em 2.1 Ga, sugerindo magmatismo paleoproterozóico derivado de fontes arqueanas, com idade modelo T_{DM} maior do que 2.6 Ga e valores de $\epsilon_{Nd}(t)$ negativos, evidenciando forte retrabalhamento crustal na geração destes magmas.

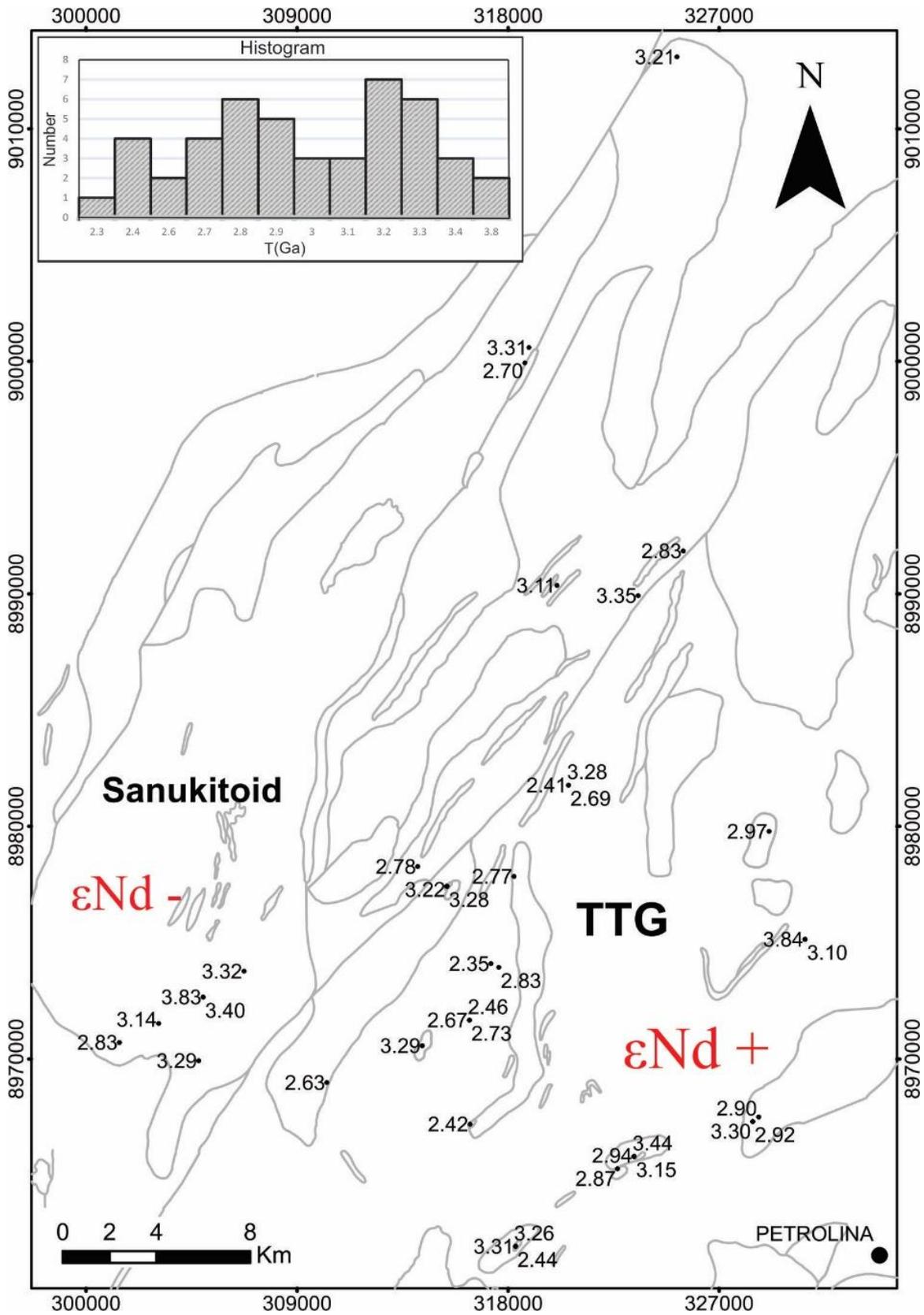


Figura 16: Mapa com as idades TDM para o Bloco Sobradinho.

Tabela 4. Dados isotópicos de Nd em rocha total para as amostras do Bloco Sobradinho.

Complex	Age (Ga)	Litology	Sample	Sm (ppm)	Nd (ppm)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	Error (x10 ⁻⁶)	ε _{Nd} (3.52)	ε _{Nd} (3.25)	ε _{Nd} (3.13)	ε _{Nd} (2.7)	ε _{Nd} (2.59)	ε _{Nd} (2.16)	ε _{Nd} (2.00)	T _{DM} (Ga)	
Mafic granulites	3.52 2.56 2.05	Gabbroic to dioritic enclaves	TW 2A	8.43	39.92	0.1276	0.511216	10	3.68				-4.74		-10.04	3.26	
			TW 2A1	5.79	22.61	0.1547	0.512097	5	8.60					3.47		0.23	2.44
			TW 5C	3.35	13.45	0.1504	0.511937	11	7.42					1.77		-1.79	2.67
			TW BROW	4.51	16.59	0.1644	0.512071	11	3.65					-0.30		-2.78	3.05
			TW PPA	4.42	15.82	0.169	0.512173	8	3.54					0.16		-1.97	3.01
			TW PPB	6.74	29.85	0.1365	0.511548	5	6.14					-1.21		-5.83	2.97
			TW 11A	9.08	38.63	0.1421	0.511152	12	3.02					-3.64		-7.83	3.28
			TW 2A2	10.29	49.59	0.1255	0.511142	6	3.19					-5.49		-10.95	3.31
			TW 3	8.72	45.99	0.1147	0.511467	4	14.54					4.51		-1.79	2.42
TTGs	3.52 3.25 3.13 2.69	Orthogneiss Tonalite- trondhjemite- granodiorite	TW 10	2.16	13.48	0.0968	0.510914	11	11.86	8.30	6.73	1.09				2.77	
			TW 29	6.78	45.58	0.0899	0.510338	9	3.68	-0.11	-1.79	-7.80				3.35	
			TW PPC	3.41	20.16	0.1022	0.510549	7	2.20	-1.16	-2.65	-7.96				3.43	
			TW PPE	3.36	21.53	0.09433	0.510365	10	2.18	-1.45	-3.06	-8.82				3.44	
			TW GRAY	2.83	21.73	0.0788	0.510555	7	13.04	8.85	6.99	0.34				2.81	
			TW 26B	2.56	15.26	0.1014	0.510768	14	6.88	3.49	1.98	-3.38				3.10	
			TW 13	3.93	27.69	0.0858	0.510833	8	15.31	11.36	9.61	3.35				3.63	
Leucogranites	2.59	Leucogranites	TW 1B	0.62	10.06	0.1088	0.511067	12					-1.36			2.25	
			TW PPH	0.47	1.92	0.1484	0.510948	8					-16.98			-	
			TW WHITE	0.65	3.64	0.108	0.510921	14					-3.96			3.07	
			TW 6	0.50	3.57	0.0835	0.510649	13					-1.08			2.79	
			TW PPG	0.25	1.24	0.1198	0.511235	16					-1.75			2.94	
			TW PPF	0.41	1.89	0.1306	0.511339	12					-3.33			3.15	
			TW 11C	1.49	14.47	0.0622	0.51064	8					5.88			2.41	
			TW 21	5.50	33.60	0.0989	0.510705	6					-5.15			3.11	
			TW 24 B	2.06	9.16	0.1361	0.511379	12					-4.39			3.30	
			TW 26C	0.33	1.72	0.115	0.510591	23					-12.79			3.84	
Sanukitoids	2.64	Hornblende syenogranite and hornblende monzogranite with biotite	TW 18 B	2.91	15.05	0.1167	0.510642	10					-11.21			3.83	
			TW 17	1.98	11.38	0.1053	0.510815	13					-3.82			3.14	
			TW 1A	3.07	23.30	0.0796	0.510521	14					-0.61			2.81	
			TW 18 A	3.48	20.49	0.1028	0.510587	5					-7.43			3.40	
			TW 8B	5.55	34.57	0.097	0.510542	12					-6.28			3.28	
			TW 4	5.87	54.51	0.065	0.50984	5					-8.87			3.29	
			TW 27	5.27	41.45	0.0769	0.510377	16					-2.49			2.97	
			TW 7	3.95	26.47	0.0903	0.511129	26					7.59			2.35	
			TW 19	5.23	31.08	0.1017	0.510615	3					-6.49			3.32	
			TW 15	3.25	25.54	0.077	0.510102	17					-7.93			3.29	
			TW 23	5.93	39.44	0.0909	0.510387	10					-7.19			3.31	
			TW LC	2.13	13.22	0.0973	0.510884	15					0.33			2.83	
			Granitic rocks	2.16	Hornblende syenogranite to syenogranite bearing garnet	TW 8A	8.84	57.80	0.0924	0.510426	8						-14.28
TW 14	6.52	2.91				0.130	0.512793	14					-			-	
TW URU	2.30	9.73				0.1426	0.511562	8					-6.01			3.21	
TW 8C	9.37	55.55				0.102	0.510696	11					-11.67			3.22	
TW 20	17.52	102.13				0.1037	0.511038	7					-5.43			2.78	
TW 24 A	12.44	65.19				0.1154	0.511163	4					-6.24			2.92	
TW 25	14.93	77.23				0.1169	0.511203	4					-5.88			2.90	
TW 11B	12.00	91.87	0.0789	0.510663	6					-5.87			2.69				
Ultramafic rocks	2.59 2.00	Gabbro and amphibolites	TW 5A	2.79	13.29	0.1269	0.511636	10					3.74		-1.63	2.46	
			TW 5B	1.81	8.57	0.1277	0.511505	7					0.90		-4.40	2.73	
			TW 22	1.28	5.39	0.143	0.511792	14					1.40		-2.73	2.70	

7. Discussões

Evidências de Crosta Paleoarqueana 3.5 Ga

Neste trabalho mostramos evidências de um novo fragmento Paleoarqueano no Brasil, caracterizado por geração de fragmentos de crosta continental com idades de cristalização de magmas máficos e félsicos em torno de 3.5 Ga, derivadas da fusão de fontes mais antigas, dado pelas idades modelo T_{DM} maior que 3.6 Ga (Figura 18).

Os resultados de nossas pesquisas mostram que as rochas do Bloco Sobradinho, principalmente os TTGs, retratam sucessivos eventos de geração de crosta, registrados pelas idades de 3,5, 3,3, 3,2, 3,1, 3,0, 2,7 e 2,0 Ga. Os quatro primeiros eventos incluíram fusão de crosta mais antiga na composição, enquanto os três últimos são mais jovens e representam a geração e retrabalhamento crustal entre o Neoarqueano e início do Paleoproterozoico.

7.1. TTG versus Sanukitóides

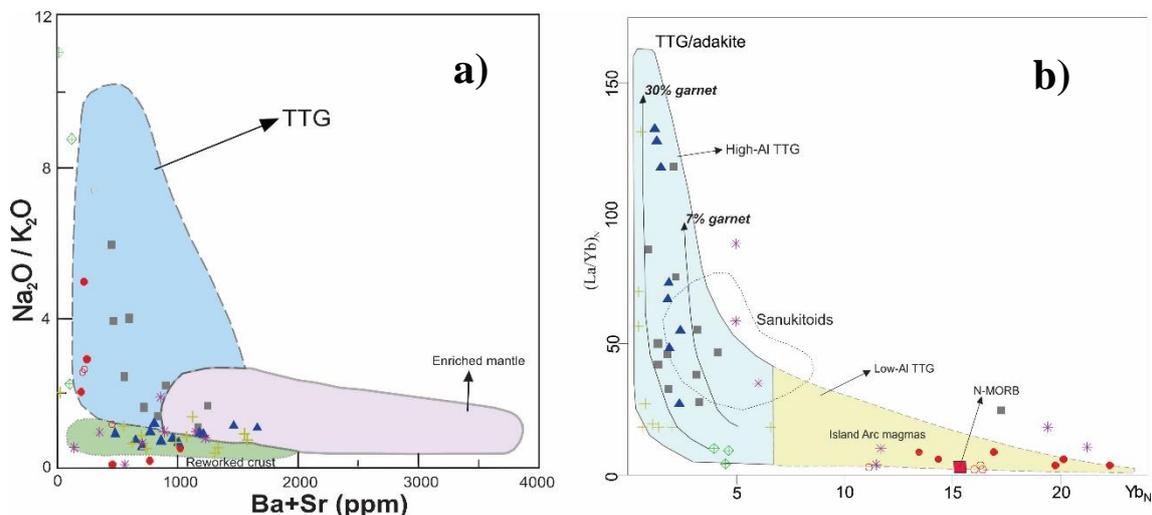


Figura 17: a) Diagrama Na_2O/K_2O versus $Ba+Sr$ (Halla et al. 2009 e modificado por Jayananda et al. 2018) que ajuda a discriminar as fontes das rochas; b) $(La / Yb)_N$ versus $(Yb)_N$ plot (Martin, 1986) para caracterizar a granada residual e ou anfibólio.

Outro ponto a ser discutido é a presença de magmas do tipo TTG e Sanukitóides na região de Petrolina. Na Figura 17a, conseguimos observar a grande maioria das amostras perdura em $Na_2O/K_2O < 2$ indicando uma

semelhança com assinatura similar a assembleias do tipo TTG. Já a Figura 17 b, mostrar que a maioria dos TTGs segue a curva que define magmas gerados pela fusão de fontes contendo entre 7 a 30% de granada residual. Enquanto que a maioria das rochas consideradas como magmas tipo sanukitóides define a tendência sem granada residual.

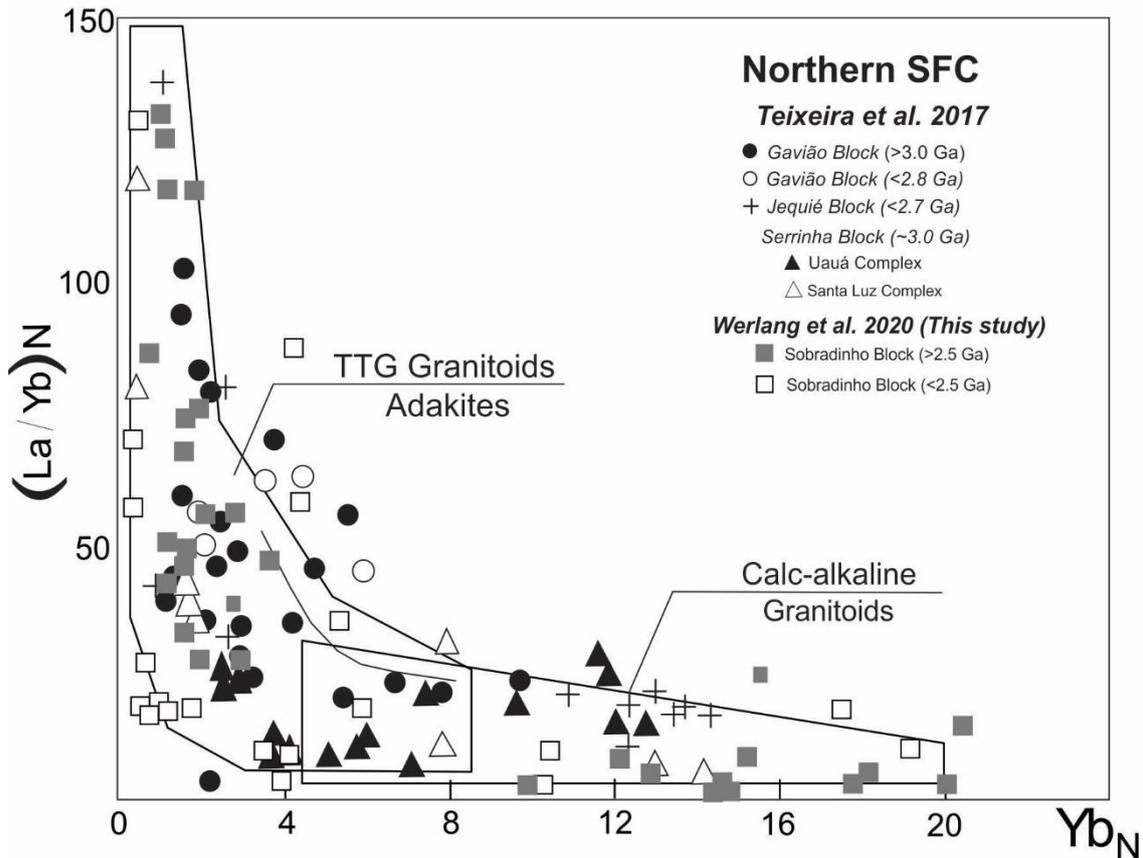


Figura 18: Compilação de dados do Cratón do São Francisco. (Modificado de Teixeira et al. 2017)

Diversos autores (Champion and Smithies, 2007; Condie, 2005; Martin *et al.*, 2005; Martin e Moyen, 2002; 2012) constatam que TTGs mais antigos são aqueles que possuem alto Sr e baixos HREE e Y. Geralmente, apresentam anomalia fracamente negativa a nenhuma anomalia em Eu. São ricos em elementos incompatíveis (10 a 100 vezes os valores do manto primitivo), com anomalias negativas de Nb, Ta, Ti e Ba e anomalia positiva de Sr. Ocorre típico padrão de fracionamento de HREE devido às concentrações baixíssimas de Yb ($Yb \leq 0,9$ ppm), com relação $(La/Yb)_N$ entre 30 e 100. Os teores de Y também são baixos (≤ 15 ppm), levando a alta relação Sr/Y (10-250). TTGs também

mostram conteúdos razoavelmente expressivos em HFSE ($2 \leq \text{Nb} \leq 8$ ppm; $134 \leq \text{Zr} \leq 273$ ppm), porém são relativamente pobres em elementos de transição ($\text{V} < 46$ ppm).

Os TTGs podem ser divididos em dois grupos, de acordo com o enriquecimento de elementos HREE. O primeiro grupo é caracterizado por conter HREE 5 vezes mais que o condrito e o segundo, por conter até 2 vezes mais que o condrito. A baixa concentração de Nb e Ta caracteriza rochas cristalizadas em ambiente de arco, evidente não apenas nas rochas TTG, mas também nas demais associações do Bloco Sobradinho, já que todas possuem uma fonte em comum. De modo geral, os valores de Sr, Y e Yb dos TTG, que são elementos relativamente imóveis e reativos a variações de pressão-temperatura durante a fusão, indicam origem petrogenética de baixa pressão, sugerindo fusão de metabasalto a pressões ≤ 10 kbar (Moyen e Martin, 2012; Moyen, 2011; Laurent *et al.*, 2014).

Os sanukitóides, ou granitos cálcio-alcálicos com alto Mg, exibem enriquecimento em LREE e leve anomalia negativa de Eu, podendo justificar a quantidade de K-feldspato. Os leucogranitos são interpretados como cumulados, sendo que a anomalia fortemente positiva em Eu é resultado do enriquecimento em K. Os granitóides ou biotita granitos contêm LREE muito enriquecidos, anomalia negativa em Eu, que justifica a quantidade de K na rocha, e alto HREE, devido à presença de granada na rocha. Em suma, todos os gráficos dos padrões REE dessas rochas se sobrepõem, retratando uma evolução química. A análise de REE normalizada para o manto primitivo indica maior fracionamento de LREE em relação a HREE nessas rochas e anomalias de Eu ligeiramente negativas. Essas características indicam geração de magma a partir de fonte sob baixa pressão, com fusão em níveis rasos, dentro do campo de estabilidade do plagioclásio. O enriquecimento de elementos incompatíveis, como Th, Pb, U, Cs e Rb, notável nos granitos portadores de biotita, também pode ser devido a processos de metassomatismo durante a fusão, com enriquecimento exógeno de K.

Magmatismo toleítico

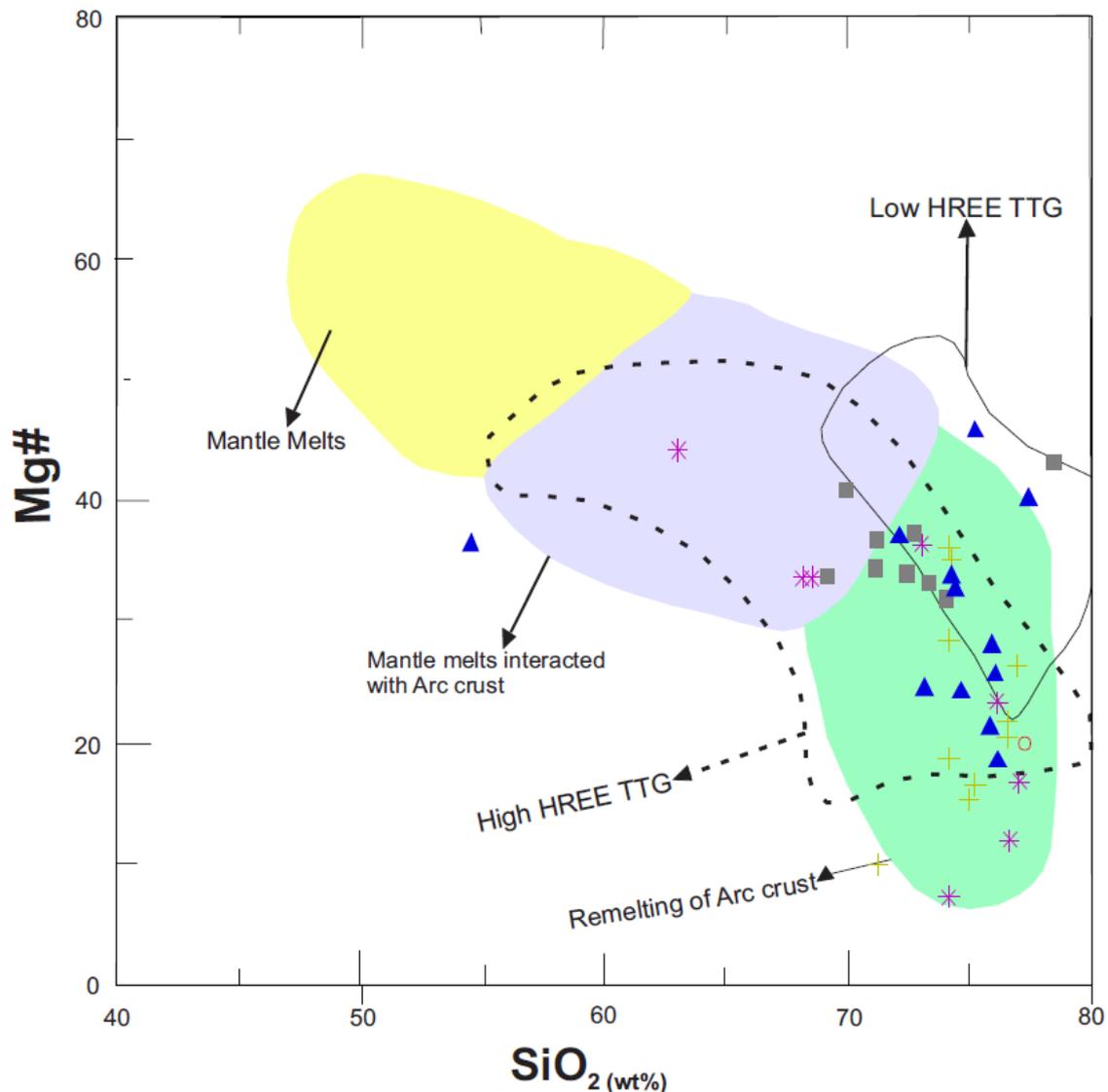


Figura 19: Gráfico binário Mg# vs SiO₂ (modificado de Heilimo *et al.*, 2010) para caracterizar a origem de TTGs, sanukitóides, leucogranitos e granitóides. Os TTGs com baixo teor em HREE estão representados pelo campo com linha sólida, enquanto TTGs de alto teor em HREE ocupam o campo com linha tracejada.

O intenso retrabalhamento e reciclagem crustal sofrido pelas rochas da região podem ser monitorados no diagrama Mg# vs SiO₂ (modificado de Heilimo *et al.*, 2010, Figura 19). Todo o magmatismo félsico estudado do bloco Sobradinho mostra altas concentrações de SiO₂, proporcionais ao baixo Mg# (<40) e compartilham os campos de baixo HREE e alto HREE (Heilimo *et al.*, 2010), ou seja, através é provável que essas rochas possuam a mesma fonte e

estão relacionadas à fusão da crosta ou a refusão de crosta pré-existente, mais antiga.

7.2. Migmatização e granulitização no Bloco Sobradinho

Nós reconhecemos diferentes eventos de metamorfismo na região (Figura 20). Os mais antigos são registrados como pulsos de magmas parcialmente fundidos nos migmatitos da suíte TTG no mesoarqueano em 3.3, 3.2 e 3.1 Ga, que é compatível com o já descrito na literatura para o Cratón do São Francisco.

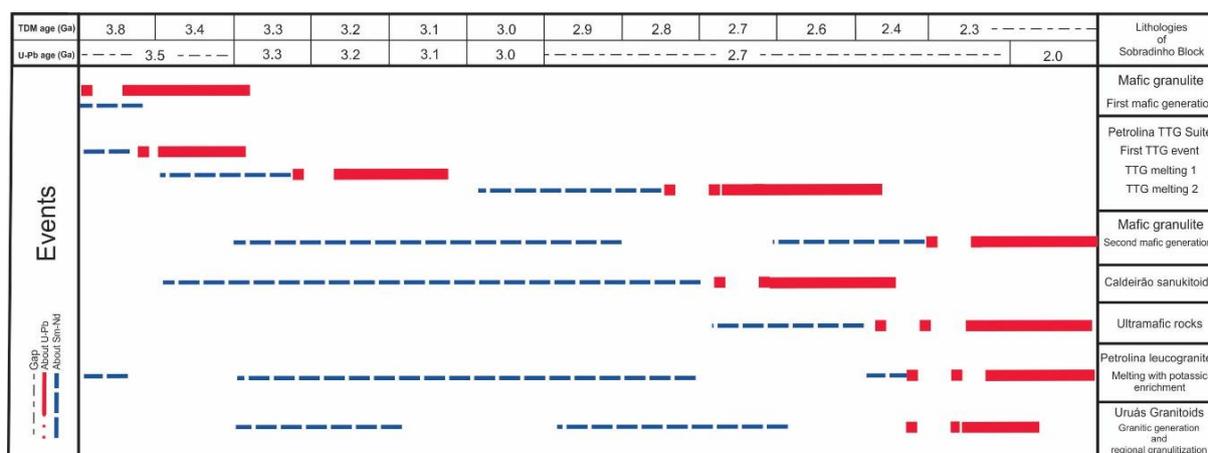


Figura 20: Esquema de eventos Paleo-Neoarqueanos no Bloco Sobradinho.

O primeiro evento de granulitização é em torno 2,65 Ga, é semelhante ao evento amplamente reconhecido no Bloco Jequié e em outras porções do Cratón. O evento de migmatização em 2.5 Ga é o principal evento encontrado nas rochas do Bloco Sobradinho, sendo o mais penetrativo. O último evento, com novas condições de metamorfismo granulítico, agora em torno de 2,05 Ga, condiz com a idade do metamorfismo granulítico regional encontrado no cinturão Curaça-Salvador.

As principais implicações tectônicas de nosso trabalho, sugere que Blocos Sobradinho e Gavião tem uma história comum durante a evolução do Cratón do São Francisco no Arqueano e Paleoproterozoico.

8. Conclusões

Os dados obtidos sobre o Bloco Sobradinho indicam que:

1. Rochas do Bloco Sobradinho contêm registros de idades de 3,5, 3,3, 3,2, 3,1, 3,0, 2,7 e 2.0 Ga, assinalando importante crescimento da crosta no Paleo-Neoarqueano e retrabalhamento tectônico durante orogenia paleoproterozoica;

2. As unidades mostram variedade química significativa, incluindo TTG, sanukitóides, leucogranitos e granitóides portadores de biotita e granada mais evoluídos, e demonstram evolução geodinâmica de longa duração. Exibem alto conteúdo de LREE e baixa concentração de LILE e HFSE. Seus baixos valores de Sr, Y e Yb e anomalias negativas de Eu sugerem geração de magma a partir de fonte sob baixa pressão; os granulitos máficos e as rochas ultramáficas mostram enriquecimento em LILE e valores elevados em Sr, Y e Yb. Todas as unidades se relacionam a processos de uma evolução magmática.

3. Os valores de $\epsilon_{Nd}(t)$ dos TTG mais antigos e fundidos mais recentes indicam eventos diferentes (3.5 Ga, 3.3 Ga, 3.2 Ga e 3.1 Ga) e variam de positivos à negativos, o que sugere derivação por fontes juvenis e retrabalhadas por uma sucessão de eventos de fusão e re-fusão de antiga crosta continental paleoarqueana.

9. APPENDIX A. Procedimentos analíticos

A.1. Análises Geoquímicas

Para esse trabalho, cinquenta e quatro amostras de rochas foram enviadas para análise geoquímica de rocha total no laboratório da *ALS Minerals Brasil Ltda*, Belo Horizonte, Brasil. O pacote analítico inclui a análise dos elementos maiores e traços, bem como os elementos de terras raras, que foram analisados por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) e espectrometria de massa atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), respectivamente. Para isso, os laboratórios da *ALS Minerals* contam com procedimentos analíticos controlados por análises dos materiais de referência (OREAS-146, GRE-3 e OREAS-45c), amostras químicas como “branco analítico” e a duplicação de cada amostra. Os procedimentos analíticos detalhados estão disponíveis nos sites do laboratório (<https://www.alsglobal.com>). A construção dos dados e diagramas foi executada com a ajuda do *Excel* e do *software Geochemical Data Toolkit (GCDKIT)*, disponível em <https://www.gcdkit.org/download>.

A.2. Análises Isotópicas Sm-Nd

Para os dados Sm e Nd, cinquenta e duas amostras foram analisadas, seguindo o método desenvolvido por Gioia e Pimentel (2000) e aplicado no Laboratório de Geocronologia na Universidade de Brasília, Brasil. O procedimento se inicia com a obtenção de pó de rocha total (aprox. 50 mg) misturados com solução de *spike* contendo ^{149}Sm - ^{150}Nd , logo após dissolvidos em cápsulas *Savilex*®. A extração de Sm e Nd das amostras de rocha total obedeceu às técnicas convencionais de troca catiônica, utilizando colunas de Teflon contendo resina *LN-Spec* (ácido 2-etil-hexil fosfórico suportado em pó de PTFE). Em seguida, foram submetidas a re-evaporação em conjuntos de filamentos duplos, e as medidas isotópicas foram realizadas em espectrômetro multicoletor de massas *Finnigan MAT 262*, em modo estático. O cálculo das incertezas das razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ considera como referência valores melhores que $\pm 0,5\%$ (2σ) e $\pm 0,005\%$ (2σ), respectivamente, com base em análises repetidas dos padrões internacionais de rocha BHVO-1 e BCR-1. As razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foram normalizadas para $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219 e a constante de decaimento utilizada foi de $6,54 \times 10^{12}$. Os valores utilizados para o cálculo da idade modelo T_{DM} seguiram o modelo desenvolvido por DePaolo (1981).

A.3. Datação U-Pb em zircão

Oito amostras foram selecionadas para determinação de idade U-Pb em zircão, no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília, Brasil. Inicialmente, as amostras foram trituradas, peneiradas e, em seguida, os minerais pesados foram separados usando métodos convencionais gravimétricos e magnéticos. O material adquirido na etapa anterior foi submetido a seleção manual dos grãos de zircão, usando microscópio binocular e, posteriormente, foram confeccionados *mounts* em resina Epóxi®. Logo após, os *mounts* foram metalizadas com carbono e examinados em microscópio eletrônico de varredura (MEV), equipado com espectrômetro de dispersão de energia (EDS), e imageados por retro-espalhamento de elétrons (BSE), sendo utilizados para caracterização da morfologia e textura associadas a variações

composicionais. Os grãos de zircão foram datados com ajuda de laser *New Wave UP213 Nd: YAG* ($\lambda = 213$ nm) acoplado a equipamento Multi-coletor LA-ICP-MS da *Thermo Finnigan Neptune* com frequência de 10 Hz, energia de 100 mJ /cm² e tamanho do *spot* variando de 15 a 30 μ m. O padrão instrumental externo de massa foi corrigido pela análise do material de referência internacional de zircão GJ1 (Jackson et al., 2004) e 91500 (Wiedenbeck et al., 1995), cujas idades são de 608.5 ± 1.5 Ma e 1065.4 ± 0.3 Ma, respectivamente. O desvio padrão das razões isotópicas U-Pb foi corrigido durante a análise, utilizando interpolação linear para cada dez análises (ou seja, zircão 91500 + zircão GJ + 10 amostras + zircão 91500 + zircão GJ ..., e assim sucessivamente). A redução de dados foi realizada após Bühn et al. (2009) e Matteini et al., (2009) e cálculos de idade e gráficos U-Pb nos diagramas de Concordia foram realizados usando o *software ISOPLOT v.3* (Ludwig, 2003).

10. Referências

- Almeida, F.F.M., 1969. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 23, Salvador, Anais: 29-46.
- Almeida, F.F.M., 1977 O cráton do São Francisco Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 7 (4) 349-367.
- Alkmim, F.F., Brito Neves, B.B, Alves, I.A.C., 1993. Arcabouço Tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. In: DOMINGUEZ, J.M.L.; MISI, A (ed). O Cráton do São Francisco: trabalhos apresentados na reunião preparatória do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco. Salvador, SBG, p.45- 62.
- Alkmim, F. F., Marshak, S., 1998 Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: Evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Res.*, 90:29–58.
- Alkmim, F., 2004. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimita-lo. In: Mantesso-Neto et al. (eds) *Geologia do Continente SulAmericano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Becca, pp.: 17-35.
- Angelim, L.A.A., 1997 Petrolina, folha SC 24-V-C estados da Bahia, Pernambuco e Piauí: escala 1: 250.000, Brasília, DF: CPRM. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.
- Barbosa, J.S.F., 1997 Síntese do conhecimento sobre a evolução geotectônica das rochas metamórficas arqueanas e paleoproterozoicas do embasamento do Cráton do São Francisco na Bahia Revista Brasileira de Geociências, 27 (3), 241-256.

Barbosa, J.S.F., Sabaté, P., 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Res.* 133,1–27.

Barbosa, J.F.S., Cruz, S.P., Souza, J.S., 2012 Terrenos metamórficos do embasamento. In: Barbosa, JFS (ed) *Geologia da Bahia: pesquisa e atualização*, CBPM 1: 101–201.

Barbosa, N., Teixeira, W., Leal, L.R.B., Leal, A.B.M., 2013. Evolução crustal do setor ocidental do Bloco Arqueano Gavião, Cráton do São Francisco, com base em evidências U–Pb, Sm–Nd e Rb–Sr. *Geologia USP. Série Cient.* 13: 63–88.

Brito Neve, B.B. 1983. O mapa geológico do nordeste oriental, escala 1:1.000.000. Instituto de geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de livre docência, 177p.

Brito Neves, B.B., Santos, E.J., Van Schmus, W.R., 2000. Tectonic history of the Borborema province. In: *Tectonic Evolution of South América*. Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A.(Editors). 31st International Geological Congress, 151 – 182 p.

Bowring, S.A. e Williams, I. S. (1999) Priscoan (4.00–4.03 Ga) orthogneisses from northwestern Canada. *Contrib Mineral Petrol*, 134:3–16.

Bühn, B., Pimentel, M.M., Matteini, M., Dantas, E.L., 2009. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma spectrometry (LA-MC-ICP-MS). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81, 99-114. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652009000100011>.

Caxito, F.A., 2010. Evolução tectônica da Faixa Rio Preto, Noroeste da Bahia / Sul do Piauí. Dissertação de Mestrado, IGC-UFMG, Belo Horizonte, 151 p.

Caxito, F.A., 2013. Geotectônica e evolução crustal das faixas Rio Preto e Riacho do Pontal, estados da Bahia, Pernambuco e Piauí. Unpublished PhD Thesis. UFMG, Belo Horizonte, Brazil, 288 p.

Champion, D.C., Smithies, R.H., 2007. Geochemistry of Paleoarchean granites of the East Pilbara Terrane, Pilbara Craton, Western Australia: implications for early Archean crustal growth. In: van Kranendonk, M.J., Smithies, R.H., Bennett, V.C. (Eds.), *Earth's Oldest Rocks, Developments in Precambrian Geology*, vol. 15. Elsevier, Amsterdam, 369–410p.

Condie, K.C., 2005. TTGs and adakites: are they both slab melts? *Lithos* 80, 33–44p.

Condie, K. C., 2007 The Distribution of Paleoarchean Crust. In book: *Earth's Oldest Rocks. Developments in Precambrian Geology*, Chapter 1.2, Vol. 15, pp 9-18p.

Dantas, E.L., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 2010 Looking for the oldest rocks of South America: Paleoarchean orthogneiss of the Sobradinho Block, northernmost foreland of the São Francisco Craton, Petrolina, Pernambuco, Brazil. VII SSAGI South Am Symp Isotope Geology, S0136.

Dantas, E.L., Van Schmus, W.R., Hackspacher, P.C., Fetter, A.H., Brito Neves, B.B., Cordani, U.G., Nutman, A.P., Williams, I.S., 2004. The 3.4-3.5 Ga São José do Campestre massif, NE Brazil: remnants of the oldest crust in South America. *Precambrian Research* 130, 113–137.

Dantas, E.L., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 2013 Looking for the Early Archean rocks in South America: U–Pb dating and Hf isotopes in zircons from the north São Francisco Craton, Brazil. *Geol Soc Amer, Annual Meeting 2013*, Paper 269-5.

De La Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P., Marchal, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2 diagrams and major element analysis - its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29: 183-210.

Delgado, I. M. et al. (14 autores CPRM- Serviço Geológico do Brasil), 2003. Geotectônica do Escudo Atlântico. In: Bizzi, L. A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M.; Gonçalves, J. H. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil, Texto, Mapas & SIG*. Serviço Geológico do Brasil/CPRM, Brasília, pp. 227-334.

DePaolo, D.J., 1981. Nd Isotopic Studies: Some new perspectives on Earth structure and evolution. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 62(14), 137. <https://doi.org/10.1029/EO062i014p00137-01>

Gioia, S.M.C.L. and Pimentel, M.M., 2000. The Sm-Nd isotopic method in the geochronology laboratory of the University of Brasília. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72, 220-245. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652000000200009>.

Ghosh, Joy. 2004. 3.56 Ga tonalite in the central part of the Bastar Craton, India: Oldest Indian date. *Journal of Asian Earth Sciences - J ASIAN EARTH SCI.* 23. 359-364. [10.1016/S1367-9120\(03\)00136-6](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(03)00136-6).

Heilimo, E., Halla, J., Holttta, P., 2010. Discrimination and origin of the sanukitoid series: geochemical constraints from the Neoproterozoic western Karelian Province (Finland). *Lithos* 115, 27–39.

Hickman, Arthur & Van Kranendonk, Martin. (2012). Early Earth evolution: Evidence from the 3.5-1.8 Ga geological history of the Pilbara region of Western Australia. *Episodes*. 35. 283-297. [10.18814/epiiugs/2012/v35i1/028](https://doi.org/10.18814/epiiugs/2012/v35i1/028)

Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A., 2004. The application of laser ablation inductively coupled plasma-mass spectrometry to in

situ U–Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, 211, 47-69. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.017>.

Laurent, O., Martin, F., Moyen, J.F., Doucelance, R., 2014. The diversity and evolution of late-Archean granitoids: evidence for the onset of “modern-style” plate tectonics between 2.0 and 2.5 Ga. *Lithos* 205, 208-235.

Loureiro, H.S.C. e Macêdo, E. P. Projeto Remanso-Sobradinho: Petrolina, Folha S C.24-V -C-III. Carta Geológica. Salvador: CPRM, 2019. 1 mapa color. Escala 1:100.000. Programa Geologia, Mineração e Transformação Mineral.

Ludwig, K.R., 2003. User's Manual for Isoplot/Ex version 3.00 – A Geochronology Toolkit for Microsoft Excel, No. 4. Berkeley Geochronological Center, Special Publication, 70 p.

Martin, H., 1994. The Archaean grey gneisses and the genesis of continental crust. In: Condie, K.C. (Ed.), *Archaean Crustal Evolution*. Developments in Precambrian Geology, 11, pp. 205–260.

Martin, H., Peucat, J.J., Sabaté, P., Cunha, J.C., 1997. Crustal evolution in the early Archaean of South America: example of the Sete Voltas Massif, Bahia State, Brazil. *Precam Res* 82:35–62.

Martin, H. e Moyen, J. F., 2002 Secular changes in TTG composition as markers of the progressive cooling of the Earth. *Geology* 30: pp. 319–322.

McDonough, W.F. e Sun, S.S. 1995. The composition of the Earth. *Chem Geol* 120:223–253.

McCulloch, M. T. e Black, L.P. 1984. Sm-Nd isotopic systematics of Enderby Land granulites and evidence for the redistribution of Sm and Nd during metamorphism. *Earth Planet. Sci. Lett.* 71, 46-58.

Moyen, J.F., Martin, H., 2012. Forty years of TTG research. *Lithos* 148, 312-336.

Martin, H., Sabaté, P., Peucat, J.J., Cunha, J.C. 1991. Un segment de croûte continentale d'âge archéen ancien (3,4 milliards d'années): le massif de Sete Voltas (Bahia Brésil). *C. R. Acad. Sci. Paris* 313, 531-538.

Martin, H., Smithies, R., Rapp, R.P., Moyen, J.F., Champion, D., 2005. An overview of adakite, TTG, and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos* 79 (1–2), 1–24.

Martin, H., 1986. Effect of steeper Archean geothermal gradient on geochemistry of subduction-zone magmas. *Geology* 14, 753–756.

Martin, H. e Pinti, D. L. 2011. Archean Eon in book: *Encyclopedia of Astrobiology*, Edition: 1st Chapter: Archean Eon, Publisher: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-27833-4_98-3.

Mateinni, M., Junges, S.L., Dantas, E.L., Pimentel, M.M., Buhn, B.M., 2009. In situ zircon U-Pb and Lu-Hf isotope systematic on magmatic rocks: insights on the crustal evolution of the Neoproterozoic Goiás Magmatic Arc, Brasília belt, Central Brazil. *Gondwana Res.* 16, 200-212.

Moyen, J.F., 2011. The composite Archaean grey gneisses: petrological significance, and evidence for a non-unique tectonic setting for Archaean crustal growth. *Lithos* 123, 21–36.

Moyen, J.-F., Martin, H., 2012. Forty years of TTG research. *Lithos* 148, 312–336.

Mueller, P.A., Wooden, J.L., Mogk, D.W., Nutman, A.P., Williams, I.S. 1996. Extended history of a 3.5 Ga trondhjemitic gneiss, Wyoming Province, USA: evidence from U-Pb systematics in zircon. *Precambrian Res* 78:41–52.

Nutman, A.P., Cordani, U.G., 1993. SHRIMP U–Pb zircon geochronology of Archaean granitoids from the Contendas-Mirante area of the São Francisco craton, Bahia, Brazil. *Precam Res* 63: 179–188.

O'Connor, J.T., 1965. A Classification for Quartz-rich Igneous Rocks Based on Feldspar Ratios. US Geological Survey professional paper 525-B, pp. 79–84.

O'Neil, J.; Maurice, C.; Stevenson, R. K.; Larocque, J.; Cloquet, C.; David, J.; Francis, D. 2007. The Geology of the 3.8 Ga Nuvvuagittuq (Porpoise Cove) Greenstone Belt, Northeastern Superior Province, Canada. *Developments in Precambrian Geology*.

Paquette, J.-L., Barbosa, J.S.F., Rohais, S., Cruz, S.C.P., Goncalves, P., Peucat, J.-J., Leal, Â.B.M., Santos-Pinto, M., Martin, H., 2015. The geological roots of South America: 4.1Ga and 3.7Ga zircon crystals discovered in N.E. Brazil and N.W. Argentina. *Precambrian Research* 271, 49–55.

Pearce, J.A., 2008: Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archeanoceanic crust. *Lithos* 100, 14–48. doi:10.1016/j.lithos.2007.06.016.

Pearson, D. G. 1999. The age of continental roots. *Lithos* 48, 171–194.

Pearson, D. G., Snyder, G. A. & Shirley, S. B., 1995. Archean Re–Os age for Siberian eclogites and constraints on Archean tectonics. *Nature* 374 (6524), 711–713.

Peccerillo, A., Taylor, S.R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Archaean tectonic model of the Dharwar craton, Southern India: the origin of the Holenarsipur greenstone belt (Hassan district, Karnataka) and reinterpretation of the Sargur-Dharwar relationship. *J. SE Asian Earth Sci.* 14, 149–160

Peucat, J.J., Mascarenhas, J.F., Barbosa, J.S.F., de Souza, S.L., Marinho, M.M., Fanning, C.M., Leite, C.M.M., 2002. 3.3 Ga SHRIMP U–Pb zircon age of a felsic metavolcanic rock from the Mundo Novo greenstone belt in the São Francisco Craton, Bahia (NE Brazil). *J. S. Am. Earth Sci.* 15, 363–373.

Peucat, J.J., Santos-Pinto, M., Martin, H., Barbosa, J.S.F., Fanning, C.M., 2003. U–Pbzircon ages up to 3.4–3.5 Ga in Archean and Paleoproterozoic granitoids of the Gavião Block, São Francisco Craton, Bahia Brazil. In: *Short Papers, IV South American Symposium on Isotope Geology*, pp. 252–255.

Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M., Wiedemann, C.M., Pinto, C.P., 2001. The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwana land assembly. *Precambrian Research*, 110, 307– 323.

Pidgeon, R.T. e Wilde, S.A. 1990. The distribution of 3.0 Ga and 2.7 Ga volcanic episodes in the Yilgarn Craton of Western Australia *Precambrian Res.*, 48, pp. 309-325

Pimentel, M., Dardenne, M., Fuck, R., *et al.* 2001. Nd isotopes and the provenance of detrital sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14, 571– 585.

Sawyer, E.W., 2008. Atlas of migmatites. The Canadian Mineralogist Special Publication, 9. Mineralogical Association of Canada, NRC Research Press, Ottawa.

Santos-Pinto, M., Peucat, J.J., Martin, H., Barbosa, J.S.F., Fanning, M., Paquette, J.L., 2012. Crustal evolution between 2.0 and 3.5 Ga in the southern Gavião block (Umburanas–Brumado–Aracatu region), São Francisco Craton, Brazil: a 3.5–3.8 Ga proto-crust in the Gavião block? *J. S. Am. Earth Sci.* 40, 129–142.

Smithies, R. H., Champion, D.C., 2000. The Archaean high-Mg diorite suite: links to tonalite–trondhjemite–granodiorite magmatism and implications for early Archaean crustal growth. *Journal of Petrology* 41, 1653–1671.

Sawyer, E.W., 2008. Atlas of migmatites. The Canadian Mineralogist Special Publication, 9. Mineralogical Association of Canada, NRC Research Press, Ottawa.

Santos-Pinto, M., Peucat, J.J., Martin, H., Barbosa, J.S.F., Fanning, M., Paquette, J.L., 2012. Crustal evolution between 2.0 and 3.5 Ga in the southern Gavião block (Umburanas–Brumado–Aracatu region), São Francisco Craton, Brazil: a 3.5–3.8 Ga proto-crust in the Gavião block? *J. S. Am. Earth Sci.* 40, 129–142.

Smithies, R. H., Champion, D.C., 2000. The Archaean high-Mg diorite suite: links to tonalite–trondhjemite–granodiorite magmatism and implications for early Archaean crustal growth. *Journal of Petrology* 41, 1653–1671.

11. APPENDIX B - Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
CSF BROW													
010 Z06	0.183	0.168	1.066	12.018	5.626	0.519	5.524	2538	17	2606	53	2694	122
011 Z07	0.032	0.172	1.177	12.107	7.823	0.511	7.734	2574	20	2613	73	2662	169
028 Z17	0.017	0.171	0.968	12.263	3.123	0.521	2.969	2565	16	2625	29	2703	66
029 Z18	0.185	0.310	0.780	31.244	2.065	0.731	1.912	3520	12	3527	20	3538	52
017 Z11	0.236	0.314	0.853	32.010	2.613	0.739	2.470	3540	13	3551	26	3569	68
030 Z19	0.011	0.113	1.722	2.224	2.281	0.143	1.494	1849.77	30.81	1188.70	15.86	859.54	12.03
015 Z09	0.019	0.114	2.917	2.376	4.131	0.151	2.921	1871.34	51.70	1235.44	29.10	904.13	24.63
005 Z03	0.006	0.142	2.180	3.416	4.160	0.175	3.482	2249.30	37.19	1508.08	32.16	1038.06	33.88
003 Z01	0.245	0.288	0.671	24.389	3.153	0.614	3.080	3407.27	10.40	3284.07	30.30	3086.08	75.12
034 Z21	0.229	0.297	0.846	31.244	2.065	0.731	1.912	3452.77	13.06	3407.16	39.58	3330.14	103.99
004 Z02	0.010	0.233	1.226	14.085	3.589	0.438	3.371	3073.98	19.45	2755.46	33.47	2342.14	65.91
009 Z05	0.265	0.315	1.024	33.662	2.351	0.776	2.116	3544.47	15.77	3600.18	23.18	3701.16	59.59
<u>Data not used</u>													
024 Z15	0.006	0.263	1.486	21.619	2.881	0.596	2.439	3263.97	23.19	3166.77	27.58	3015.66	59.16
012 Z08	0.082	0.980	137.828	-1.603	150.131	-0.012	57.690	5208.76	1192.74	-	-	-76.93	45.90
018 Z12	0.128	0.064	4.714	0.961	5.117	0.109	1.835	734.24	96.78	684.06	25.15	668.90	12.64
016 Z10	0.456	0.070	2.449	1.056	4.649	0.109	3.505	939.44	49.41	731.89	23.96	665.95	24.95
023 Z14	0.238	0.067	1.886	1.211	2.633	0.131	1.563	841.97	38.77	805.86	14.54	792.85	13.70
022 Z13	0.153	0.082	1.028	1.558	1.386	0.138	0.901	1241.39	20.02	953.49	8.54	833.64	7.27
006 Z04	0.027	0.088	2.377	1.814	3.719	0.150	2.553	1373.08	45.05	1050.69	24.06	902.52	24.04
027 Z16	0.019	0.095	1.104	2.404	1.993	0.184	1.518	1520.54	20.67	1243.77	14.19	1090.20	16.62
033 Z20	0.031	0.127	1.358	2.815	3.184	0.160	2.752	2062.70	23.76	1359.55	23.58	958.05	25.59
035 Z22	0.147	0.163	0.980	3.213	3.814	0.143	3.162	2484.33	16.43	1460.27	29.11	862.65	29.69
TW - BROW													
016-ZR9N	0.239	0.125	0.773	6.274	1.128	0.363	0.732	2034	27	2015	20	1996	25
021-ZR13	0.164	0.127	0.543	6.692	0.915	0.382	0.636	2056	19	2072	16	2087	23
029-ZR19	0.277	0.126	0.511	6.515	1.034	0.375	0.818	2045	18	2048	18	2051	29
031-ZR20B	0.166	0.126	0.818	6.694	1.803	0.385	1.563	2043	29	2072	32	2101	56
035-ZR24	0.179	0.127	0.671	6.462	1.167	0.370	0.880	2054	24	2041	20	2028	31
044-ZR29B	0.131	0.126	0.417	6.423	0.965	0.369	0.788	2045	15	2035	17	2026	27
004-ZR2N	0.146	0.115	0.497	4.053	1.051	0.255	0.848	1885	18	1645	17	1464	22
005-ZR2B	0.170	0.122	0.496	5.134	1.103	0.306	0.913	1982	18	1842	19	1720	28

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - BROW													
006-ZR3	0.173	0.11605	0.43	4.049	0.74	0.2530	0.48	1896	15	1644	12	1454	13
007-ZR4	0.191	0.10025	0.48	2.464	1.12	0.1782	0.95	1629	18	1261	16	1057	18
008-ZR5N	0.258	0.11069	0.67	3.441	1.16	0.2254	0.87	1811	24	1514	18	1310	21
010-ZR6	0.180	0.12246	0.48	5.461	0.81	0.3234	0.53	1992	17	1894	14	1806	17
017-ZR9B	0.185	0.12555	0.41	6.242	0.75	0.3606	0.51	-	14	2010	13	1985	17
019-ZR11	0.205	0.11834	0.42	4.484	0.85	0.2748	0.64	1931	15	1728	14	1565	18
023-ZR15	0.183	0.12218	0.77	5.413	1.30	0.3213	0.98	1988	27	1887	22	1796	31
028-ZR18	0.099	0.11347	0.63	3.683	1.22	0.2354	0.98	1856	23	1568	19	1363	24
032-ZR21	0.206	0.10702	0.71	3.042	1.11	0.2061	0.77	1749	26	1418	17	1208	17
033-ZR22	0.470	0.12723	0.55	6.349	0.91	0.3619	0.62	2060	19	2025	16	1991	21
034-ZR23	0.228	0.12059	0.65	4.869	1.50	0.2928	1.31	1965	23	1797	25	1656	38
039-ZR25B	0.167	0.12140	0.93	5.185	1.56	0.3098	1.20	1977	33	1850	26	1740	36
040-ZR26	0.215	0.12548	0.48	6.112	1.05	0.3533	0.86	2036	17	1992	18	1950	29
041-ZR27	0.224	0.10487	0.82	2.716	1.32	0.1878	0.96	1712	30	1333	19	1110	20
045-ZR30	0.210	0.12625	0.57	6.236	0.99	0.3582	0.72	2046	20	2010	17	1974	25
047-ZR32	0.272	0.11117	0.72	3.279	1.55	0.2139	1.32	1819	26	1476	24	1250	30
052-ZR35	0.263	0.12539	0.53	6.106	1.04	0.3532	0.82	2034	19	1991	18	1950	27
057-ZR39	0.298	0.10723	0.65	3.061	1.03	0.2070	0.71	1753	24	1423	16	1213	16
058-ZR40	0.176	0.12543	0.66	6.468	1.01	0.3740	0.67	2035	23	2042	18	2048	23
059-ZR41	0.172	0.12236	0.78	5.447	1.16	0.3229	0.78	1991	28	1892	20	1804	24
065-ZR43	0.149	0.12678	0.55	6.357	1.00	0.3636	0.74	2054	20	2026	17	1999	25
068-ZR46	0.189	0.10583	0.49	2.878	0.97	0.1972	0.75	1729	18	1376	15	1160	16
070-ZR48	0.132	0.12566	0.51	6.302	0.94	0.3637	0.70	2038	18	2019	16	2000	24
071-ZR49	0.124	0.12680	0.53	6.410	0.85	0.3666	0.55	2054	19	2034	15	2013	19
072-ZR50N	0.224	0.11753	0.59	4.401	1.31	0.2716	1.11	1919	21	1713	22	1549	31
073-ZR50B	0.188	0.12252	0.64	5.734	0.94	0.3394	0.58	1993	23	1937	16	1884	19
<u>Data not used</u>													
009-ZR5B	0.219	0.11398	0.78	3.432	1.39	0.2184	1.09	1864	28	1512	22	1273	25
020-ZR12	0.190	0.10886	0.56	2.980	1.72	0.1985	1.58	1780	20	1402	26	1167	34

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - BROW													
Data not used													
043-ZR29N	0.130	0.12802	0.60	6.333	1.01	0.3588	0.73	2071	21	2023	18	1976	25
053-ZR36	0.277	0.10621	0.66	3.016	1.11	0.2060	0.81	1735	24	1412	17	1207	18
054-ZR37N	0.248	0.12028	1.15	5.589	1.62	0.3370	1.08	1960	41	1914	28	1872	35
055-ZR37B	0.199	0.10783	0.57	2.803	1.11	0.1885	0.88	1763	21	1356	17	1113	18
056-ZR38	0.205	0.09278	0.56	1.715	0.96	0.1341	0.68	1483	21	1014	12	811	10
060-ZR42	0.242	0.09809	1.06	2.524	1.39	0.1866	0.82	1588	39	1279	20	1103	17
011-ZR7N	0.903	0.14465	0.85	3.377	1.40	0.1693	1.05	2284	29	1499	22	1008	20
012-ZR7B	0.077	0.12305	0.87	4.744	1.95	0.2796	1.70	2001	31	1775	32	1589	48
015-ZR8	0.187	0.12880	2.33	6.516	2.53	0.3669	0.93	2082	81	2048	44	2015	32
036-ZR25N	0.194	0.12683	0.69	5.685	2.22	0.3251	2.08	2054	24	1929	38	1814	66
042-ZR28	0.169	0.12508	0.57	5.321	1.51	0.3085	1.35	2030	20	1872	26	1733	41
046-ZR31	0.238	0.16034	0.59	5.678	2.06	0.2568	1.94	2459	20	1928	35	1473	51
067-ZR45	0.081	0.11937	1.87	5.174	2.05	0.3144	0.76	1947	66	1848	35	1762	23
069-ZR47	0.148	0.11185	0.44	3.348	0.88	0.2171	0.67	1830	16	1492	14	1266	15
074-ZR51	0.194	0.12197	1.33	5.743	2.93	0.3415	2.59	1985	47	1938	50	1894	85
022-ZR14	0.139	0.18348	0.80	11.760	1.37	0.4648	1.04	2685	26	2585	25	2461	42
024-ZR16	0.134	0.17063	0.97	10.977	1.55	0.4666	1.15	2564	32	2521	29	2468	47
030-ZR20N	0.201	0.13601	1.97	8.399	2.37	0.4478	1.27	2177	68	2275	43	2386	51
048-ZR33	0.477	0.16825	1.00	8.606	1.63	0.3710	1.24	2540	33	2297	30	2034	43
003-ZR1	0.288	0.11153	4.52	2.851	4.70	0.1854	1.26	1824	159	1369	69	1096	25
018-ZR10	0.193	0.10977	0.65	3.123	2.78	0.2063	2.68	1796	24	1438	42	1209	59
027-ZR17	0.251	0.11321	1.31	3.951	3.82	0.2531	3.57	1852	47	1624	61	1455	93
051-ZR34	0.620	0.16256	3.20	8.630	4.33	0.3850	2.89	2482	106	2300	77	2100	103
066-ZR44	0.177	0.09525	2.73	1.833	7.43	0.1396	6.90	1533	101	1057	95	842	109
TW - 2A													
027-ZR17	0.036	0.17592	0.75	11.993	1.12	0.4944	0.74	2615	25	2604	21	2590	31

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - 2A													
030-ZR20	0.058	0.17782	0.57	12.847	0.91	0.5239	0.61	2633	19	2668	17	2716	27
007-ZR4	0.942	0.16026	0.66	6.490	1.55	0.2937	1.35	2458	22	2045	27	1660	40
008-ZR5	0.560	0.16539	0.87	7.833	1.22	0.3435	0.77	2512	29	2212	22	1903	25
011-ZR7B	0.437	0.14625	0.95	4.356	1.77	0.2160	1.45	2302	32	1704	29	1261	33
020-ZR12	0.149	0.17524	0.46	10.637	0.87	0.4402	0.64	2608	15	2492	16	2351	25
024-ZR16	0.243	0.14971	0.84	5.065	1.23	0.2453	0.82	2343	29	1830	21	1414	21
033-ZR23	0.149	0.15890	1.02	6.058	2.05	0.2765	1.74	2444	34	1984	35	1574	49
042-ZR28N	0.373	0.13554	1.33	3.494	2.37	0.1870	1.93	2171	46	1526	37	1105	39
045-ZR30	0.116	0.17275	0.53	10.202	0.94	0.4283	0.69	2584	18	2453	17	2298	27
046-ZR31	0.136	0.17727	0.59	11.354	0.96	0.4645	0.66	2627	20	2553	18	2459	27
051-ZR34	0.163	0.14642	1.20	4.493	1.65	0.2225	1.07	2305	41	1730	27	1295	25
060-ZR41	0.206	0.14859	1.05	4.908	1.30	0.2395	0.67	2330	36	1804	22	1384	17
<u>Data not used</u>													
009-ZR6	0.166	0.15802	1.66	4.800	2.36	0.2203	1.63	2435	56	1785	39	1283	38
012-ZR8	0.179	0.13119	1.91	3.556	3.28	0.1966	2.64	2114	66	1540	51	1157	56
018-ZR10B	0.369	0.13498	1.38	4.185	2.16	0.2248	1.62	2164	48	1671	35	1307	38
021-ZR13	0.161	0.17466	0.58	9.542	1.12	0.3962	0.88	2603	19	2392	20	2151	32
023-ZR15	0.064	0.17372	0.90	11.475	1.40	0.4790	1.01	2594	30	2563	26	2523	42
035-ZR25N	1.273	0.15448	1.85	4.621	2.63	0.2170	1.84	2396	62	1753	43	1266	42
036-ZR25B	1.095	0.17108	1.08	7.634	1.56	0.3236	1.06	2568	36	2189	28	1807	33
041-ZR27	0.051	0.17338	0.82	12.421	1.06	0.5195	0.56	2591	27	2637	20	2697	25
052-ZR35	0.145	0.15854	1.58	6.265	2.39	0.2866	1.75	2440	53	2014	41	1624	50
053-ZR36	0.176	0.18088	1.07	11.686	1.57	0.4685	1.10	2661	35	2580	29	2477	45
056-ZR38	0.857	0.15697	2.11	5.152	2.92	0.2380	1.98	2423	71	1845	49	1377	49
003-ZR1	0.501	0.18029	1.48	8.379	2.04	0.3371	1.35	2656	49	2273	37	1873	44
022-ZR14	0.043	0.16123	0.86	11.171	1.79	0.5025	1.53	2469	29	2537	33	2624	66
028-ZR18	1.593	0.13123	1.45	2.575	3.68	0.1423	3.36	2114	50	1294	53	858	54
031-ZR21	0.168	0.12820	0.88	4.415	1.23	0.2497	0.78	2073	31	1715	20	1437	20
039-ZR26N	0.347	0.15082	1.59	3.954	2.41	0.1901	1.78	2355	54	1625	39	1122	37

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios				Apparent age (Ma)							
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - 2A													
<u>Data not used</u>													
040-ZR26B	0.052	0.15973	0.43	7.943	1.06	0.3606	0.90	2453	14	2225	19	1985	31
043-ZR28B	0.197	0.13931	1.75	5.181	2.20	0.2697	1.27	2219	60	1850	37	1539	35
044-ZR29	0.482	0.15330	0.48	4.247	1.16	0.2009	0.98	2383	16	1683	19	1180	21
048-ZR33	0.801	0.10107	2.95	1.310	3.79	0.0940	2.34	1644	108	850	43	579	26
057-ZR39N	0.172	0.14066	0.57	3.416	1.04	0.1761	0.79	2235	20	1508	16	1046	15
059-ZR40	0.234	0.15028	0.83	6.384	1.45	0.3081	1.13	2349	28	2030	25	1731	34
006-ZR3	0.247	0.14454	0.96	1.044	19.61	0.0524	19.59	2282	33	726	194	329	125
010-ZR7N	0.425	0.13876	0.61	3.268	3.48	0.1708	3.41	2212	21	1474	53	1017	64
017-ZR10N	1.595	0.13918	3.59	0.549	52.16	0.0286	52.04	2217	122	445	345	182	185
019-ZR11	0.133	0.13500	0.91	3.072	6.01	0.1650	5.93	2164	32	1426	90	985	108
034-ZR24	0.191	0.17216	4.19	13.422	5.07	0.5654	2.82	2579	137	2710	94	2889	131
047-ZR32	0.223	0.19286	1.76	11.405	2.00	0.4289	0.89	2767	57	2557	37	2301	34
058-ZR39B	0.292	0.15788	1.17	7.483	3.44	0.3437	3.21	2433	39	2171	61	1905	106
004-ZR2N	1.225	0.60273	1.82	18.393	2.47	0.2213	1.63	4515	52	3011	47	1289	38
005-ZR2B	1.484	0.59389	1.56	6.428	2.31	0.0785	1.67	4493	45	2036	40	487	16
015-ZR9N	3.133	0.16226	4.18	3.737	8.57	0.1670	7.47	2479	138	1579	133	996	137
016-ZR9B	1.831	0.15866	1.12	2.917	2.18	0.1333	1.84	2441	38	1386	33	807	28
029-ZR19	0.871	0.36556	10.11	5.351	12.30	0.1062	7.00	3773	291	1877	200	650	86
032-ZR22	0.150	0.29172	5.01	9.473	5.29	0.2355	1.65	3427	152	2385	95	1363	41
054-ZR37N	0.705	0.20860	2.72	8.127	3.21	0.2825	1.66	2895	87	2245	57	1604	47
055-ZR37B	1.568	0.14143	4.09	3.202	4.25	0.1642	1.09	2245	138	1458	65	980	20
TW - GRAY													
086-ZR51N	0.420	0.18084	0.42	13.019	0.83	0.5221	0.62	2661	14	2681	16	2708	27
098-ZR58	0.386	0.17919	0.50	12.579	0.89	0.5091	0.64	2645	17	2649	17	2653	28
062-ZR37N	0.696	0.18412	0.74	13.882	1.23	0.5468	0.91	2690	24	2742	23	2812	41
099-ZR59	0.215	0.18405	0.56	12.874	0.93	0.5072	0.64	2690	18	2670	17	2645	28

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - GRAY													
022-ZR14	0.052	0.24308	0.62	20.245	1.02	0.6040	0.71	3140	20	3103	20	3046	35
056-ZR32	0.022	0.26171	0.51	23.709	1.02	0.6570	0.80	3257	16	3256	20	3255	41
070-ZR41	0.021	0.25736	0.93	22.303	1.33	0.6285	0.88	3231	29	3197	26	3144	44
041-ZR25N	0.279	0.30505	0.75	28.530	1.48	0.6783	1.22	3496	23	3437	29	3338	63
071-ZR42	0.321	0.31272	0.61	30.861	0.96	0.7157	0.65	3534	19	3515	19	3480	35
012-ZR8	0.355	0.15751	1.46	7.124	1.93	0.3280	1.21	2429	49	2127	34	1829	38
016-ZR10	0.464	0.15586	1.11	6.560	1.47	0.3052	0.89	2411	37	2054	26	1717	27
017-ZR11N	0.609	0.16998	0.48	9.841	1.10	0.4199	0.92	2557	16	2420	20	2260	35
043-ZR25B2	0.038	0.15863	0.68	6.867	1.51	0.3139	1.29	2441	23	2094	27	1760	40
064-ZR38	0.556	0.16069	0.75	7.508	1.21	0.3389	0.87	2463	25	2174	21	1881	28
082-ZR49N	1.410	0.13819	1.43	4.355	1.74	0.2286	0.92	2205	49	1704	29	1327	22
010-ZR6B	0.049	0.16649	0.67	6.960	1.55	0.3032	1.35	2523	22	2106	27	1707	40
059-ZR35	0.288	0.17827	0.50	10.242	1.26	0.4167	1.09	2637	17	2457	23	2245	41
078-ZR48N	0.575	0.15557	1.39	5.791	1.70	0.2700	0.91	2408	47	1945	29	1541	25
101-ZR61	0.428	0.18086	0.86	11.323	1.37	0.4540	1.00	2661	28	2550	25	2413	40
031-ZR19	0.550	0.22867	0.74	16.086	1.28	0.5102	0.98	3043	24	2882	24	2657	43
044-ZR26	0.027	0.14970	0.85	4.538	1.17	0.2198	0.71	2342	29	1738	19	1281	17
057-ZR33	0.362	0.22489	0.72	15.048	1.53	0.4853	1.30	3016	23	2818	29	2550	54
061-ZR36B	0.189	0.22121	0.78	13.637	1.18	0.4471	0.80	2990	25	2725	22	2382	32
019-ZR12N	0.065	0.25183	0.42	19.282	1.24	0.5553	1.10	3196	13	3056	24	2847	51
021-ZR13	0.038	0.21305	1.33	9.404	1.99	0.3201	1.44	2929	43	2378	36	1790	45
036-ZR23N	0.238	0.22512	1.60	11.227	2.22	0.3617	1.49	3018	51	2542	41	1990	51
038-ZR24	0.073	0.13714	1.09	3.258	1.93	0.1723	1.54	2191	38	1471	30	1025	29
065-ZR39N	0.013	0.25241	0.85	18.213	1.17	0.5233	0.73	3200	27	3001	22	2713	32
085-ZR50	0.131	0.22946	0.86	12.481	1.51	0.3945	1.19	3048	27	2641	28	2144	43
090-ZR53	0.047	0.25755	0.75	21.731	1.18	0.6119	0.83	3232	23	3172	23	3078	41
005-ZR3	0.677	0.29567	0.78	21.726	1.59	0.5329	1.34	3448	24	3172	31	2754	60
032-ZR20	0.031	0.22580	1.06	7.523	2.39	0.2416	2.12	3022	34	2176	42	1395	53

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - GRAY													
055-ZR31	0.315	0.29603	0.79	22.428	1.82	0.5494	1.59	3450	24	3202	35	2823	73
058-ZR34	0.064	0.20951	2.04	6.085	2.36	0.2106	1.12	2902	65	1988	41	1232	25
102-ZR62	0.250	0.29556	0.85	24.125	2.82	0.5920	2.67	3447	26	3273	54	2997	127
<u>Data not used</u>													
072-ZR43	0.021	0.12775	0.80	3.451	1.09	0.1959	0.63	2067	28	1516	17	1153	13
075-ZR45	0.573	0.16484	0.61	7.788	1.37	0.3426	1.16	2506	21	2207	24	1899	38
081-ZR48B	0.046	0.15965	0.61	7.704	0.97	0.3500	0.66	2452	20	2197	17	1935	22
007-ZR4B	0.023	0.17747	0.89	6.888	1.65	0.2815	1.34	2629	30	2097	29	1599	38
015-ZR9	0.296	0.16820	0.58	6.652	2.31	0.2868	2.21	2540	19	2066	40	1626	63
047-ZR28B	0.053	0.17100	0.66	6.781	1.08	0.2876	0.77	2567	22	2083	19	1630	22
074-ZR44B	0.044	0.16909	0.54	7.075	1.45	0.3035	1.29	2549	18	2121	26	1708	39
094-ZR54B	0.286	0.17992	1.20	8.586	1.53	0.3461	0.87	2652	39	2295	28	1916	29
077-ZR47	0.085	0.24531	0.71	19.398	1.01	0.5735	0.62	3155	23	3062	19	2922	29
030-ZR18	0.133	0.24658	0.71	20.201	1.24	0.5941	0.95	3163	22	3101	24	3006	46
069-ZR40	0.177	0.24951	0.75	21.154	1.12	0.6148	0.75	3182	24	3146	22	3089	37
003-ZR1	0.166	0.26210	0.50	22.798	0.87	0.6308	0.60	3259	16	3218	17	3153	30
004-ZR2	0.128	0.25291	0.68	21.503	0.99	0.6166	0.62	3203	21	3162	19	3096	30
009-ZR6N	0.244	0.25609	0.71	18.506	1.50	0.5241	1.27	3223	22	3016	29	2716	56
020-ZR12B	0.040	0.25422	0.46	14.633	1.34	0.4174	1.20	3211	15	2792	25	2249	46
023-ZR15	0.113	0.24575	0.93	14.314	1.43	0.4224	1.03	3158	29	2771	27	2271	39
042-ZR25B1	0.064	0.24442	0.62	12.734	1.37	0.3778	1.16	3149	20	2660	26	2066	41
049-ZR29B	0.118	0.22098	1.90	9.585	2.13	0.3146	0.89	2988	60	2396	39	1763	28
073-ZR44N	0.009	0.26568	0.55	24.170	0.92	0.6598	0.63	3281	17	3275	18	3266	32
084-ZR49B2	0.067	0.17868	0.60	6.038	1.12	0.2451	0.87	2641	20	1981	19	1413	22
089-ZR52B	0.276	0.22533	1.56	12.837	2.49	0.4131	1.91	3019	50	2668	46	2229	72
093-ZR54N	0.444	0.24220	0.65	17.188	1.17	0.5147	0.90	3134	21	2945	22	2676	40

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - GRAY													
Data not used													
011-ZR7	0.257	0.16986	1.13	0.269	75.81	0.0115	75.80	2556	38	242	303	74	111
045-ZR27	0.340	0.25207	2.81	18.585	3.16	0.5347	1.39	3198	88	3021	60	2761	62
046-ZR28N	0.095	0.26334	2.28	19.939	2.65	0.5491	1.29	3267	71	3088	51	2822	59
048-ZR29N	0.386	0.31326	3.13	14.923	4.08	0.3455	2.59	3537	95	2810	76	1913	85
050-ZR30	0.032	0.18719	3.40	5.941	4.62	0.2302	3.10	2718	110	1967	79	1335	75
076-ZR46	0.270	0.20929	2.25	12.741	3.13	0.4415	2.14	2900	72	2661	58	2357	84
095-ZR55	0.069	0.26176	0.82	18.019	2.53	0.4992	2.36	3257	26	2991	48	2610	101
096-ZR56	0.082	0.17808	4.02	6.325	4.20	0.2576	1.15	2635	131	2022	72	1477	30
097-ZR57	0.291	0.31694	2.51	26.246	3.58	0.6006	2.53	3555	76	3356	69	3032	122
006-ZR4N	0.185	0.18245	0.72	5.210	1.70	0.2071	1.50	2675	24	1854	29	1213	33
008-ZR5	0.053	0.22066	1.32	5.670	1.83	0.1863	1.20	2986	42	1927	31	1102	24
018-ZR11B	0.462	0.18738	1.97	2.623	15.79	0.1015	15.66	2719	64	1307	220	623	185
024-ZR16	0.025	0.19697	0.88	4.063	1.20	0.1496	0.72	2801	29	1647	19	899	12
029-ZR17	0.201	0.18621	1.69	10.394	2.23	0.4048	1.42	2709	55	2471	41	2191	52
033-ZR21N	0.030	0.36860	0.87	6.366	7.43	0.1253	7.37	3786	26	2028	126	761	105
034-ZR21B	0.078	0.25398	2.12	5.763	2.29	0.1645	0.78	3210	66	1941	39	982	14
035-ZR22	0.084	0.24878	1.06	10.038	1.93	0.2926	1.56	3177	33	2438	35	1655	46
037-ZR23B	0.319	0.19973	1.39	9.351	1.86	0.3395	1.18	2824	45	2373	34	1884	38
060-ZR36N	0.108	0.21646	1.60	8.875	2.25	0.2973	1.54	2955	51	2325	41	1678	45
063-ZR37B	0.184	0.19803	1.14	4.027	1.95	0.1475	1.53	2810	37	1640	31	887	25
066-ZR39B	0.167	0.17557	1.28	3.613	2.86	0.1492	2.53	2611	42	1552	45	897	42
083-ZR49B1	0.252	0.15269	1.01	4.074	1.27	0.1935	0.68	2376	34	1649	21	1140	14
087-ZR51B	0.056	0.21712	4.39	5.286	5.35	0.1766	3.03	2959	138	1867	89	1048	58
088-ZR52N	0.341	0.26205	1.69	10.127	2.83	0.2803	2.24	3259	53	2446	52	1593	63
100-ZR60	0.442	0.20266	2.18	11.585	2.64	0.4146	1.44	2848	70	2571	49	2236	54

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW-WHITE													
082-ZR53	0.029	0.17201	0.52	10.058	0.95	0.4241	0.71	2577	17	2440	18	2279	27
093-ZR62	0.062	0.17098	0.47	10.565	0.90	0.4481	0.68	2567	16	2486	17	2387	27
019-ZR10B	0.048	0.14745	0.75	4.662	1.52	0.2293	1.26	2317	26	1760	25	1331	30
022-ZR13	0.139	0.15739	0.75	6.650	1.43	0.3064	1.16	2428	25	2066	25	1723	35
023-ZR14N	0.149	0.11913	1.25	2.272	1.88	0.1383	1.35	1943	44	1204	26	835	21
081-ZR52	0.038	0.14251	0.56	3.972	0.94	0.2021	0.67	2258	19	1628	15	1187	14
083-ZR54	0.056	0.11545	1.04	2.092	1.55	0.1314	1.09	1887	37	1146	21	796	16
094-ZR63	0.076	0.14026	0.78	3.794	1.12	0.1962	0.71	2230	27	1591	18	1155	15
<u>Data not used</u>													
018-ZR10N	0.040	0.16863	0.95	5.210	1.60	0.2241	1.23	2544	32	1854	27	1303	29
020-ZR11	0.041	0.14933	0.76	5.709	2.28	0.2773	2.11	2338	26	1933	39	1578	59
033-ZR21	0.137	0.14339	0.64	4.666	1.71	0.2360	1.54	2268	22	1761	28	1366	38
034-ZR22	0.044	0.12993	0.51	5.654	0.90	0.3156	0.64	2097	18	1924	15	1768	20
053-ZR32	0.063	0.14523	0.91	6.704	2.10	0.3348	1.86	2290	31	2073	37	1862	60
054-ZR33	0.089	0.15298	0.49	4.654	1.25	0.2206	1.08	2379	17	1759	21	1285	25
066-ZR41B	0.020	0.16831	1.95	10.332	2.10	0.4452	0.68	2541	65	2465	39	2374	27
077-ZR48	0.031	0.13049	2.59	3.577	2.72	0.1988	0.72	2105	90	1544	43	1169	15
078-ZR49	0.019	0.13412	2.61	3.669	2.77	0.1984	0.86	2153	90	1565	44	1167	18
089-ZR58	0.027	0.17943	0.77	10.591	1.14	0.4281	0.75	2648	26	2488	21	2297	29
091-ZR60	0.042	0.11381	2.50	2.253	2.63	0.1435	0.72	1861	89	1198	37	865	12
006-ZR3	0.106	0.11296	0.68	0.957	2.28	0.0614	2.14	1848	24	682	22	384	16
035-ZR23	0.035	0.09853	8.07	2.473	8.16	0.1820	1.14	1597	287	1264	115	1078	23
003-ZR1N	0.081	0.31501	2.42	4.356	5.71	0.1003	5.16	3546	73	1704	92	616	61
004-ZR1B	0.073	0.30626	1.88	5.594	2.02	0.1325	0.64	3502	58	1915	35	802	10
005-ZR2	0.051	0.15861	0.54	3.809	0.88	0.1742	0.58	2441	18	1595	14	1035	11
007-ZR4	0.046	0.13628	1.75	1.867	2.16	0.0994	1.22	2180	60	1070	28	611	14
008-ZR5	0.066	0.21245	11.98	3.070	12.26	0.1048	2.58	2924	363	1425	180	642	31

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW-WHITE													
<u>Data not used</u>													
009-ZR6	0.034	0.15852	0.71	4.604	1.17	0.2106	0.85	2440	24	1750	19	1232	19
010-ZR7N	0.075	0.27389	2.30	4.858	3.68	0.1286	2.86	3328	71	1795	61	780	42
011-ZR7B	0.172	0.36743	2.75	8.814	3.40	0.1740	1.97	3781	82	2319	61	1034	38
012-ZR8	0.159	0.13488	0.98	3.091	2.21	0.1662	1.95	2162	34	1430	34	991	36
015-ZR9N	0.040	0.15428	0.61	2.191	3.09	0.1030	3.01	2394	21	1178	43	632	36
016-ZR9B1	0.080	0.30442	1.53	5.611	1.73	0.1337	0.72	3493	47	1918	30	809	11
017-ZR9B2	0.107	0.13568	1.02	1.782	1.44	0.0953	0.95	2173	35	1039	19	587	11
021-ZR12	0.033	0.14973	1.48	3.983	1.67	0.1929	0.69	2343	50	1631	27	1137	14
024-ZR14B	0.117	0.15884	2.97	2.467	3.07	0.1126	0.70	2443	99	1263	44	688	9
027-ZR15	0.051	0.38512	1.85	7.368	2.76	0.1388	2.02	3852	55	2157	49	838	32
028-ZR16	0.056	0.17102	0.95	5.592	1.33	0.2371	0.85	2568	32	1915	23	1372	21
029-ZR17	0.098	0.45290	5.11	6.531	5.56	0.1046	2.16	4095	148	2050	96	641	26
030-ZR18	0.092	0.23613	7.00	5.274	7.12	0.1620	1.27	3094	215	1865	118	968	23
031-ZR19	0.068	0.12674	2.75	2.057	2.96	0.1177	1.04	2053	95	1135	40	717	14
032-ZR20	0.011	0.24106	1.60	5.697	2.04	0.1714	1.22	3127	50	1931	35	1020	23
036-ZR24N	0.095	0.44536	2.15	8.858	2.49	0.1442	1.19	4070	63	2323	45	869	19
041-ZR24B	0.084	0.53084	1.95	11.952	2.30	0.1633	1.16	4329	57	2601	43	975	21
042-ZR25N	0.050	0.20329	4.38	7.358	4.66	0.2625	1.55	2853	139	2156	82	1503	41
043-ZR25B	0.051	0.20784	11.39	6.884	11.50	0.2402	1.53	2889	347	2097	194	1388	38
044-ZR26	0.051	0.56870	3.96	14.750	4.03	0.1881	0.64	4430	113	2799	75	1111	13
045-ZR27	0.067	0.27384	1.49	9.850	1.68	0.2609	0.68	3328	46	2421	31	1494	18
046-ZR28	0.035	0.23563	1.60	9.264	1.79	0.2851	0.71	3091	51	2364	33	1617	20
047-ZR29N	0.057	0.13922	1.62	3.407	1.82	0.1775	0.75	2218	56	1506	28	1053	15
048-ZR29B	0.136	0.41355	2.30	9.566	2.69	0.1678	1.33	3959	68	2394	49	1000	25
049-ZR30	0.049	0.34642	3.85	11.698	4.15	0.2449	1.52	3691	115	2581	76	1412	39
050-ZR31	0.057	0.11250	19.45	2.858	20.27	0.1842	5.69	1840	632	1371	284	1090	114
055-ZR34	0.067	0.56687	2.59	15.505	2.93	0.1984	1.33	4425	75	2847	55	1166	28

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW-WHITE													
<u>Data not used</u>													
056-ZR35	0.087	0.23184	6.33	10.784	6.50	0.3373	1.41	3065	196	2505	117	1874	46
057-ZR36	0.052	0.23430	4.44	4.068	4.89	0.1259	2.02	3082	138	1648	78	765	29
058-ZR37N	0.036	0.16614	10.49	3.128	10.70	0.1365	2.04	2519	333	1440	158	825	32
059-ZR37B	0.038	0.14145	13.75	2.843	14.51	0.1458	4.63	2245	440	1367	207	877	76
060-ZR38	0.104	0.08550	24.81	1.312	25.02	0.1112	3.16	1327	834	851	270	680	41
061-ZR39	0.043	0.12294	8.47	3.846	8.55	0.2269	1.14	1999	286	1602	133	1318	27
062-ZR40	0.071	0.79256	3.89	40.736	4.65	0.3727	2.51	4908	109	3789	90	2042	88
065-ZR41N	0.053	0.17688	0.95	5.297	1.48	0.2172	1.08	2624	31	1868	25	1267	25
067-ZR42	0.057	0.64023	2.36	13.971	2.80	0.1583	1.47	4602	67	2748	52	947	26
068-ZR43	0.048	0.14557	0.84	2.200	1.13	0.1096	0.65	2295	29	1181	16	670	8
069-ZR44N	0.387	0.30009	3.03	26.041	3.30	0.6293	1.25	3471	92	3348	64	3147	62
070-ZR44B	0.403	0.22855	5.69	15.826	5.88	0.5022	1.41	3042	177	2866	109	2623	61
071-ZR45	0.065	0.15485	1.01	2.942	1.52	0.1378	1.08	2400	34	1393	23	832	17
072-ZR46	0.058	0.48834	1.63	10.392	1.86	0.1543	0.82	4206	48	2470	34	925	14
073-ZR47N	0.108	0.41503	1.14	6.782	1.45	0.1185	0.81	3964	34	2083	25	722	11
074-ZR47B	0.043	0.33286	2.05	6.429	2.36	0.1401	1.10	3630	62	2036	41	845	17
079-ZR50	0.053	0.48569	5.59	13.163	5.79	0.1965	1.46	4198	160	2691	106	1157	31
080-ZR51	0.063	0.21489	0.78	6.691	1.10	0.2258	0.69	2943	25	2071	19	1313	16
084-ZR55	0.076	0.14018	2.98	1.912	3.23	0.0989	1.19	2229	101	1085	43	608	14
085-ZR56	0.035	0.17000	0.81	5.834	1.10	0.2489	0.65	2558	27	1952	19	1433	17
086-ZR57	0.059	0.24810	1.39	5.219	2.81	0.1526	2.41	3173	44	1856	47	915	41
090-ZR59	0.121	0.15552	0.74	1.675	3.12	0.0781	3.01	2407	25	999	39	485	28
092-ZR61	0.041	0.16652	1.45	3.826	1.76	0.1666	0.94	2523	48	1598	28	993	17
095-ZR64	0.038	0.03431	86.12	1.082	86.18	0.2287	3.17	-764	3002	745	752	1328	76
096-ZR65	0.090	0.16568	0.54	2.205	0.95	0.0965	0.69	2514	18	1183	13	594	8
097-ZR66	0.051	0.24952	2.18	2.922	2.46	0.0849	1.07	3182	68	1388	37	525	11
098-ZR67	0.098	0.19416	1.88	2.886	2.25	0.1078	1.19	2778	61	1378	34	660	15

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - URU													
012-ZR8B	0.419	0.13480	0.59	7.379	1.09	0.3970	0.84	2161	20	2158	19	2155	31
024-ZR15	0.553	0.13362	0.55	7.111	1.02	0.3860	0.77	2146	19	2125	18	2104	28
053-ZR34	0.385	0.13334	1.39	7.143	1.56	0.3885	0.60	2142	48	2129	28	2116	22
004-ZR2	0.258	0.25039	0.33	20.242	1.14	0.5863	1.02	3187	11	3103	22	2974	49
060-ZR40B	0.983	0.24166	0.77	15.122	1.26	0.4538	0.93	3131	24	2823	24	2412	37
027-ZR16	0.406	0.12425	0.84	5.145	1.22	0.3003	0.80	2018	29	1844	21	1693	24
042-ZR26	0.392	0.06668	0.46	1.270	0.81	0.1381	0.56	828	19	832	9	834	9
033-ZR20	0.133	0.20019	1.68	7.109	2.25	0.2575	1.46	2828	54	2125	40	1477	39
040-ZR24	0.171	0.22889	0.46	11.820	1.30	0.3745	1.16	3044	15	2590	24	2051	41
<u>Data not used</u>													
006-ZR3B	0.151	0.12747	0.54	3.138	1.00	0.1786	0.76	2063	19	1442	15	1059	15
007-ZR4	0.571	0.12142	0.61	2.934	1.47	0.1753	1.28	1977	22	1391	22	1041	25
008-ZR5	0.414	0.14194	0.97	7.366	1.52	0.3764	1.11	2251	33	2157	27	2059	39
011-ZR8N	0.451	0.13235	0.63	6.019	1.30	0.3298	1.07	2129	22	1979	22	1837	34
051-ZR32	0.201	0.09563	1.33	1.821	2.18	0.1381	1.69	1541	50	1053	28	834	26
003-ZR1	0.425	0.10405	4.02	2.025	5.00	0.1411	2.95	1698	145	1124	67	851	47
016-ZR10	0.249	0.21953	0.82	8.572	3.12	0.2832	2.99	2977	26	2294	56	1607	85
032-ZR19	0.363	0.20116	0.62	6.237	4.31	0.2248	4.25	2836	20	2010	74	1307	100
043-ZR27N	0.322	0.20054	0.92	4.647	1.58	0.1681	1.23	2831	30	1758	26	1001	23
044-ZR27B	0.061	0.16012	1.75	3.374	2.27	0.1528	1.40	2457	59	1498	35	917	24
052-ZR33	0.533	0.17906	0.36	11.588	1.00	0.4693	0.85	2644	12	2572	19	2481	35
055-ZR36	0.578	0.13989	4.10	3.031	4.38	0.1571	1.52	2226	139	1415	66	941	26
005-ZR3N	0.565	0.12016	1.23	1.415	6.51	0.0854	6.38	1959	44	895	76	528	65
015-ZR9	0.277	0.19679	2.05	4.798	7.03	0.1768	6.72	2800	66	1785	115	1050	129
017-ZR11	0.240	0.15400	2.87	8.948	6.51	0.4214	5.83	2391	96	2333	116	2267	221
023-ZR14B	0.404	0.15378	0.83	2.916	3.26	0.1375	3.13	2388	28	1386	49	831	49
028-ZR17N	0.689	0.15701	2.76	0.612	79.00	0.0282	78.95	2424	92	485	533	180	277

Tabela completa dos dados isotópicos U-Pb.

Sample Spot	Th/U	Isotopic ratios						Apparent age (Ma)					
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ %	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 σ %	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 σ %
TW - URU													
<u>Data not used</u>													
030-ZR18N	1.248	0.18408	0.41	11.227	3.59	0.4423	3.55	2690	13	2542	66	2361	140
039-ZR23B	0.358	0.27093	1.73	19.006	1.88	0.5088	0.65	3311	54	3042	36	2651	28
046-ZR29	0.331	0.16834	2.17	2.589	6.84	0.1116	6.47	2541	72	1298	98	682	83
059-ZR40N	0.180	0.30569	3.97	24.824	5.98	0.5889	4.45	3499	120	3301	114	2985	211
009-ZR6	0.101	0.51715	2.07	48.556	3.41	0.6809	2.69	4291	60	3963	67	3348	140
010-ZR7	0.599	0.20324	1.03	3.888	1.57	0.1387	1.12	2852	33	1611	25	838	18
018-ZR12N	0.603	0.11015	8.97	1.670	9.23	0.1099	2.13	1802	310	997	114	672	27
019-ZR12B	0.302	0.14503	3.99	2.510	5.57	0.1255	3.86	2288	134	1275	79	762	55
020-ZR13N	0.309	0.18736	1.69	3.363	2.03	0.1302	1.06	2719	55	1496	32	789	16
021-ZR13B	0.233	0.25635	1.71	2.546	3.71	0.0720	3.27	3224	53	1285	53	448	28
022-ZR14N	1.525	0.21279	5.04	2.851	5.27	0.0972	1.51	2927	158	1369	78	598	17
029-ZR17B	1.180	0.23120	6.07	1.226	6.54	0.0385	2.41	3060	188	813	72	243	12
031-ZR18B	0.699	0.21465	1.56	3.275	7.04	0.1107	6.86	2941	50	1475	107	677	88
034-ZR21	0.349	0.12206	5.85	1.575	6.33	0.0936	2.39	1987	201	960	77	577	26
035-ZR22	0.501	0.12870	9.89	2.699	9.96	0.1521	1.12	2080	329	1328	143	913	19
036-ZR23N	0.256	0.16667	0.98	1.201	1.60	0.0523	1.20	2525	33	801	18	328	8
041-ZR25	0.067	0.32551	3.18	5.648	5.30	0.1258	4.22	3596	96	1923	89	764	61
045-ZR28	0.480	0.17920	2.94	3.215	3.38	0.1301	1.62	2645	96	1461	52	789	24
047-ZR30	0.314	0.34400	1.61	5.222	1.80	0.1101	0.73	3681	49	1856	31	673	9
048-ZR31	0.123	0.20508	2.57	3.641	3.25	0.1287	1.96	2867	82	1558	51	781	29
054-ZR35	0.579	0.19858	0.73	1.956	1.18	0.0714	0.85	2815	24	1101	16	445	7
056-ZR37	0.121	0.29566	1.22	2.099	3.40	0.0515	3.15	3448	38	1148	46	324	20
057-ZR38	1.148	0.44482	0.81	7.772	1.50	0.1267	1.21	4068	24	2205	27	769	18
058-ZR39	0.858	0.13477	2.52	3.696	2.95	0.1989	1.50	2161	86	1570	47	1169	32