UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

***ESTUDO DE PROVENIÊNCIA EM SEQUÊNCIAS
SUPRACRUSTAIS NEOPROTEROZOICAS DA ZONA
TRANSVERSAL, PROVÍNCIA BORBOREMA***

Carolina Ojeda Marulanda

Orientadora: Profa. Dra. Maria Helena Bezerra Maia de Hollanda

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO
2013

T
O39
C.e
v.corrigida e.2

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDO DE PROVENIÊNCIA EM SEQUÊNCIAS SUPRACRUSTAIS
NEOPROTEROZÓICAS DA ZONA TRANSVERSAL, PROVÍNCIA
BORBOREMA**

CAROLINA OJEDA MARULANDA

Orientador: Prof^a. Dr^a. Maria Helena Bezerra Maia de Hollanda

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

Nome

Assinatura

Presidente: Dra. Maria Helena Bezerra Maia de Hollanda

Examinadores: Dr. Miguel Angelo Stipp Basei
(GMG/IGc/USP)

Dr. Vladimir Cruz de Medeiros
(CPRM-PE)

SÃO PAULO
2013

Versão corrigida

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

DEDALUS - Acervo - IGC

30900031821

CAROLINA OJEDA MARULANDA

**ESTUDO DE PROVENIÊNCIA EM SEQUÊNCIAS SUPRACRUSTAIS
NEOPROTEROZOICAS DA ZONA TRANSVERSAL, PROVÍNCIA BORBOREMA**

Orientadora: Prof^a. Dr^a Maria Helena Bezerra Maia de Hollanda

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

Versão corrigida

SÃO PAULO

2013

T
039
C. e
✓ corrigida
e. z

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Ojeda Marulanda, Carolina

Estudo de Proveniência em Sequências
supracrustais Neoproterozoicas da Zona Transversal,
Província Borborema / Carolina Ojeda Marulanda. --
São Paulo, 2013.

98 p. : il. + anexos

Dissertação (Mestrado): IGc/USP

Orient.: Hollanda, Maria Helena Bezerra Maia de

1. Proveniência	2. Geocronologia	3.
Neoproterozoico I. Título		

A meu filho Nikolas e
meu vovô Guillermo...

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a minha família de quem sempre tive compressão e apoio: minha amada mãe e artista Alicia Marulanda, a minha avó Nohemi, exemplos de vida e coragem; a meu irmão David e cunhada Luisita; a minha irmãzinha Natalia, a meu pai adorado David; a meu primo Jair e minhas primas Teresita e Diana Carolina. E, em especial a meu filho Nikolas que teve na sua curta idade a capacidade de suportar minha ausência.

A minha orientadora Maria Helena por sua excelente contribuição nesse trabalho. Sua dedicação à pesquisa geológica é exemplo para mim.

Aos técnicos do laboratório do CP Geo-IG/USP que sempre estiveram dispostos a me colaborar e deram aportes fundamentais para mim neste trabalho.

A todos/as camaradas da vida, em especial aos imprescindíveis: Diana Diaz, David Ojeda Tovar, Eduardo Pardo, Camilo Davila, Ana Carolina Ramos, Cícero de Grato, Guilherme Guedes e Francisco Toloza.

A meus mais especiais amigos/as: Claudia Blanco Tifaro, Alexandra Aguja, Luz Jenny Navarro, Graciélita e Cesitar, Roseane Nascimento, Vicente Manjate, Erika Ortiz, Erika Leon, Hugo Ochoa, Wilson Casallas e Juan Santamaría.

A meus colegas pela importante ajuda no começo desta viagem, Agustín Cardona e Omar Montenegro.

E, finalmente a meu companheiro, camarada e amigo, Erivaldo Costa de Oliveira que estive do meu lado dia a dia. Obrigada pela lealdade e por todo seu amor.

RESUMO

A aplicação de métodos isotópicos para determinar padrões de proveniência de sequências metassedimentares siliciclásticas constitui abordagem atual em estudos de evolução crustal no Precambriano. Os métodos baseados em datação U/Pb e composição isotópica de Hf *in situ* têm sido combinados para reconhecer as idades e natureza de áreas-fonte (crosta reciclada ou manto), definir intervalos para sedimentação, estabelecer correlações estratigráficas entre sucessões terrígenas e, se combinadas a outras ferramentas, auxiliar na proposição de modelos geodinâmicos. Nesse sentido, estudamos rochas metassedimentares do Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água, que ocorrem no Terreno Alto Pajeú (Zona Transversal, Província Borborema), utilizando datação U/Pb de zircões detríticos e caracterização da assinatura isotópica de Hf.

Os grãos detríticos do Complexo Riacho Gravatá caracterizam-se por formas prismáticas e, em grande parte, terminações bi-piramidais preservadas, associadas a razões C:L entre 3:1 e 1:1, sugerindo fontes proximais e pouca reciclagem mecânica durante transporte e deposição. Os setores analisados são todos ígneos, com zonação concêntrica e setorial, e razões Th/U entre 0,15 e 2,3. O mesmo é observado para os zircões da Sequência Serra do Olho D'Água, embora as terminações sejam sub-arredondadas indicando grau maior de retrabalhamento durante o ciclo sedimentar. Estruturas internas, razões Th/U e alongação são estritamente similares.

A distribuição das idades em zircões do Complexo Riacho Gravatá define uma moda meso-neoproterozoica dominante com picos de frequência em c. 960, 1000, 1048 e 1059 Ma, coerente com as idades obtidas nos quartzitos e metaconglomerado da Sequência Serra do Olho D'Água. Nessa última, destaca-se um conjunto importante de idades paleoproterozoicas (c. 2,1 - 1,85 Ga) que, no Complexo Riacho Gravatá, representa menos que 5% dos grãos analisados. Em todas as amostras os zircões mais jovens têm idades entre 880 e 890 Ma, e os valores $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ positivos (desde +11,8) a negativos (até -23,2) são correlacionados linear e negativamente com as idades modelo $t_{\text{DM}}(\text{Hf})$ entre 3,2 e 1,1 Ga. O padrão isotópico de Hf e idades U/Pb nos zircões detríticos é compatível com a assinatura estimada ($\epsilon_{\text{Hf}} = 1,34 \cdot \epsilon_{\text{Nd}} + 2,82$) para as rochas metavulcânicas / metaplutônicas Cariris Velhos, indicando-as como as fontes prováveis para os zircões stenianos - tonianos. As áreas-fonte paleoproterozoicas correlacionam-se com os vários segmentos crustais de igual idade reconhecidos em toda Província Borborema (Terreno Alto Pajeú, Terreno Alto Moxotó, São José de Caiano/Rio Grande do Norte e ainda no Cráton São Francisco).

A assinatura isotópica (idades U/Pb e ϵ_{Hf}) da Sequência Serra do Olho D'Água é similar àquela do Complexo Riacho Gravatá, destacando-se a população steniana - toniana como moda dominante. Esse padrão permite caracterizar a Sequência Serra do Olho D'Água como unidade correlacionada ao evento Cariris Velhos, em desacordo com a literatura regional que a posiciona no Grupo Cachoeirinha, de idade ediacarana (c. 630 Ma). As proporções entre as modas paleoproterozoicas e meso-neoproterozoicas do Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água é o aspecto mais relevante na distinção entre estas unidades, refletindo ambientes tectônicos distintos (margem passiva, bacia sin-orogênica) ou particularidades do sistema de paleodrenagens. Qualquer que seja a interpretação, os novos dados devem ser considerados em futuras propostas de modelos geodinâmicos referentes ao evento Cariris Velhos.

ABSTRACT

The application of isotopic methods to determine models for the provenance of siliciclastic meta-sedimentary sequences constitute recent studies on Precambrian crustal evolution. Methods based on in situ isotopic dating and composition of detrital zircon have been combined in order to constrain the ages and nature of the source (recycled crust or mantle), to define sedimentary intervals, establish stratigraphic correlations between terrigenous successions and, if combined with other tools, to aid in the proposition of geodynamic models. Hence, U/Pb dating of detritic zircons and the Hf isotopic signatures of the meta-sedimentary rocks of the Riacho Gravatá complex and the Serra do Olho D'Água Sequence located in the Borborema Province (NE Brazil) have been studied.

The detritic grains of the Riacho Gravatá complex have prismatic forms and, most often the bipyramidal structure is preserved, with the C:L ratios between 3:1 and 1:1, suggesting sources close to one another and little mechanical recycling during the transportation and deposition. The sectors which have been analyzed are igneous, with concentric and sector zoned, with Th/U ratios between 0,15 and 2,3. The same thing is observed in the zircons of the Serra do Olho D'Água Sequence, though their prisms have semi-rounded extremes indicating a higher degree of re-working during the sedimentary cycle. Their internal structures, Th/U ratios and elongation are very similar.

The zircon age distribution of the Riacho Gravatá Complex defines a dominant Mesoproterozoic mode with frequency peaks at c. 960, 1000, 1048 and 1059 Ma, coherent with the ages obtained in the quartzites and metaconglomerate of the Serra do Olho D'Água. To the latter is associated a set of Paleoproterozoic ages (c.2,1-1,85 Ga) which, in the Riacho Gravatá Complex, represent less than 5% of the grains analyzed. In all the samples the youngest zircons have ages between 880 and 890 Ma, and positive $\epsilon\text{Hf}(t)$ (from +1,8) to negative (up to -23,2) values giving a negative linear correlation with model ages of $t_{\text{DM}}(\text{Hf})$ between 3,2 and 1,1 Ga. The isotopic model of Hf and the U/Pb ages in detritic zircons is compatible with the estimated signature ($\epsilon\text{Hf} = 1,34\epsilon\text{Nd} + 2,82$) for the metavolcanic/metaplutonic rocks of Cariris Velhos, indicating them as the possible sources of the Stenian-Tonian zircons. The Paleoproterozoic source correlates with the various crustal segments of similar age recognized in all the Borborema Province (Alto Pajeú Terrain, Alto Moxotó Terrain, São José de Caiano/Rio Grande do Norte and also São Francisco craton).

The isotopic signature (U/Pb ages and ϵHf) of the Serra do Olho D'Água Sequence is similar to that of the Riacho Gravatá Complex, distinguishing the Stenian-Tonian population as the dominant mode. This model enables us to characterize the Serra do Olho D'Água Sequence as a unit linked to the Cariris Velhos event, in disagreement with the regional literature which situates the Cachoeirinha Group to Ediacaran age (c. 630 Ma). The proportions between the Paleoproterozoic and Mesoproterozoic modes of the Riacho Gravatá Complex and Serra do Olho D'Água sequence are the most relevant aspect in the distinction between the units, reflecting different tectonic settings (passive margin, syn-orogenic basins) or peculiarities of the paleodrainage system. Whatever the interpretation, these new data are to be considered in future proposals as regards to geodynamic models related to the Cariris Velhos event.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO, OBJETIVO E JUSTIFICATIVA.....	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 OBJETIVO E JUSTIFICATIVA	16
CAPÍTULO 2 - GEOLOGIA REGIONAL.....	18
2.1 INTRODUÇÃO	18
2.2 SETOR SETENTRIONAL	18
2.2.1 O Arqueano	19
2.2.2 O Paleoproterozoico.....	22
2.2.3 O Mesoproterozoico	24
2.2.4 O Neoproterozoico	24
2.3 SETOR CENTRAL ou ZONA TRANSVERSAL.....	26
2.3.1 As unidades estratigráficas neoproterozoicas associadas ao evento Cariris Velhos na Província Borborema : registro geológico no Terreno Alto Pajeú	28
2.3.2 As unidades estratigráficas do Grupo Cachoeirinha : hipóteses para empilhamento e dados geocronológicos disponíveis.....	32
2.4 SETOR MERIDIONAL.....	33
CAPÍTULO 3 - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS.....	37
3.1 INTRODUÇÃO	37
3.2 GEOCRONOLOGIA SM/Nd (ROCHA TOTAL).....	37
3.3 GEOCRONOLOGIA U/Pb <i>IN SITU</i>	40
3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DE DADOS U/Pb POR LA-ICP-MS	43
3.5 COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE Hf (ϵ Hf) <i>IN SITU</i>	45
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E ANÁLISES COMPARATIVAS	47
4.1 INTRODUÇÃO	47
4.2 RESULTADOS SM/Nd	47
4.3 RESULTADOS U/Pb <i>IN SITU</i>	51
4.3.1 Complexo Riacho Gravatá	52
4.3.2 Formação Serra do Olho D'Água	60
4.3.3 Grupo Cachoeirinha: metapelito da Formação Santana dos Garrotes	72
4.3.4 Granitos intrusivos nas sequências Riacho Gravatá e Serra do Olho d'Água	75
4.4 RESULTADOS ϵ Hf <i>IN SITU</i>	78
CAPÍTULO 5 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS E CONCLUSÕES	80
5.1 INTRODUÇÃO	80
5.2 DEFINIÇÃO DE FONTES A PARTIR DE DADOS SM/Nd EM ROCHA TOTAL.....	80
5.3 DEFINIÇÃO DE FONTES A PARTIR DE DADOS U/Pb E ϵ Hf EM ZIRCÕES DETRÍTICOS	81
5.4 OUTRAS INFERÊNCIAS	84
5.5 CONCLUSÕES	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa esquemático da Província Borborema com definição dos três domínios ou setores tectônicos - Setentrional, Central (Zona Transversal) e Meridional, incluindo também os traços das principais zonas de cisalhamento E-W e NE-SW que limitam esses setores e os blocos internos a eles. Os granitóides brasileiros que caracterizam o Neoproterozoico da província estão representados em preto. 14
- Figura 2.** Mapa tectônico da Província Borborema mostrando a compartimentação em domínios internos aos grandes setores individualizados na Figura 1. Modificado de Van Schmus et al. (2008). 20
- Figura 3.** Diagrama de evolução isotópica de Nd no manto litosférico (tipos DM e CHUR). A curva exponencial representa a evolução do manto considerado exaurido (depletado) em elementos incompatíveis (curva DM) e a reta em "0" representa o valor da razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ do manto condritico (CHUR) = 0,512634. As retas inclinadas representam exemplos de composições isotópicas de rochas metasedimentares do NE Brasil. 38
- Figura 4.** Etapas de laboratório para preparação mecânica de amostras para análise Sm/Nd em rocha total, ilustrando moinho de carbeto de tungstênio com três anéis e o acondicionamento em frascos de plásticos (A); em (B) detalhe da balança de precisão onde foram pesadas as amostras; (C) detalhe das colunas cromatográficas para separação de elementos terras raras a partir da rocha pulverizada (coluna RE-Spec) e, depois, separação de cada um Sm e Nd (coluna LN-Spec). 40
- Figura 5.** Etapas de laboratório para separação mecânica de zircão da rocha total. (A) redução de amostra de mão para fragmentos de tamanhos centimétricos; (B) redução granulométrica em moinho de discos e posterior peneiramento para separação da fração de trabalho 100-250 mesh; (C) mesa de fluxo aquoso tipo Wifley; (D) separação gravimétrica por líquidos densos. 42
- Figura 6.** (A) BRANCOS: Observa-se em cor verde os dados brutos para cada isótopo, os quais depois de serem corrigidos ficam na cor preta. As barras em vermelho indicam o desvio padrão e as linhas azuis representam as regressões feitas com os dados já corrigidos. (B) PADRÕES: Pode-se observar que as maiores correções são feitas no ^{202}Hg , ^{204}Pb ; como o ^{208}Pb é muito ruidoso, ele é calculado sinteticamente a partir de ^{206}Pb e ^{207}Pb . (C) e (D) RAZÕES: Pode-se observar em cada uma das razões que o conjunto de dados, depois de serem corrigidos o seu fracionamento e a sua intensidade (pelos valores do padrão), transforma-se na linha azul claro (melhor resolução em $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$). O último diagrama de baixo plota todas as razões em unidades de idade (Ma), para fins de comparação. 44
- Figura 7.** (A) Diagrama Concórdia gerado pelo pacote R®. (B) Pode-se observar a 'trilha' obtida a partir dos 50 ciclos em uma análise (linha cor púrpura), e as linhas de isovalores (cor verde) que indicam a distribuição espacial das idades do grão. Ainda é possível ilustrar que a elipse de confiança construída é assimétrica, diferente ao padrão de covariâncias ^{206}Pb e ^{207}Pb fornecido pelo Isoplot. (C) Histograma de densidade de probabilidade com as curvas gaussianas para as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em cor azul, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ em cor vermelho, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ em cor verde e $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ em cor púrpura. 45
- Figura 8.** Mapa geológico esquemático mostrando a localização das amostras analisadas e sua correspondência com as unidades estudadas. 48
- Figura 9.** Diagrama de evolução ϵNd versus tempo com dados Sm/Nd das amostras analisadas neste estudo e campos definidos para as assinaturas isotópicas de rochas do embasamento paleoproterozoico na Zona Transversal (TRC, TAM, TAP) e de ortognaisses Cariris Velhos (cf. Van Schmus et al., 2011). 51

- Figura 10.** Amostra RG-1 : (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões detríticos. (B) Diagrama Concórdia mostrando a distribuição das idades Pb/U nos zircões detríticos e (C) histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grão ≥ 1200 Ma). **55**
- Figura 11.** Amostra RG-5 : (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões detríticos. (B) Diagrama Concórdia mostrando a distribuição das idades Pb/U nos zircões detríticos e (C) histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma). **57**
- Figura 12.** Amostra RG-7: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões detríticos. (B) Diagrama Concórdia mostrando a distribuição das idades Pb/U nos zircões detríticos e (C) histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma). **59**
- Figura 13.** Amostra SOD-1: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagramas Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detríticos; Esquerdo, Concórdia com todos os grãos analisados; Direito, Concórdia com a população de grãos mais jovens, de idade toniana a steniana. (C) histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma). **65**
- Figura 14.** Amostra SOD-2: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagramas Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detríticos; Esquerdo, Concórdia com todos os grãos analisados; Direito, Concórdia com a população de grãos mais jovens, principalmente em c. 1,0 Ga. Notar a forte discordância de algumas análises. (C) Histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma). **67**
- Figura 15.** Amostra SOD-3 : (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagramas Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detríticos; Esquerdo, Concórdia com todos os grãos analisados; Direito, Concórdia com a população de grãos mais jovens, entre Neoproterozoico (Toniano) e Mesoproterozoico. (C) Histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma). **69**
- Figura 16.** Amostra SOD-4 : (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagramas Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detríticos; Esquerdo, Concórdia com todos os grãos analisados; Direito, Concórdia com a população de grãos mais jovens, entre Neoproterozoico (Toniano) e Mesoproterozoico. (C) Histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma). **71**
- Figura 17.** Amostra CCH-1: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagrama Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detríticos. (C) Histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma). **74**
- Figura 18.** (A) (*Superior*). Imagem de catodoluminescência para alguns dos zircões analisados do diorito de São José do Bonfim mostrando o padrão interno de zonação ígnea e bordas recrystalizadas. (B) (*Inferior*). Gráfico Concordia ilustrando o arranjo das razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ na forma de elipses de erro (em vermelho) e a idade Concordia (azul) obtida. **76**

Figura 19. (A) (Superior). Imagem de catodoluminescência para alguns dos zircões analisados do granito do Carmo mostrando o padrão de zonação ígnea. (B) (Inferior). Gráfico Concordia ilustrando o arranjo das razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ na forma de elipses de erro (em vermelho) e a idade Concordia (azul) obtida.77

Figura 20. Gráfico ϵ_{Hf} versus tempo para os zircões detríticos stenianos e tonianos das unidades estudadas - Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água. As curvas DM e CHUR são mostradas como referência.78

Figura 21. Gráfico de idades U/Pb de zircões detríticos de unidades metassedimentares da Província Borborema onde o intervalo Steniano - Toniano é encontrado (em cinza). Observar a forte correlação do padrão de assinatura do Complexo Riacho Gravatá com a de rochas metassedimentares do Domínio Macururé (Setor Meridional). Os dados da literatura foram compilados de Oliveira et al. (2006, 2010), Van Schmus et al. (2011), Bautista (2012), Araújo et al. (2012) e dados inéditos de M.H.B.M. Hollanda.82

Figura 22. Diagrama de correlação entre os valores de $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ e as idades $t_{\text{DM}}(\text{Hf})$ obtidos nos zircões detríticos do Complexo Gravatá e da Sequência Serra do Olho D'Água. O arranjo geométrico linear indica a correlação negativa entre esses parâmetros.85

Figura 23. Gráfico de correlação entre os valores de $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ e a idade de cristalização (U/Pb) dos zircões detríticos das unidades estudadas, Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água. O campo em ocre refere-se aos valores ϵ_{Hf} estimados para as rochas metaplutônicas (ortognaisses) Cariris Velhos, calculados através da equação $\epsilon_{\text{Hf}} = 1.34 \cdot \epsilon_{\text{Nd}} + 2.82$, proposta por Vervoort et al. (1999).85

Figura 24. Curva de densidade ilustrando a distribuição das idades U/Pb concordantes < 1200 Ma dos zircões detríticos do Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água. O campo em cinza representa o intervalo de idades (com erros individuais considerados) para as rochas metavulcânicas Cariris Velhos (dados da literatura). As idades máxima e mínima consideradas foram 996 ± 13 Ma (Guimarães et al., 2012) e 964 ± 17 Ma (Santos et al., 2010), respectivamente.87

Figura 25. Curvas de densidade de probabilidade ilustrando as populações de idades em zircões detríticos das unidades estudadas - Complexo Riacho Gravatá (RG-1, RG-5, RG-7), Sequência Serra do Olho D'Água (SOD-1, SOD-2, SOD-3, SOD-4) e Grupo Cachoeirinha (CCH-1 e mais *dados publicados em Van Schmus et al., 2011).88

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO, OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

1.1 INTRODUÇÃO

A Província Borborema é palco de uma evolução geológica complexa quando considerada toda sua extensão geográfica. Reconstruir sua evolução precambriana implica entender as histórias particulares de seus vários blocos, domínios ou terrenos os quais foram amalgamados durante o ciclo Brasileiro, no Neoproterozoico. As primeiras tentativas de individualização dessa província em sub-unidades tiveram como base o conceito de domínios estruturais, ao qual já se admitia a incorporação de algumas informações geocronológicas baseadas em isócronas Rb/Sr ou idades K/Ar. A partir da década de 90 a integração crescente com dados geocronológicos mais precisos permitiu a definição dos grandes domínios tectônicos precambrianos - Setentrional, Central, Meridional (Figura 1) - propostos e discutidos nas sínteses de Santos et al. (1996, 2000) e Brito Neves et al. (2000). Hoje essa subdivisão é aceita como modelo de compartimentação consolidado para a província, muito embora o acervo de dados existentes já aponta para possíveis revisões de alguns dos limites tectônicos estabelecidos.

No âmbito interno de cada domínio da Província Borborema ainda são muitas as questões a serem exploradas e que podem ser consideradas relevantes para a elaboração de um cenário geodinâmico integrado para o Neoproterozoico. Reconhecer a extensão lateral e o empilhamento de unidades litoestratigráficas regionais dentro desses domínios é premissa para embasar qualquer modelo. Considerando serem regiões antigas sob forte influência de eventos tectônicos superpostos, identificar as relações originais entre os vários litotipos mapeados não é trivial, e muitas vezes requer a utilização de ferramentas indiretas que possam dar suporte à evidências observacionais inconclusivas. Nesse aspecto a geocronologia pode ser reconhecida como instrumento fundamental para identificar unidades que apresentem a mesma assinatura isotópica dentro de um mesmo contexto tectonoestratigráfico. Padrões de proveniência obtidos a partir de datação U/Pb *in situ* em zircões detríticos de unidades metassedimentares, por exemplo, vêm sendo muito usados como ferramenta para reconstruções geológicas no Precambriano, auxiliando especialmente em questões sobre disponibilidade de rochas-fontes e caracterização de ambientes tectônicos antigos.

Figura 1 – Mapa esquemático da Província Borborema com definição dos três domínios ou setores tectônicos - Setentrional, Central (Zona Transversal) e Meridional, incluindo também os traços das principais zonas de cisalhamento E-W e NE-SW que limitam esses setores e os blocos internos a eles. Os granitóides brasileiros que caracterizam o Neoproterozoico da província estão representados em preto.

O atual conhecimento sobre a história geológica precambriana da Província Borborema resulta de um acervo significativo de dados cartográficos, estruturais e estratigráficos obtidos das unidades que a constituem, além de aspectos petrográficos e geoquímicos. Dados geocronológicos, no entanto, são limitados se considerada a diversidade de tipos litológicos da província, sendo boa parte deles idades modelo t_{DM} e idades de cristalização (U/Pb em zircão) de unidades ígneas e metamórficas de expressão local ou regional.

A presente pesquisa é uma contribuição direcionada ao estudo de proveniência de sequências metassedimentares precambrianas da Província Borborema, que ocorrem no interior de seu domínio central. Nesse setor são mapeadas vários segmentos de sequências que temporalmente têm sido associadas aos estágios evolutivos das orogenias Cariris Velhos e Brasileiro. O interesse foi especificamente direcionado às unidades mapeadas na parte centro-ocidental da Zona Transversal, no chamado Terreno Alto Pajeú (Santos et al., 1995; Santos e Medeiros, 1999; Brito Neves et al., 1995, 2000), o qual é balizado a oeste pela zona de

cisalhamento Serra do Caboclo que o separa do Terreno Piancó-Alto Brígida (Figura 2). Foram os alvos o complexo metavulcanossedimentar Riacho Gravatá que inclui metapelitos/psamitos intercalados com extensivo vulcanismo félsico - intermediário, e a Sequência metassedimentar Serra do Olho D'Água, predominantemente representada por metarenitos e metaconglomerados. A leste dessas unidades ocorrem suítes de rochas metaplutônicas de natureza cálcio-alcálica interpretadas como magmas gerados no contexto de convergência em margem continental, muito embora hipótese alternativa sugira sua gênese em um cenário predominantemente extensional. A oeste, e ora em contato tectônico com as supracrustais Riacho Gravatá, ou em contato gradacional com os litotipos da Sequência Serra do Olho D'Água é mapeada uma outra extensa sequência metapelítica/psamítica de baixo grau metamórfico representando a unidade característica da Faixa Piancó-Alto Brígida - o Grupo Cachoeirinha. O arcabouço litoestratigráfico desse grupo é ainda debatido, podendo ser constituído por duas unidades distintas (Formação Santana dos Garrotes e Sequência Serra do Olho D'Água; cf. Medeiros e Jardim de Sá, 2009) ou apenas pela Formação Santana dos Garrotes, sendo a segunda considerada como unidade molássica tardia, com deposição diferenciada no tempo da primeira (ver Bittar, 1998).

As interpretações sugeridas neste trabalho são, fundamentadas em resultados isotópicos / geocronológicos integrados à bases cartográfica e geológica disponíveis na literatura. Além da bibliografia relativamente vasta disponível sobre a Província Borborema, e particularmente sobre a geologia da Zona Transversal, as informações contidas na carta geológica do Projeto Cachoeirinha (CPRM; Silva Filho et al., 1985), nas teses de doutorado de Bittar (1998) e Medeiros (2004) e no relatório de graduação de Nascimento (1996) foram fundamentais para embasar este trabalho, incluindo a coleta de amostras representativas das unidades de interesse, utilizadas na abordagem analítica proposta.

1.2 OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

A aplicação de geocronologia para determinar proveniência de sequências metassedimentares siliciclásticas constitui abordagem atual em estudos de evolução crustal no Precambriano. Essa abordagem é feita através de datação U/Pb e análises isotópicas de Hf em zircões detríticos coletados de unidades litoestratigráficas de interesse. As informações que podem ser extraídas a partir da combinação de resultados U/Pb e Hf permitem: (a) reconhecer a idades das áreas-fonte dos sedimentos, (b) estimar a natureza das rochas-fonte dos sedimentos e (c) limitar a idade máxima de deposição a partir da idade dos zircões mais jovens, especialmente importante em sucessões sedimentares com vulcanismo restrito ou mesmo ausente. Correlações estratigráficas também são possíveis na ausência de evidências observacionais conclusivas, desde que as assinaturas de proveniência sejam representativas das unidades comparadas entre si.

Na Província Borborema ainda são poucas as contribuições que abordam informações geocronológicas das sequências metassedimentares neoproterozoicas. Destacam-se as contribuições de Van Schmus et al. (2003), Araújo et al. (2012) e Bautista (2012) para o domínio setentrional, de Neves et al. (2009), Van Schmus et al. (2011) e Guimarães et al. (2012) para a Zona Transversal e, por fim, de Oliveira et al. (2006, 2010) para o domínio meridional da província. Apesar de sua importância, tais contribuições contemplaram essencialmente a utilização de idades U/Pb em zircões detríticos focando exclusivamente na identificação das rochas-fonte dos sedimentos que aportaram nas bacias precursoras, e na definição de uma idade máxima de deposição. Sendo trabalhos pioneiros, têm como característica comum a amostragem em escala regional.

Nesse trabalho, um dos objetivos foi estabelecer a assinatura de proveniência das rochas metapsamíticas-pelíticas do Complexo Riacho Gravatá, com foco semelhante a aquele dos trabalhos citados acima. Metagrauvacas, metarritmitos e filitos foram coletados ao longo da extensão longitudinal desta sequência. O mesmo foi feito para metarenitos e metaconglomerado da Sequência Serra do Olho D'água, uma unidade de expressão areal que aflora no lado ocidental da zona de cisalhamento Serra do Caboclo e que justapõe-se lateralmente ao Complexo Riacho Gravatá e ao Grupo Cachoeirinha. Estabelecidos os padrões de proveniência e as prováveis fontes, o objetivo seguinte foi a análise comparativa entre essas unidades; para o Grupo Cachoeirinha (Formação Santana dos Garrotes) foram também considerados os dados publicados em Van Schmus et al. (1995, 2011). A comparação permitiu revisar o posicionamento dos litotipos Serra do Olho D'água, cujo registro na literatura refere-se ao Grupo Cachoeirinha (Bittar, 1998; Medeiros e Jardim de Sá, 2009).

A abordagem foi feita a partir da aplicação de três métodos geocronológicos:

(a) Sm/Nd em rocha total. Em rochas de derivação sedimentar, a idade modelo t_{DM} representa a mistura das idades modelo das fontes disponíveis durante o preenchimento da bacia, resultando em um valor médio entre padrões isotópicos característicos de cada fonte envolvida. As mudanças de fonte durante a sedimentação influenciam diretamente nos valores da idade t_{DM} entre as unidades litoestratigráficas de uma mesma bacia, sendo considerado padrão normal o rejuvenescimento da base para o topo. Num sentido ainda mais amplo, as idades modelo são usadas como ferramenta para definir terrenos com histórias geológicas contrastantes, justapostos por deslocamento lateral ou vertical de blocos.

(b) U/Pb em zircões detríticos. A idade definida em setores ígneos dos grãos tem correspondência direta com a idade da rocha-fonte, a qual pode ser usada para estabelecer limites temporais para a deposição - o zircão mais jovem baliza a idade máxima. Setores recristalizados dos grãos podem também ser analisados, no entanto é preciso reconhecer entre idades metamórficas "herdadas" da fonte e idade de metamorfismo *in loco* da rocha, as quais não podem ser usadas para interpretações de proveniência.

(c) Composição isotópica de Hf ($^{177}\text{Hf}/^{178}\text{Hf}$ ou ϵHf). Combinado à idades U/Pb, o parâmetro ϵHf igualmente obtido por análise em zircões detríticos fornece uma boa aproximação da natureza crustal ou manto-derivada das rochas-fonte envolvidas na sedimentação.

Apesar dos vários trabalhos científicos desenvolvidos sobre o Complexo Riacho Gravatá, o foco tem sido dado especialmente à geocronologia e caracterização isotópica (Sm/Nd) de seus litotipos vulcânicos. O interesse pelas rochas metassedimentares tem sido subordinado, e os resultados aqui apresentados mostram o potencial do estudo de proveniência a partir de zircões detríticos para auxiliar na proposição de modelos geodinâmicos mais completos para a transição Meso-Neoproterozoico na Província Borborema. Como informação importante para esse período, os novos dados apontam para a revisão necessária acerca do posicionamento estratigráfico dos litotipos da Sequência Serra do Olho D'Água, os quais estão em desacordo com as propostas aventadas na literatura. Esses dados representam as primeiras informações geocronológicas obtidas para essa unidade regional.

CAPÍTULO 2 - GEOLOGIA REGIONAL

2.1 INTRODUÇÃO

A Província Borborema localiza-se no setor nordeste da plataforma sul-americana tendo como característica a estruturação complexa de terrenos com geologia contrastante, separados por zonas de cisalhamento instaladas ou reativadas durante a orogenia neoproterozoica brasileira. A configuração tectônica atual mostra a alternância de faixas meta(vulcano)sedimentares e terrenos graníticos (paleoproterozoicos a arqueanos) como padrão comum nos três grandes setores tectônicos, bem apresentado e discutido por Jardim de Sá (1994), Van Schums et al. (1995), Santos (1996), Brito Neves et al. (2000) e Santos et al. (2000). Esses grandes setores foram definidos com base em informações litológicas, estruturais, geocronológicas e geofísicas, sendo delimitados internamente pelos lineamentos Patos e Pernambuco. Os limites externos são feitos com o Cráton do São Francisco a sul, a Bacia do Parnaíba a oeste e os sedimentos costeiros quaternários a leste e norte. São assim denominados : Setentrional, subdividido nos domínios Médio Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte (ou Seridó-Jaguaribeano); Zona Transversal ou Central, sub-dividido nos domínios Rio Capibaribe, Alto Moxotó, Alto Pajeú, Piancó-Alto Brígida e São José do Caiano; e Meridional, sub-dividido nos domínios Pernambuco-Alagoas, Riacho do Pontal e Sergipano (Figura 2).

O arcabouço litológico-geocronológico desses domínios é apresentado com razoável detalhe a seguir, não só para ilustrar a geologia regional onde a área de estudo está inserida, mas também para dar suporte às discussões relativas às possíveis fontes para os sedimentos das sequências Riacho Gravatá e Serra do Olho D'Água. Informações contidas exclusivamente em resumos de simpósios regionais, relatórios técnicos e dissertações e teses podem, porventura, não estar incluídas aqui por dificuldade em acessá-las diretamente; no entanto, não representam prejuízo ao entendimento da geologia regional da província e nem às interpretações que serão aqui sugeridas.

2.2 SETOR SETENTRIONAL

O setor Setentrional corresponde à região a norte do Lineamento Patos. É dividido em três grandes domínios: Médio Coreaú, cujos limites ocidental e oriental são, respectivamente, o Lineamento Transbrasiliiano e a zona de cisalhamento Sobral-Pedro II; Ceará Central, definido

a leste da zona de cisalhamento Sobral-Pedro II, e fazendo contato tectônico a oeste com o terceiro domínio - Rio Grande do Norte, através da zona de cisalhamento de Senador Pompeu (Figura 2). Como aspecto comum, todos os domínios caracterizam-se pela presença de sequências meta(vulcano)sedimentares neoproterozoicas deformadas em médio a baixo grau metamórfico e dispostas tectonicamente sobre um embasamento de alto grau, paleoproterozoico. Núcleos arqueanos são reconhecidos em quatro áreas : Maciço São José do Campestre, Complexo Granjeiro e Complexo Cruzeta (ou Maciço de Tróia-Pedra Branca) que, à semelhança do embasamento paleoproterozoico, registram evidências de intenso retrabalhamento durante a orogenia brasileira.

2.2.1 O Arqueano

O Maciço São José do Campestre é o segmento de crosta mais antigo na Província Borborema, localizado no extremo oriental do setor Setentrional. Inclui granitóides e rochas metassedimentares que registram os efeitos intensos da deformação/metamorfismo brasileiros. Com base em suas características geoquímicas e dados geocronológicos U/Pb (ID-TIMS, SHRIMP) e Sm/Nd, Dantas et al. (2004, 2013) subdividem o maciço em seis associações ígneas : (i) gnaisses tonalíticos a granodioríticos com enclaves dioríticos representando a unidade Bom Jesus, de idade c. 3,41 Ga, t_{DM} entre 4,1 - 3,5 Ga e $\epsilon Nd(t)$ negativos, (ii) biotita-cpx monzogranitos representando o complexo Presidente Juscelino, de idades entre 3,36 - 3,25 Ga, t_{DM} entre 4,1 - 3,4 Ga e $\epsilon Nd(t)$ variando entre discretamente positivos a negativos, (iii) hb-tonalitos a granodioritos representando o complexo Brejinho, de idades entre 3,33 - 3,19 Ga, t_{DM} entre 3,6 - 3,2 Ga e $\epsilon Nd(t)$ positivos, (iv) biotita-gnaisses de composição monzogranítica representando a unidade São Pedro do Potengi, de idade c. 3,12 Ga, t_{DM} de 3,5 Ga e valores $\epsilon Nd(t)$ negativos, (v) anortositos e metagabros aluminosos representando o complexo Elói de Souza, de idade c. 3,03 Ga e, por fim, uma assembléia ígnea mais tardia constituída pelos (vi) qz-dioritos a sienogranitos do complexo São José do Campestre, de idades entre 2,69 - 2,65 Ga, t_{DM} entre 3,9 - 3,3 Ga e valores $\epsilon Nd(t)$ negativos. As rochas dos complexos Presidente Juscelino e Brejinho são volumetricamente dominantes dentro do maciço. Como um todo, os granitóides são descritos como sub-alcalinios a fracamente alcalinos, com tendência trondhjemitica a enriquecida em K, em parte assemelhando-se às suítes TTG e aos granitóides pós-arqueanos descritos no mundo (Dantas et al., 2013). Esses autores apresentam padrões geoquímico-isotópicos comuns (anomalias negativas de Nb-Ta e Ti) e contrastantes (altas e baixas razões La/Yb, $\epsilon Nd(t)$ negativos a positivos) que sugerem geração em margens convergentes com contribuições variáveis de fusão a partir de um manto litosférico metasomatizado (hibridizado) e crosta toleítica arqueanos, com provável participação de crosta continental mais antiga (até hadeana).

Figura 2. Mapa tectônico da Província Borborema mostrando a compartimentação em domínios internos aos grandes setores individualizados na Figura 1. Modificado de Van Schmus et al. (2008).

Ao contrário, acreção juvenil a partir de setores do manto litosférico originalmente empobrecido parece ter controlado a geração de parte das rochas do Complexo Brejinho, na transição entre o Paleo- e Mesoarqueano (Dantas et al., 2013).

O Complexo Granjeiro e o Complexo Cruzeta estão localizados no estado do Ceará. Os dados atualmente disponíveis mostram que essas unidades representam setores com domínio de ortognaisses de idades arqueanas e paleoproterozoicas retrabalhados durante o ciclo Brasileiro. O Complexo Granjeiro é limitado pelas zonas de cisalhamento Tatajuba-Potengi e Patos e aflora como uma estrutura em duplex agrupando rochas metaplutônicas ácidas a intermediárias, de composição tonalítica a granodiorítica, intercaladas com rochas de derivação máfica, anfibolíticas (Prado et al., 1980; Vasconcelos et al., 1997). Fragmentos de sequências metavulcanossedimentares também são reconhecidos, desmembrados dentro das unidades metaplutônicas. Os dados geocronológicos disponíveis para as rochas desse complexo são escassos, destacando-se uma idade U/Pb SHRIMP em zircão de c. 2,55 Ga (Silva et al., 1997; também Pb/Pb evaporação por Vasconcelos et al., 1997) para um biotita-hornblenda gnaiss tonalítico da associação metaplutônica. Mais recentemente, Bautista (2012) apresentou dados adicionais de um biotita ortognaiss em c. 3,14 Ga e um anfibolito em c. 2,89 Ga, sugestivos de uma evolução mais antiga, meso- a neoarqueana, para o complexo.

O Complexo Cruzeta está exposto no chamado "Maciço de Tróia" originalmente definido por Brito Neves (1975). Como resultado de levantamentos geológicos feitos pela CPRM esse complexo é atualmente subdividido em três unidades com registro geocronológico arqueano: as unidades Mombaça, Pedra Branca e Tróia (Vasconcelos et al., 1998). A Unidade Mombaça consiste predominantemente de ortognaisses migmatíticos de composição granodiorítica a localmente tonalítica e granítica, com abundantes lentes de anfibolitos. A individualização com respeito à Unidade Pedra Branca tem por base os efeitos de migmatização que parecem ter sido mais intensos na Unidade Mombaça; ainda, a composição dos ortognaisses Pedra Branca varia de tonalítica a granodiorítica, com subordinada presença de trondhjemitos, constituindo as encaixantes regionais para os litotipos da Unidade Tróia. Essa última unidade é composta por uma associação metaplutônica máfica-ultramáfica representada por metagabros, metadioritos e rochas metaultramáficas agregando hornblenditos, serpentinitos, cromititos e cumulatos ultramáficos. Ainda inclui uma associação intermediária composta por metatonalitos e metagranodioritos com enclaves máficos, e uma sequência metavulcanossedimentar constituída por metabasaltos, rochas metaultramáficas serpentinizadas, xistos máficos, paragneisses, rochas calcio-silicáticas, metacalcários e quartzitos. Fetter et al. (2000), por sua vez, adotaram a subdivisão do Complexo Cruzeta em apenas dois blocos: Tróia-Pedra Branca, representado por rochas de natureza gnáissica-*greenstone*, e Mombaça constituído por gnaisses TTG, separados pela zona de cisalhamento Sabonete-Inharé. Os dados geocronológicos U/Pb (ID-TIMS) em zircão e Sm/Nd apresentados

por esses autores incluem idades de cristalização entre 2,86 e 2,68 Ga associadas à idades modelo t_{DM} entre 3,04 e 2,69 Ga, com valores $\epsilon Nd(t)$ positivos a discretamente negativos. As idades U/Pb mais jovens foram obtidas nos gnaisses Tróia-Pedra Branca, combinadas à idades t_{DM} muito similares e $\epsilon Nd(t)$ positivos, sugerindo representarem crosta juvenil neoarqueana. As idades de cristalização e idades modelo mais antigas (combinadas a valores $\epsilon Nd(t)$ pouco negativos) foram obtidas para os gnaisses Mombaça indicando uma possível derivação a partir de retrabalhamento de crosta mesoarqueana.

2.2.2 O Paleoproterozoico

O intervalo compreendido entre o Sideriano e o Riáciano representa a principal fase de crescimento crustal no setor Setentrional. Os representantes desse intervalo são principalmente rochas gnáissicas-migmatíticas que constituem o embasamento dominante para as sequências supracrustais meso- a neoproterozoicas. O Sideriano está exposto no domínio Médio Coreaú como ortognaisses migmatíticos de afinidade TTG e anfibolitos associados, com ocorrência subordinada de charnockitos, enderbitos e kinzigitos, constituindo o Complexo Granja (p.ex., Santos et al., 2001, 2008). Dados U/Pb em zircão e Sm/Nd obtidos por Fetter (1999; também Fetter et al., 2000) permitem entender a evolução dessa importante unidade paleoproterozoica. As idades U/Pb (ID-TIMS) definem dois picos de acreção para a cristalização dos protólitos ígneos dos ortognaisses Granja, em c. 2,36 e c. 2,28 Ga, as quais também são identificadas como as principais populações dos zircões detriticos separados de kinzigitos. Adicionalmente, as idades modelo t_{DM} calculadas para esses gnaisses agrupam-se em um intervalo muito próximo às idades de cristalização - entre 2,61 e 2,38 Ga, associadas a valores $\epsilon Nd(t)$ positivos. A combinação desses resultados indica claramente a natureza juvenil da crosta sideriana no setor Setentrional, em marcante contraste com os setores gnáissico-migmatíticos adjacentes (Ceará Central), de idades riácianas.

No Domínio Ceará Central o embasamento paleoproterozoico é dominado por ortognaisses granodioríticos a tonalíticos, frequentemente migmatizados em fácies anfibolito alto, representando o substrato para as unidades metapelíticas que constituem o Complexo Ceará. Esse embasamento foi descrito por Caby e Arthaud (1986), Nogueira et al. (1989) e Martins et al., (1998), e subsequentemente estudado do ponto de vista geocronológico por Fetter (1999) e Arthaud (2007). As idades U/Pb (ID-TIMS) em zircão foram obtidas para gnaisses aflorando nos setores mais ocidental e oriental do Ceará Central, próximos aos limites com os domínios adjacentes Médio Coreaú e Rio Grande do Norte, respectivamente. Os intervalos são discretamente diferentes, com idades entre 2,14 - 2,13 Ga a leste e entre 2,11 - 2,10 Ga a oeste. Quando comparadas as idades modelo t_{DM} obtidas para esses gnaisses os valores distribuem-se indiscriminadamente entre 2,44 e 2,22 Ga, associadas a $\epsilon Nd(t)$ variáveis

entre +1,9 e -0,6. Isso sugere a participação simultânea de manto e crosta mais antiga na gênese dos protólitos dessas rochas. Ainda nesse domínio, aflora uma sequência supracrustal regionalmente conhecida por Unidade Algodões na borda noroeste do Complexo Cruzeta/Maciço de Tróia. Embora seu posicionamento estratigráfico ainda seja discutido, Martins et al. (2009) obtiveram uma isócrona Sm/Nd para anfibolitos desta unidade que forneceu idade em 2236 ± 55 Ma, enquanto Castro (2004) apresenta uma idade U/Pb SHRIMP para um metariolito de c. 2,13 Ga. Diques dioríticos de ocorrência subordinada intrudindo esse complexo também têm sido descritos como mais um registro paleoproterozoico (U/Pb em zircão entre 2,2 - 2,15 Ga) no Domínio Ceará Central (Castro, 2004).

O Domínio Rio Grande do Norte limita-se a oeste com o Ceará Central e a sul com a Zona Transversal, através da zona de cisalhamento Senador Pompeu e do Lineamento Patos, respectivamente. À semelhança dos demais domínios setentrionais, o embasamento conhecido como Complexo Caicó inclui duas associações litológicas: uma sequência metavulcanossedimentar, pouco preservada, de paragneisses e anfibolitos com lentes de kinzigitos, quartzitos, formações ferríferas e, mais raramente, mármore e rochas calciossilicáticas, e um conjunto de metaplutônicas de composição tonalítica a granítica interpretadas como produtos de diferenciação de magmas parentais com afinidade cálcio-alcalina alto-K (p. ex., Souza, 1991; Dantas, 1992; Jardim de Sá, 1994). A assinatura geoquímica-isotópica dessas rochas indica derivação a partir da fusão parcial de um manto litosférico enriquecido em LILE representado por espinélio- ou granada-lherzolitos (Souza, 1991; Souza et al., 1993; Jardim de Sá, 1994; Souza et al., 2008). Valores tanto negativos (Dantas, 1997) quanto positivos (Souza et al., 2008) de $\epsilon\text{Nd}(t)$ sugerem a consolidação do substrato Caicó a partir de sucessivos episódios de colagem entre arcos magmáticos oceânicos e continentais, estes últimos resultariam da reciclagem de um substrato mais antigo, arqueano (Dantas et al., 2004, 2013).

Intrusões tabulares e corpos batolíticos de granitóides porfiríticos gnaissificados (os *augen* gnaisses tipo "G2" de Jardim de Sá et al., 1981) são cartografados como unidades intrusivas no Complexo Caicó, bem como na região do Complexo Granjeiro. No entanto, idades U/Pb SHRIMP em zircão obtidos para vários desses gnaisses agrupam-se entre 2,35 e 2,15 Ga (Hollanda et al., 2011), indicando que seu alojamento deve ter sido contemporâneo ou mesmo anterior à colocação dos protólitos dos ortognaisses Caicó. As idades de cristalização combinam-se com idades modelo t_{DM} entre 2,8 e 2,5 Ga e valores $\epsilon\text{Nd}(t)$ negativos indicando o envolvimento de crosta continental neo-arqueana.

2.2.3 O Mesoproterozoico

O registro mesoproterozoico no setor Setentrional é especialmente descrito na parte ocidental do Domínio Rio Grande do Norte, representado pela sequência supracrustal Orós-Jaguaribe. Compreende duas unidades metavulcanossedimentares - Orós a oeste e Jaguaribe a leste, separadas por uma faixa de embasamento gnáissico paleoproterozoico (Caby e Arthaud, 1986; Sá et al., 1995; Parente e Arthaud, 1995). A sequência é interpretada como do tipo rift continental com sedimentação detrítica representada, hoje, por micaxistos, quartzitos e lentes subordinadas de metacalcários, e vulcanismo essencialmente ácido (metariolitos e metadacitos). Os dados geocronológicos U/Pb (ID-TIMS) em zircão apontam para idades estaterianas entre 1,8 e 1,75 Ga obtidas nas rochas metavulcânicas, e idade c. 1,69 Ga para um ortognaisse associado à sequência (Sá, 1991; Sá et al., 1995). Essas idades são coincidentes com outras ocorrências de extensão / rifteamento continental na Província Tocantins (sequência Arai-Natividade) e no Cráton do São Francisco (Espinhaço) e, mais recentemente, foi também obtida em *augen* gnaisse na região mais central do Domínio Rio Grande do Norte (o *augen* gnaisse de Serra Negra) de idade U/Pb SHRIMP em c. 1,75 Ga (Hollanda et al., 2011).

2.2.4 O Neoproterozoico

O registro neoproterozoico não somente no setor setentrional mas em toda Província Borborema é caracterizado pela presença de extensivas zonas de cisalhamento, que seccionam os vários compartimentos tectônicos reconhecidos como terrenos ou domínios com evolução geológica distinta de seus adjacentes. Têm, em geral, cinemática transcorrente (dextral ou sinistral), mas nos limites com o Cráton do São Francisco e em outros setores subordinados são representadas por sistemas de empurrão. Outro aspecto marcante do Neoproterozoico na província é a associação espacial (e, na maioria dos casos, temporal) de corpos granitóides com quimismo e idades diversificados. Esses corpos intrudem indiscriminadamente o embasamento arqueano a paleoproterozoico, bem como as sequências supracrustais neoproterozoicas de médio a alto grau metamórfico, conhecidas como grupos Martinópole, Ceará e Seridó, as quais têm sido alvo de estudos de proveniência com zircões detríticos que indicam deposição máxima criogeniana (Martinópole e Ceará) e em c. 630 Ma (Seridó) (ver Van Schmus et al., 2003; Araújo et al., 2012).

A evidência de magmatismo neoproterozoico mais antiga do setor Setentrional é a existência (hoje) de rochas metavulcânicas intercaladas com sucessões metassedimentares expostas nos domínios Médio Coreaú (Grupo Martinópole) e Ceará Central (Grupo Independência). Os dados geocronológicos U/Pb (ID-TIMS) disponíveis apontam para idades

em c. 778 - 772 Ma obtidas em metariolitos das duas unidades (Fetter et al., 2003). A sedimentação é interpretada no contexto de bacias de fore-arc (Martinópolis) e back-arc (Independência) visto a incoerência com associações petrotectônicas de rift continental e as idades modelo t_{DM} consistentemente jovens (1,32 - 1,06 Ga) indicando a participação importante de fontes neoproterozoicas. Essa interpretação é condizente com a identificação de um arco magmático no domínio Ceará Central - o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, que consiste em uma unidade (meta)ígneia incluindo granitóides (dioritos a granitos) e migmatitos com idades entre 650 e 610 Ma (Fetter et al., 2003; Castro, 2004; Santos et al., 2007; Araújo et al., 2012). As idades modelo são significativamente variáveis, mas principalmente entre 1,6 e 0,9 Ga, associadas a $\epsilon Nd(t)$ positivos (+4,1) a moderadamente negativos (-7,7) (Fetter et al., 2003). Esse padrão sugere que o complexo resultaria da coalescência de magmas neoproterozoicos juvenis contaminados pelas rochas encaixantes paleoproterozoicas (t_{DM} 2,44 a 2,24 Ga, ϵNd fortemente negativos).

Equivalentes ao batólito Tamboril-Santa Quitéria não são conhecidos no setor Setentrional, mas proliferam plútons granitóides tipo porfirítico em associação genética com tipos básicos-intermediários (gabros, dioritos, quartzo dioritos) (Hollanda et al., 2003), bem como leucomicrogranitos com quimismo subalcalino/cálcio-alcalino potássico a shoshonítico, e também tipos alcalinos. Como referências citam-se as sínteses de Nascimento et al. (2000) e Galindo et al. (2012) para as ocorrências do domínio Rio Grande do Norte. As idades reportadas são em sua maioria fornecidas por isócronas (e também erróneas) Rb/Sr e poucos dados U/Pb em zircão (ID-TIMS) com valores entre 630 - 515 Ma. Dados precisos U/Pb SHRIMP foram recentemente reportados para dois plútons compostos na região do Seridó indicando idades entre 597 - 592 Ma (Totoró) e 577 - 572 Ma (Acari) (Archanjo et al., 2013). No setor oeste dessas ocorrências, no chamado maciço Rio Piranhas, as idades são especialmente agrupadas em 575 - 570 Ma (Trindade, 1999; Medeiros et al., 2007). Somam-se a esses a importância volumétrica de corpos pegmatíticos tardi-brasilianos de 515 - 510 Ma constituindo a província pegmatítica do Seridó (Araújo et al., 2001; Baumgartner et al., 2006). No domínio Médio Coreaú destacam-se os granitos sin-Brasiliano Chaval e Tucunduba com idades ediacaranas em c. 591 e c. 563 Ma, respectivamente (Fetter et al., 2000; Santos et al., 2008), e os granitos pós-Brasiliano de Mucambo (c. 532 Ma; Fetter et al., 2003) e Meruoca (c. 523 Ma; Archanjo et al., 2009) cujo alojamento está relacionado à evolução cambriana do graben de Jaibaras.

2.3 SETOR CENTRAL OU ZONA TRANSVERSAL

O domínio central da Província Borborema é conhecido como Zona Transversal, delimitada a norte pelo Lineamento Patos e a sul pelo Lineamento Pernambuco. Sua história geológica é melhor entendida quando considerada a sub-divisão em quatro terrenos crustais, organizados e justapostos lado a lado por zonas transcorrentes sinistrais, de direção NE-SW. De leste para oeste esses terrenos são conhecidos como : Rio Capibaribe, Alto Moxotó, Alto Pajeú e Piancó-Alto Brígida. Ao contrário do setor Setentrional, não há menção na literatura a rochas de idade arqueana na Zona Transversal, e o Paleoproterozoico está restrito a apenas parte de seus terrenos. Como característica particular, esse setor encerra a ocorrência de uma ampla associação de rochas metaplutônicas/metavulcanossedimentares de idade toniana ainda pouco reconhecidas em outros setores da província, além de uma outra associação neoproterozoica, de natureza predominantemente metassedimentar, restrita à sua porção mais ocidental.

O Paleoproterozoico está exposto principalmente nos dois terrenos da porção oriental da Zona Transversal - o terreno Rio Capibaribe (TRC), limitado pelo Lineamento Pernambuco e pela zona de cisalhamento Congo-Cruzeiro do Norte, e o terreno Alto Moxotó (TAM) que também faz limite com o terreno Alto Pajeú através da zona de cisalhamento Afogados da Ingazeira. No TRC o embasamento paleoproterozoico ainda não está bem caracterizado do ponto de vista geocronológico. São descritos ortognaisses dioríticos a graníticos datados entre 2,12 e 1,97 Ga (Melo, 1998; Accioly, 2000; Sá et al., 2002; Neves et al., 2004, 2006), indicando o Riachão como um período importante de acreção paleoproterozoica nesse terreno. Ainda como unidades (meta)plutônicas são descritos o *augen* gnaiss Serra de Taquaritinga e a suíte gabro-anortositica de Passira, com idades mesoproterozoicas em c. 1,57 Ga (Sá et al., 2002) e c. 1,74 Ga (Accioly, 2000), respectivamente, e que são interpretados como ocorrências anorogênicas pontuais deformadas no Brasileiro. As unidades supracrustais mapeadas são principalmente agrupadas como complexos Sertânia e Surubim; ambos compreendem sequências supracrustais com granada-biotita gnaisses com intercalações de mármore, material vulcanoclástico e quartzito, rochas cálcio-silicáticas e anfibolito subordinados (Santos et al., 2004; Neves et al., 2006) e que têm suas relações laterais ainda imprecisas. Dados recentes de proveniência U/Pb em zircões detríticos publicados por Neves et al. (2009) sugerem que ambos complexos fazem parte da mesma unidade litoestratigráfica. Apesar da principal contribuição de fontes paleoproterozoicas (ver também Santos et al., 2004), Neves e colaboradores apresentam idades neoproterozoicas para os zircões mais jovens embasando uma sedimentação máxima em c. 650 Ma para o complexo Sertânia, o que foi igualmente atestado por Kozuch (2003) para o Complexo Surubim-Carolína, em c. 665 Ma.

Como representantes plutônicos brasileiros no TRC destacam-se os plútons sieníticos alto-K de Toritama e Bom Jardim (c. 592 Ma; Guimarães e Silva Filho, 1997), os corpos cálcio-alcalinos alto-K de Bezerros e Timbaúba (c. 687 e c. 616 Ma; Guimarães et al., 2001, 2011) e o batólito de Caruaru-Arcoverde com idades Pb/Pb por evaporação entre 591 e 583 Ma (Neves et al., 2004).

O Terreno Alto Moxotó (TAM) limita-se com o TRC através da zona de cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste e o limite com o Terreno Alto Pajeú tem sido estabelecido através da nappe de Jabitacá (Santos et al., 2004). Agrega gnaisses orto- e paraderivados aluminosos descritos com maior detalhe em Santos et al. (1997), Brito Neves et al. (2001) e Santos et al. (2002). A unidade dominante é representada por biotita ortognaisses bandados com intercalações de anfibolitos e rochas cálcio-silicáticas, intrudidos por corpos de gnaisses porfiríticos (hoje *augen* gnaisses) de composição granodiorítica a tonalítica, que representam a maior exposição contínua de rochas paleoproterozoicas dentro dos limites da Zona Transversal - o Complexo Floresta. Dispostos sobre ou lateralmente a essas unidades plutônicas ocorrem rochas supracrustais representadas por (sillimanita)-granada-biotita gnaisses com intercalações de mármore, rochas cálcio-silicáticas e anfibolíticas atribuídos ao Complexo Sertânia. Os dados U/Pb disponíveis para as rochas metaplutônicas referem-se à idades de intercepto superior entre 2,23 e 2,11 Ga, com idades t_{DM} paleoproterozoicas a arqueanas (Brito Neves et al., 2001). Zircões detríticos das rochas do Complexo Sertânia distribuem-se como modas homogêneas em c. 2,13 Ga e c. 2,02 Ga (Santos et al., 2004). As idades modelo t_{DM} disponíveis para essas rochas variam de arqueanas a paleoproterozoicas entre 2,8 e 2,1 Ga, combinadas a valores $\epsilon Nd(t)$ principalmente negativos, o que sugere o envolvimento de rochas crustais mais antigas como fonte do material detrítico (Santos, 1995; Santos et al., 2004). Apesar das idades paleoproterozoicas, todas as rochas do embasamento do TAM estão fortemente envolvidas pela deformação/metamorfismo brasileiros. Corpos graníticos associados a esse evento são escassos, destacando-se o batólito Serra Branca de c. 575 Ma (Guimarães et al., 2004) e *stocks* e complexos ígneos (Prata-Monteiro-Sumé) cambrianos na parte centro-sul do TAM (Guimarães et al., 2004; Hollanda et al., 2010).

Em contraste com os dois terrenos mais orientais da Zona Transversal, TRC e TAM, os terrenos ocidentais caracterizam-se pela profusão de intrusões granitóides marcadoras do evento Brasileiro na Província Borborema. A maioria desses corpos está associada às zonas de cisalhamento NE-SW que definem a atual configuração sigmoidal desses terrenos, e intrudem indiscriminadamente os vários litotipos cartografados. O terreno Alto Pajeú (TAP) agrega três associações litológicas distintas. A unidade mais antiga é representada por ortognaisses migmatíticos, de composição tonalítica a granítica, de idade riaciana (c. 2,2 - 2,1 Ga; Kozuch, 2003; Archanjo e Fetter, 2004; Brito Neves et al., 2005). Embora expostos de forma lateralmente descontínua nas regiões de Serra Talhada, Manaíra e Pocinhos, a crosta

paleoproterozoica nesse terreno está presente indiretamente através das idades modelo t_{DM} de corpos graníticos e sieníticos que constituem a 'Zona Teixeira-Terra Nova' (Brito Neves et al., 2005), que em parte coincide com a 'Linha Sienitóide' de Sial (1986). Essa feição geológica é retratada por uma faixa de anomalias magnéticas negativas de trend NE representadas por um cortejo de corpos plutônicos brasileiros com assinatura isotópica Nd essencialmente paleoproterozoica entre 2,47 e 1,83 Ga, com valores de $\epsilon Nd(t)$ negativos (p.ex., Archanjo e Fetter, 2004; Guimarães et al., 2004; Brito Neves et al., 2005; Hollanda et al., 2009).

Os tipos litológicos de maior expressividade regional no TAP são representados por rochas supracrustais, mucovita-biotita gnaisses, granada-biotita xistos, e metavulcânicas agrupadas nos complexos São Caetano, Lagoa das Contendas e Riacho Gravatá (Santos et al., 2010). Intrudem essas sequências plútons graníticos, hoje gnaissificados, informalmente conhecidos como ortognaisses Cariris Velhos. Considerando que parte dos alvos aqui estudados faz parte dessas unidades, maiores detalhes sobre os aspectos regionais são descritos no item 2.3.1, a seguir. Intrusivos nessas rochas e interpretados como representantes brasileiros são cartografados vários plútons - (monzo)granitos, sienitos, dioritos e gabros, cuja cronologia pode ser informalmente agrupada em : (i) 650 - 625 Ma (plútons de Tavares, Itapetim, Tabira), (ii) 600 - 590 Ma (plútons de Triunfo, Teixeira, Taperoá, Pocinhos e Pajeú, e diques de Manaíra-Princesa Izabel) e (iii) c. 580 Ma (plúton de Campina Grande) (Brito Neves et al. 2003; Guimarães et al., 2004, 2011; Archanjo e Fetter 2004; Archanjo et al., 2008; Hollanda et al., 2009).

Por fim, o Terreno Piancó-Alto Brígida (TPAB) representa a área mais ocidental da Zona Transversal, fazendo limite com o TAP através da zona de cisalhamento Serra do Caboclo. A oeste esse terreno limita-se com uma região ainda pouco conhecida - São José do Caiano, que tem sido interpretada como um segmento paleoproterozoico deslocado do domínio Rio Grande do Norte para sul do Lineamento Patos (idades t_{DM} entre 2,5 - 2,38 Ga, $\epsilon Nd_{(2.0)}$ de -4,3 a -2,5 (Brito Neves et al., 2005). Esse terreno é dominado pela ocorrência de metarritmitos (psamitos/pelitos) de baixo grau metamórfico, com intercalações subordinadas de rochas vulcânicas félsicas a máficas constituindo o Grupo Cachoeirinha, ao qual tem sido atribuída idade de sedimentação ediacarana, com máximo em c. 630 Ma (ver síntese de Van Schmus et al., 2011). Informações adicionais sobre os aspectos estratigráficos das unidades metassedimentares nesse terreno estão descritos no item 2.3.2, adiante.

2.3.1 As unidades estratigráficas neoproterozoicas associadas ao evento Cariris Velhos na Província Borborema : registro geológico no Terreno Alto Pajeú

A menção sobre um evento orogênico na transição Meso-Neoproterozoico na Província Borborema foi formalmente publicada em Brito Neves et al. (1995), apesar de que a designação de orogenia Cariris Velhos para agrupar rochas com idades c. 1,0 Ga tenha sido originalmente proposta por Campos Neto et al. (1994). Trabalhos posteriores com enfoque geocronológico estabeleceram a extensão geográfica dessa orogenia toniana para uma faixa longitudinal de aproximadamente 700 km e 50-100 km de largura que hoje está inserida dentro dos limites estabelecidos para o Terreno Alto Pajeú (TAP), mas com ocorrência reconhecida também no embasamento da Faixa Riacho do Pontal (Van Schmus et al., 1995, 2008, 2011; Kozuch, 2003; Guimarães et al., 2012). No TAP o registro toniano é representado plútons graníticos hoje gnaissificados intrusivos em sequências supracrustais dominadas por rochas metavulcânicas bimodais e rochas metapelíticas de baixo a médio grau metamórfico (Bittar, 1998). Os (*augen*) ortognaisses são descritos em Santos et al. (2010; também Santos, 1995) como intrusões tabulares e pequenos plútons (10-50 km²) distribuídos de forma irregular ao longo da parte central desse terreno. Suas características petrológicas incluem uma assembléia mineral constituída principalmente por microclina, quartzo, oligoclásio, biotita, muscovita, e assinatura geoquímica de granodioritos a monzogranitos cálcio-alcalinos a cálcio-alcalinos alto-K, peraluminosos. Sienogranitos a duas micas também são descritos como tipos subordinados (Brito Neves et al., 2005). A presença ou não de anomalia negativa de Nb(-Ta) é apresentada por Santos et al. (2010; dados originais de Santos, 1995, também Kozuch, 2003) como indicativo para individualização de dois grupos distintos de ortognaisses. Aqueles com anomalia de Nb são interpretados como granitóides de margem convergente, com teores de LILE e HFSE compatíveis com exemplos modernos; os ortognaisses sem anomalia de Nb (ou pico menos pronunciado de) são mais restritos em área de ocorrência e mostram padrões de elementos traços pouco conclusivos pois parte assemelha-se a magmas gerados em margem convergente e outra em ambiente extensional, intraplaca. Os dados geoquímicos apresentados para as rochas supracrustais (metavulcânicas) acompanham o padrão geral definido pelos ortognaisses (Santos et al., 2010; Sales et al., 2011).

Três sucessões supracrustais são cartografadas no TAP, tratadas como unidades litoestratigráficas distintas - Complexo Riacho Gravatá, Complexo Lagoa das Contendas e Complexo São Caetano. Para uma síntese atualizada sobre aspectos litoestratigráficos, estruturais, geoquímicos e isotópicos podem ser indicados os trabalhos de Van Schmus et al. (2008, 2011), Santos et al. (2010), Guimarães et al. (2012), além das teses de doutoramento de S.M.B. Bittar (1998) e V.C. Medeiros (2004).

O Complexo Riacho Gravatá é limitado pela zona de cisalhamento Serra do Caboclo (a norte) e pelo Alto Teixeira-Terra Nova (a sul). De acordo com Bittar (1998) as rochas supracrustais Riacho Gravatá são agrupadas em três domínios tectono-estratigráficos distintos limitados por zonas de cisalhamento - Serra da Pinheira, Macacos-Piaus, Serra do Mocambo.

Nesses, as unidades litodêmicas descritas para o complexo ocorrem de forma descontínua, estando representadas em sua totalidade apenas no domínio chamado Serra da Pinheira. Conforme Bittar (1998) as unidades são descritas como: (i) unidade A, constituída predominantemente por rochas metavulcânicas básicas e ocorrência subordinada de tipos ácidos a intermediários, metapelitos-psamitos, BIFs, cherts e metamargas; (ii) unidade B, constituída por rochas metavulcânicas e metaplutônicas de composição ácida a intermediária; (iii) unidade C, constituída predominantemente por alternância de metapsamitos e rochas metavulcânicas ácidas, com metapelitos e metatufos subordinados; (iv) unidade D, constituída por intercalações rítmicas de metapelitos e metapsamitos, também incluindo níveis de metagrauvaca e metatufos; e, por fim, (v) unidade E, que tem por característica a ausência de litotipos dominantes. No domínio Macacos-Piaus afloram litotipos indivisos que caracterizam a unidade E, representados por gnaisses granoblásticos, finos a médios, de origem duvidosa (plutônica ou vulcânica), muscovita-biotita($\pm$ granada) xistos, metarritmitos e anfibolitos, além de metavulcânicas básicas e BIFs da unidade A. No domínio Serra do Mocambo estão expostos principalmente os metapelitos da unidade D, dispostos alternadamente com níveis de tremolita-actinolita xistos (unidade A) e quartzitos e biotita gnaisses finos (unidade C), por vezes em contato tectônico entre si. Essas associações de litofácies são interpretadas por S.M.Bittar como depósitos marinhos plataformais (domínios norte e central, Serra do Mocambo e Macacos-Piaus, respectivamente) passando a ambiente marinho mais profundo a sul, no domínio Serra da Pinheira, metamorfizados sob condições de baixo a médio grau (450^o a 600^oC / 5 - 8 kbar).

O Complexo São Caetano, como originalmente descrito por Santos (1971) a sul da região de Afogados da Ingazeira (PE), compreende uma associação predominantemente metapelítica-psamítica (paragnaisses com muscovita/biotita) com metagrauvacas, lentes de mármore, quartzitos e cálcio-silicáticas, além de rochas metavulcânicas associadas. Intrusões tabulares de ortognaisses também são descritas dentro das supracrustais desse complexo (Sales et al., 2011). Reconhecendo a impossibilidade de distinção de relações litoestratigráficas e estruturais conclusivas em escala regional, Medeiros (2004) não diferenciam entre as rochas supracrustais dos complexos Riacho Gravatá e São Caetano, as quais são consideradas como unidade metavulcanossedimentar única mapeada entre as zonas de cisalhamento Serra do Caboclo, a oeste, e Afogados da Ingazeira, a leste, a despeito da individualização adotada nas publicações mais recentes sobre o TAP (Van Schmus et al., 2008, 2011; Santos et al., 2010; Guimarães et al., 2012). Uma suíte de rochas metavulcânicas máficas a ultramáficas (basaltos a picritos) incluindo equivalentes metaplutônicos (dunitos, piroxenitos, gabros) é descrita na região a norte de Floresta (PE), e têm sido interpretada como toleitos de fundo oceânico/back-arc, inseridos dentro do Complexo Lagoa das Contendas. Essa constitui uma terceira sequência supracrustal descrita no setor mais meridional do TAP, próximo à região de

Floresta (PE). Seus litotipos constituintes não diferem dos demais complexos citados acima, sendo principalmente rochas metavulcânicas (meta-andesitos, -basaltos, -andesitos basálticos, -dacitos, -tufos) com rochas metassedimentares subordinadas (Santos, 1995).

É possível que a análise comparativa das assinaturas geoquímicas das rochas supracrustais do TAP (metavulcânicas e metassedimentares) possa representar um parâmetro mais robusto para avaliar relações genéticas, em vez de comparações fundamentadas em descrições litológicas. O acervo de dados geoquímicos hoje disponível para essas rochas é substancial, podendo ser recuperado dos vários trabalhos citados neste item. Como ferramenta adicional, alguns desses trabalhos confrontam dados geocronológicos, principalmente idades U/Pb em zircão e idades modelo Sm/Nd, para discriminar a extensão temporal e, por consequência, geográfica, de unidades tonianas representantes do evento Cariris Velhos. Um conjunto razoável desses dados é conhecido tanto para as metaplutônicas gnáissicas quanto para as rochas supracrustais, os quais são detalhadamente comentados nas sínteses de Santos et al. (2010) e Van Schmus et al. (2008, 2011). Somam-se a esses, resultados inéditos recentemente publicados por Guimarães et al. (2012).

As primeiras idades U/Pb (ID-TIMS) em zircão para as rochas metavulcânicas e os ortognaisses Cariris Velhos obtidas a partir do reconhecimento geocronológico regional de Van Schmus et al. (1995) definiram o intervalo entre 1050 - 920 Ma, confirmando a indicação Rb/Sr de Brito Neves et al. (1984, 1995). A partir de então, um acervo significativo de dados Sm/Nd e U/Pb foram gerados por Kozuch (2003) mostrando idades modelo t_{DM} de 1,9 a 1,2 Ga associadas à idades de cristalização entre 990 - 940 Ma para os ortognaisses e as metavulcânicas. Dados adicionais e coerentes com aqueles de M. Kozuch foram também reportados em Santos et al. (2010), incluindo referências de Brito Neves et al. (2001) e dados não publicados de W. Van Schmus, estes últimos posteriormente publicados junto com outros como revisão em Van Schmus et al. (2011). Idades tão jovens quanto c. 925 Ma e tão antigas quanto c. 995 Ma são mencionadas nas contribuições mais recentes, estendendo o intervalo para o plutonismo Cariris Velhos em aproximadamente 70 milhões de anos. Quando combinadas as idades de cristalização e t_{DM} com os valores $\epsilon Nd(t)$ variáveis, mas predominantemente negativos, a interpretação mais plausível é de participação de crosta paleoproterozoica na gênese dos protólitos desses ortognaisses (Van Schmus et al., 2008, 2011), seja como fonte envolvida no processo de fusão parcial seja como contaminante durante ascensão de magmas originalmente juvenis.

Os dados geocronológicos Sm/Nd e U/Pb reportados para as rochas metavulcânicas que constituem as sequências supracrustais do TAP referem-se quase que exclusivamente ao Complexo Riacho Gravatá. Em comparação com os ortognaisses, as idades U/Pb são sistematicamente mais antigas, entre c. 995 e 965 Ma (não considerando os erros intrínsecos) (Santos et al., 2010; Guimarães et al., 2012). O intervalo de idades modelo t_{DM} é definido

preferencialmente entre 1,7 a 1,5 Ga, com valores $\epsilon\text{Nd}(t)$ negativos (ver síntese de Van Schmus et al., 2011). Uma amostra de uma rocha metavulcanoclástica do Complexo Lagoa das Contendas foi analisada por Guimarães e colaboradores e a idade obtida (c. 995 Ma) está em perfeita coerência com aquelas mencionadas para o Riacho Gravatá. Resultados da mesma natureza não são reportados para as rochas metassedimentares dos complexos supracrustais, à exceção de três amostras do Complexo São Caetano estudadas para proveniência por Guimarães et al. (2012). Apesar de ser interpretado como uma unidade toniana relacionada ao evento Cariris Velhos, as populações identificadas no conjunto analisado trazem a presença incontestável de zircões mais jovens, c. 800 - 700 Ma, mostrando que parte do que é mapeado como São Caetano pode corresponder à unidades mais jovens.

2.3.2 As unidades estratigráficas do Grupo Cachoeirinha : hipóteses para empilhamento e dados geocronológicos disponíveis

A breve síntese apresentada neste item teve como base o trabalho de Medeiros e Jardim de Sá (2009) que consiste em uma revisão atualizada dos aspectos litoestratigráficos do Grupo Cachoeirinha, e na tese de doutorado (inédita) de S.M.B. Bittar (1998) cujo enfoque foi o reconhecimento de padrões tectonometamórficos no Terreno Piancó-Alto Brígida. Esses autores sugerem diferentes posições estratigráficas para as unidades litológicas regionalmente conhecidas como formações/seqüências Santana dos Garrotes e Serra do Olho D'Água, termos originalmente propostos em relatório técnico restrito e resumo científico de M.C. Campos Neto (Campos Neto et al., 1984). A unidade inferior, Santana dos Garrotes, tem maior abrangência areal integrando essencialmente metapelitos e metarritmitos, representados por metasiltitos e metarenitos finos, filitos, sericita xistos e biotita-muscovita xistos, com níveis subordinados de metavulcânicas félsicas e máficas. Composições riolíticas a dacíticas, e afinidade cálcio-alcálica peraluminosa são descritas para as metavulcânicas Cachoeirinha que, em campo, ocorrem como corpos tabulares (derrames e/ou soleiras) de espessuras métricas a decimétricas mapeadas principalmente na parte mais superior da unidade (Medeiros e Jardim de Sá, 2009).

O grau metamórfico é regionalmente caracterizado como fácies xisto verde baixo a intermediário, podendo gradar a condições mais elevadas em regiões com influência térmica de intrusões graníticas, onde a paragênese inclui granada $\pm$ estauroлита $\pm$ andaluzita $\pm$ cordierita $\pm$ sillimanita. Rochas com assembléias metamórficas semelhantes são agregadas como Sequência Piancó por Bittar (1998) e, portanto, consideradas como unidade litoestratigráfica separada dos metapelitos de baixo grau que dominam a Formação Santana dos Garrotes. A idade para sedimentação desses metapelitos é definida a partir de datações U/Pb (ID-TIMS) nas metavulcânicas félsicas, em c. 660 - 620 Ma referenciadas nas teses do doutorado de

Kozuch (2003) e Medeiros (2004). Esse intervalo é também sugerido pela presença de zircões detríticos com idade c. 620 Ma nos metapelitos (Van Schmus et al., 2011).

A Formação Serra do Olho D'Água compreende predominantemente metaconglomerados polimíticos e metarenitos/metapelitos que têm sido estratigraficamente posicionados como unidade molássica depositada discordantemente sobre o Grupo Cachoeirinha (Bittar, 1998) ou como unidade litodêmica superior desse grupo (Medeiros e Jardim de Sá, 2009). Nesses trabalhos, os clastos que tipificam os metaconglomerados têm tamanhos centimétrico a métrico, consistindo de quartzitos, filitos, metarenitos, metavulcânicas, mármore, metacherts e tipos metaplutônicos. A área-tipo de ocorrência é mencionada ao longo do perfil geográfico que une as localidades Santana das Mangueiras e Manaíra (PB), onde tanto o fácies metaconglomerático quanto o fácies arenoso/areno-pelítico considerados dominantes apresentam relações estratigráficas mais claras com os litotipos da Formação Santana dos Garrotes e do Complexo Riacho Gravatá. Bittar (1998) descreve o contato tectônico com o Complexo Riacho Gravatá através da zona de cisalhamento transcorrente Serra do Caboclo (dextral), e com os metapelitos do Grupo Cachoeirinha através de uma zona de cisalhamento secundária, também de cinemática dextral. A presença de seixos de litotipos descritos como do Complexo Riacho Gravatá (metavulcânicas félsicas) e do Grupo Cachoeirinha (filitos), previamente deformados, levaram à interpretação dos metaconglomerados/metarenitos como depósito tipo molassa tardi-Brasileiro. Ao contrário, Medeiros e Jardim de Sá (2009) defendem o empilhamento estratigráfico dentro de um mesmo grupo dado o caráter gradacional observado na área-tipo, com intercalação progressiva dos metapelitos com níveis arenosos da Formação Santana dos Garrotes para os arenitos da base da Formação Serra do Olho D'Água, passando então para os metaconglomerados. A presença de seixos de filitos e metarenitos em continuidade deformacional com a matriz desses metaconglomerados levou esses autores a propor formalmente sua inclusão como unidade sobreposta à Formação Santana dos Garrotes, também incluída dentro do Grupo Cachoeirinha. Dados geocronológicos não estão disponíveis para essas rochas, embora Medeiros e Jardim de Sá (2009) mencionem como trabalho em progresso a datação de seixos de rochas subvulcânicas félsicas para balizar a idade de deposição da Formação Serra do Olho D'Água.

2.4 SETOR MERIDIONAL

O setor Meridional situa-se a sul do Lineamento Pernambuco fazendo contato com a Zona Transversal, a norte, e o Cráton do São Francisco a sul. Inclui três domínios tectônicos : (i) Pernambuco-Alagoas (PEAL), que estende-se imediatamente a sul do Lineamento Pernambuco, desde a costa até a região a leste da Bacia do Jatobá, (ii) Riacho do Pontal e (iii) Sergipano, estes últimos correspondendo a setores com dominância de rochas

metassedimentares brasileiras e, subordinadamente, embasamento correlato às unidades paleoproterozoicas e tonianas da Zona Transversal.

O domínio PEAL foi originalmente definido como um 'maciço' gnáissico arqueano a paleoproterozoico por Brito Neves et al. (1982), intrudido por granitos brasileiros. A partir dos dados isotópicos (Sm/Nd e U/Pb) reunidos em publicações mais recentes, esse domínio é interpretado como uma colagem de unidades representadas por quatro suítes magmáticas e complexos de rochas metamórficas individualizados por suas características litológicas e geoquímicas e, em parte, por padrões distintos de idades modelo t_{DM} (Silva Filho et al., 2002). Os complexos gnáissicos-migmatíticos são definidos como Complexo Cabrobó, de natureza predominantemente supracrustal (quartzitos, xistos, rochas cálcio-silicáticas), mas também abrigam rochas ortoderivadas migmatizadas, e Complexo Belém do Francisco constituído principalmente por ortognaisses e anfibolitos migmatíticos (Santos, 1995; Santos e Medeiros, 1998). Van Schmus et al. (2008) apresentam os poucos dados geocronológicos disponíveis para esses complexos de embasamento que inclui idades isocrônicas Rb/Sr e U/Pb em zircão entre 2,0 e 1,5 Ga, ainda insuficientes para embasar interpretações mais conclusivas sobre sua evolução.

As suítes ígneas foram subdivididas de acordo com suas afinidades petrológicas e localização geográfica em : Paulo Afonso-Buíque, Águas Belas-Canindé, Ipojuca-Atalaia, Maribondo-Correntes e Garanhuns, conforme Silva Filho et al. (2002 e referências anteriores). Apesar dos critérios adotados para essa subdivisão, a descrição de cada suite como consta na literatura não permite uma distinção tão clara do ponto de vista de fácies petrográficas incluindo granitos *latu senso* variando de tonalitos/dioritos a monzogranitos, metaluminosos a peraluminosos, de afinidade cálcio-alkalina e cálcio-alkalina alto-K a shoshonítica. Aqueles autores apresentam extenso banco de dados Sm/Nd para as suítes plutônicas do PEAL, enfatizando a distribuição das idades modelo t_{DM} em duas modas : uma entre 1,5 e 0,9 Ga e outra entre 2,3 e 1,7 Ga, com uma concentração menor em torno de 2,6 Ga. Esses dados são reinterpretados por Van Schmus et al. (2008) em função da localização geográfica dos tipos plutônicos reconhecidos (a saber, suítes ígneas e complexos metamórficos) reordenando-os em cinco grupos que representam, na verdade, a dominância de um ou outro grupo de idades t_{DM} : (a) $t_{DM} > 2,4$ Ga, representada em gnaisses e migmatitos, (b) $2,3 \leq t_{DM} \leq 2,0$ Ga definidas em rochas do setor setentrional e sudeste do PEAL, (c) $2,0 \leq t_{DM} \leq 1,7$ Ga definidas em rochas do setor nordeste do PEAL, (d) $1,5 \leq t_{DM} \leq 1,2$ Ga, definidas no setor sudoeste, e (e) $1,2 \leq t_{DM} \leq 0,9$ Ga identificadas essencialmente na suíte magmática Paulo Afonso-Buíque. Esses estudos têm sido conduzidos principalmente na exposição do lado oriental da bacia Tucano-Jatobá, sendo que no setor ocidental a extensão do PEAL ainda carece de estudos similares.

O conhecimento da Faixa Riacho Pontal e seu embasamento também carece de aporte maior de dados geocronológicos obtidos diretamente nas rochas que ocorrem nesse domínio

do setor Meridional. O embasamento consiste do Cráton do São Francisco a sul, e ortognaisses descritos como tipo TTG, migmatizados, com composições granodioríticas a tonalíticas (Uhlein et al., 2011) a norte. Sobre esse embasamento está disposto um conjunto de nappes de rochas supracrustais que definem o Grupo (ou Complexo) Casa Nova (Jardim de Sá et al., 1992), subdividido em três unidades litoestratigráficas nomeadas Formação Barra Bonita (quartzitos, micaxistos, metacalcários), Formação Mandacaru (micaxistos e metagrauvacas) e Formação Paulistana-Monte Orebe (micaxistos, quartzitos e rochas metavulcânicas máficas); metatufos desta última formação foram datados em c. 740 Ma por U/Pb SHRIMP (dado comentado em Brito Neves e Pedreira da Silva, 2008). Suítes ígneas em parte gnaissificadas intrudem o embasamento da faixa e têm sido correlacionadas (por afinidade litológica) com a suíte Afeição da Faixa Sergipana, datada em c. 965 (Van Schmus et al., 1995). Ainda, são descritos sills de ortognaisses a duas micas definidos como suíte Rajada e interpretados por Jardim de Sá et al. (1992) como fusões crustais sin-tectônicas de idade c. 665 Ma (isócrona Rb/Sr). Tipos sieníticos com quimismo alcalino (Serra da Esperança e Serra da Aldeia-Caboclo) são considerados tardi-Brasiliano com idades isocrônicas Rb/Sr de c. 635 Ma.

A Faixa Sergipana situada no extremo sul do setor Meridional é subdividida, de norte para sul, em cinco domínios litotectônicos nomeados : Canindé, Poço Redondo-Marancó, Macururé, Vaza Barris e Estância. A exemplo dos demais domínios na Província Borborema, essa compartimentação é feita através de zonas de cisalhamento de escala regional, empurrões ou transcorrências, estabelecidas durante a colisão neoproterozoica entre o Cráton São Francisco e o bloco PEAL. A síntese aqui apresentada baseia-se principalmente nos trabalhos de Oliveira et al. (2006, 2010) que apresentam um conjunto substancial de dados geocronológicos para as unidades metassedimentares e plutônicas, interpretados para embasar o modelo geodinâmico de evolução neoproterozoica da Faixa Sergipana. A parte sul desse domínio consiste predominantemente de rochas metassedimentares com associações típicas de margem passiva, metamorfizadas em grau baixo a médio - domínios Estância, Vaza Barris e Macururé. O domínio Estância inclui conglomerados e arenitos basais sobrepostos por um pacote de rochas carbonáticas (dolomitos e calcários), os quais são recobertos por arenitos feldspáticos, siltitos e argilitos e, no topo da sequência, conglomerados e arenitos de natureza molássica. Interpretações baseadas em idades U/Pb de zircões detríticos e idades modelo t_{DM} apontam para fontes predominantemente paleoproterozoicas para as rochas clásticas da base (t_{DM} entre 2,9 - 2,1 Ga) com forte rejuvenescimento para as unidades superiores (formações Lagarto e Palmares) cujas idades modelo ficam no intervalo entre 1,7 - 1,4 Ga, e os zircões detríticos apontam para idade máxima de sedimentação em c. 570 Ma. Esse padrão de proveniência guarda semelhança com aquele definido para o domínio Vaza Barris, que agrupa igualmente sucessões tipo margem passiva, cujas contribuições sedimentares são controladas por fontes paleoproterozoicas (Formação Itabaiana, na base) e neoproterozoicas, estas

identificadas nas unidades clásticas das formações Ribeirópolis e Palestina (zircões detríticos mais jovens de 750 Ma e 653 Ma, respectivamente).

O domínio Macururé se caracteriza por natureza essencialmente metapelítica (metaturbiditos e micaxistos em fácies anfibolito) os quais são produtos de contribuições variáveis entre 2,1 e 0,95 Ga. Oliveira e colaboradores apontam o predomínio de fontes de c. 1000 Ma a oeste desse domínio, e fontes mistas tonianas a paleoproterozoicas a leste. Bueno et al. (2009) descrevem grandioritos e tonalitos cálcio-alcalinos, pre-colisionais (Camará e Coronel João Sá) com idade em c. 628 - 625 Ma (também Long et al., 2005) e granitos *sensu strictu*, pouco deformados, sin-colisionais, com idades entre 585 e 570 Ma. Essas idades estabelecem o Ediacarano como período máximo para deposição dos protólitos sedimentares do domínio Macururé.

O domínio Poço Redondo-Marancó tem história geológica distinta dos domínios mais a sul da Faixa Sergipana e representa, provavelmente, um fragmento alóctone aglutinado durante a colisão brasileira. Compreende um complexo gnáissico-migmatítico com idade U/Pb SHRIMP de c. 980 Ma e 961 Ma (Carvalho et al., 2005), associado à rochas supracrustais (metaritmitos com metavulcânicas máficas a ácidas intercaladas) com lentes de peridotitos e gabros serpentinizados datados em c. 602 Ma (t_{DM} 1,7 - 1,1 Ga e $\epsilon_{Nd(t)}$ de -8,6 a -1,1). As fontes para os sedimentos desse domínio são essencialmente stenianas a tonianas, entre 1100 - 980 Ma, o que o caracteriza como uma unidade tectônica com evolução similar ao Cariris Velhos descrito na Zona Transversal (Oliveira et al., 2010).

Por fim, o domínio Canindé com sua diversidade geológica é interpretado como uma sequência de rift continental, evoluído e amalgamado ao domínio Poço Redondo-Marancó no Neoproterozoico. Compreende rochas metapelíticas com anfibolitos intercalados (unidade Novo Gosto-Mulungu) e intrudidos por um extenso corpo granítico tabular (unidade Garrote) de idade c. 715 Ma (Santos et al., 1998 in Oliveira et al., 2010). São descritos ainda uma associação plutônica de quartzo-monzonitos e dioritos-anfibolitos (unidade Gentileza), datada em c. 688 Ma, e o complexo gabróico Canindé (olivina-gabronorito, leucogabro, anortosito, troctolito) datado em c. 701 Ma. Todas essas unidades são intrudidas por granitóides ediacaranos de 684 a 621 Ma.

CAPÍTULO 3 - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

3.1 INTRODUÇÃO

Todos os dados isotópicos (Sm/Nd, U/Pb, $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$) foram adquiridos nos laboratórios do Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da USP.

3.2 GEOCRONOLOGIA Sm/Nd (ROCHA TOTAL)

Samário e neodímio são elementos químicos que pertencem ao grupo dos Lantanídeos ou Terras Raras (ETR) e que apresentam características geoquímicas similares, especialmente com respeito às dimensões de seus raios iônicos (0,96 e 1,0 Å, respectivamente) e à estabilidade em condição trivalente (Faure e Mensing, 2005). Como consequência, as razões Sm/Nd são pouco diferenciadas na natureza e são representadas, como média crustal, entre valores de aproximadamente 0,9 a 0,12 (DePaolo, 1988). Ambos samário e neodímio têm sete isótopos naturais, mas de interesse para Geologia Isotópica apenas o isótopo radioativo ^{147}Sm que decai para o isótopo não-radioativo (radiogênico) ^{143}Nd por emissão de uma partícula α , a uma meia-vida de 106 Ga e constante λ de $6,54 \cdot 10^{-12} \text{ ano}^{-1}$ (Dickin, 1998; Faure e Mensing, 2005). A aplicação é voltada à datação de rochas e minerais, veiculada na forma de arranjos isocrônicos, ou como indicador petrogenético mediante o uso do parâmetro ϵ_{Nd} . Esse parâmetro é a representação normalizada da razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ pelo valor da mesma razão definida para o manto condrítico CHUR (= 0,512638). A interpretação do valor de ϵ_{Nd} é normalmente feita para fundamentar a origem das fontes de magmas, se mantélicas ou crustais. Se na época de sua cristalização um determinado magma possuir razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ mais elevada que CHUR, o valor de ϵ_{Nd} para este magma será positivo (> 0) e a ele é atribuída origem a partir da fusão de um manto geoquimicamente empobrecido em elementos incompatíveis. Ao contrário, valor negativo (< 0) é esperado se um magma for gerado pela fusão de um reservatório crustal. Essas comparações baseiam-se na compatibilidade geoquímica dos elementos ditos incompatíveis durante o processo de fusão parcial. Sm e Nd são considerados incompatíveis pois preferencialmente acompanham a fase líquida (magma) durante a fusão, favorecendo o empobrecimento da fase sólida residual. Como resultado, o modelo de evolução geoquímica para as razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ no manto terrestre relaciona sua distribuição, no tempo geológico, em um manto com características condríticas e em um manto empobrecido (ou *depleted mantle*). Como mostra a figura 3, as duas curvas tendem convergir em c. 4,5 Ga conforme a teoria de um manto geoquimicamente uniforme e homogêneo (tipo CHUR) no passado geológico, progressivamente passando a composições cada vez mais

empobrecidas como resultado da diferenciação que promoveu a formação de crosta. A curva que representa a diferenciação crustal a partir do manto CHUR, ou seja a curva DM na figura, é descrita pela equação quadrática :

$$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}} = At^2 + Bt + C ; A = 1,53077 \cdot 10^{-5}, B = -0,22073 \cdot (6,54 \cdot 10^{-3}) \text{ e } C = 0,513078 \quad [1].$$

Figura 3. Diagrama de evolução isotópica de Nd no manto litosférico (tipos DM e CHUR). A curva exponencial representa a evolução do manto considerado exaurido (depletado) em elementos incompatíveis (curva DM) e a reta em "0" representa o valor da razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ do manto condrítico (CHUR) = 0,512634. As retas inclinadas representam exemplos de composições isotópicas de rochas metassedimentares do NE Brasil.

A composição isotópica de Nd de uma dada rocha é representada pelas razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ obtidas no presente ($t = 0$), e a idade presumida que é usada para calcular sua razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ inicial ($t = \text{idade de cristalização}$). A representação gráfica é uma reta que parte da ordenada e intercepta as curvas CHUR e DM. A inclinação da reta é controlada pela razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e o ponto onde esta intercepta a curva DM pode ser definido como 'idade modelo t_{DM} ', calculada pela equação :

$$t_{\text{DM}} = (1/\lambda) \ln \left(1 + \frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{Amostra}} - (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}}}{(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{Amostra}} - (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}}} \right) \quad [2]$$

O valor t_{DM} obtido em [2] é, por sua vez, usado para calcular a razão $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}}$ ou $(\epsilon_{\text{Nd}})_{\text{DM}}$, assim permitindo a regressão da reta de evolução até a curva DM.

Neste trabalho o método Sm/Nd foi utilizado para caracterizar o padrão de proveniência de rochas metassedimentares a partir da interpretação das idades t_{DM} como valores mistos indicativos de contribuições de fontes com idades e proporções distintas contribuindo na deposição. A seguir, as amostras foram preparadas para análise U/Pb de seus zircões detríticos com objetivo de quantificar a contribuição das diferentes fontes identificadas.

A preparação das amostras (rocha total) para análise Sm/Nd envolveu sua fragmentação inicial em um pilão de aço para tamanhos de aproximadamente 0,5 cm. Os fragmentos foram pulverizados em um moinho de anéis com revestimento de tungstênio

durante um tempo médio de 2-3 minutos que foi regulado em função da quantidade e dureza do material trabalhado (figura 4A).

O procedimento de cromatografia de troca iônica com diluição isotópica foi realizado conforme a rotina descrita em Petronilho (2009; modificado de Sato et al., 1995). Entre 50 - 100 mg de rocha pulverizada foram cuidadosamente pesados (figura 4B) e postos para dissolver em meio ácido (HF:HNO₃ 3:1), com temperatura e tempo controlados. Às amostras foram adicionadas quantidades conhecidas de um traçador misto ¹⁴⁹Sm-¹⁵⁰Nd como premissa da técnica de diluição isotópica. Dois novos ataques foram feitos a seguir, com 0,5 mL de HNO₃ concentrado e 5 mL de HCl 6N, ao fim dos quais a amostra é posta para secar a c. 60°C. O último ataque ácido consistiu na adição de 2 mL de HNO₃ 1N para dissolução final e subsequente evaporação. A separação dos elementos terras raras da matriz foi feita em uma coluna primária empacotada com aproximadamente 250 ml de resina RE-Spec®, através de sucessivas etapas de eluição. A alíquota contendo esses elementos passou por nova etapa cromatográfica, onde Sm e Nd foram separados dos demais elementos terras raras; o procedimento foi feito em uma coluna secundária empacotada com resina LN-Spec® (figura 4C). Sm e Nd foram coletados em alíquotas separadas e depositados em filamentos de tungstênio para análise por espectrometria de massa de ionização termal (TIMS).

Figura 4. Etapas de laboratório para preparação mecânica de amostras para análise Sm/Nd em rocha total, ilustrando moinho de carbeto de tungstênio com três anéis e o acondicionamento em frascos de plásticos (A); em (B) detalhe da balança de precisão onde foram pesadas as amostras; (C) detalhe das colunas cromatográficas para separação de elementos terras raras a partir da rocha pulverizada (coluna RE-Spec) e, depois, separação de cada um Sm e Nd (coluna LN-Spec).

3.3 GEOCRONOLOGIA U/Pb em zircões

Esse método está fundamentado no decaimento por emissão α dos isótopos radioativos ^{238}U ($t_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$ anos; $\lambda_{238} = 1,55125 \cdot 10^{-10}$) e ^{235}U ($t_{1/2} = 0,704 \cdot 10^9$ anos; $\lambda_{235} = 9,84485 \cdot 10^{-10}$) para os isótopos radiogênicos ^{206}Pb e ^{207}Pb , respectivamente. O método é especialmente aplicado na datação de zircão (ZrSiO_4) dada a fácil substituição do íon Zr^{4+} (radio iônico de 0,87 Å) pelos íons U^{4+} (1,05 Å) e Th^{4+} (1,10 Å) na estrutura do mineral, muito embora outros minerais também sejam amplamente considerados (badeleíta, titanita, monazita, rutilo). As equações [3] e [4] ilustram os parâmetros relacionados para o cálculo de idades U/Pb.

$$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} = (e^{\lambda_{235}t} - 1) \quad [3]$$

$$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} = (e^{\lambda_{238}t} - 1) \quad [4]$$

Essas equações estão relacionadas na Curva Concórdia definida por Wetherill (1956) que representa o arranjo geométrico onde as razões (ou idades) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ em um sistema mineral permaneceram proporcionalmente equivalentes para um determinado tempo t , ou seja, concordantes. A obtenção de idades concordantes em zircão vem sendo

sistematicamente alcançada com o desenvolvimento de técnicas analíticas pontuais em geocronologia U/Pb, donde destacam-se LA-ICP-MS e SHRIMP. Essas técnicas priorizam o conhecimento prévio da estrutura interna do zircão permitindo reconhecer história simples (crescimento ígneo contínuo, recristalização completa) ou multifásica (crescimento ígneo - recristalização parcial tardi- e pós-magmática, núcleos herdados, metamitização, p. ex.) em escala micrométrica.

Em geocronologia U/Pb o uso da técnica de imageamento por catodoluminescência tem auxiliado na caracterização da história de crescimento registrada no mineral. O princípio baseia-se na resposta de luminescência emitida por um mineral quando é excitado por um feixe de elétrons primários de alta energia (> 20 KeV) gerado por um tubo catodo. O feixe de elétrons impacta sobre a superfície da amostra (que se comporta como um semicondutor) transferindo energia para a estrutura cristalina do mineral, causando uma imediata retrodispersão de elétrons (*backscattering*). A energia dos elétrons primários e retroespalhados é transferida como calor (temperaturas de até 600° - 700°C) e raios-X, gerando elétrons secundários. Estes elétrons são fótons que apresentam um espectro de energia de vários eV, e que pode ser visto no campo visível do espectro eletromagnético refletindo a imagem do mineral analisado (Nasdala et al., 2003).

As diferenças em tons de cinza típicas de imagens de catodoluminescência refletem variações composicionais (normais e 'anômalas') relacionadas à presença de íons terras raras^{2+,3+}, Hf⁴⁺, Pb²⁺, Th⁴⁺ e U⁴⁺ quando comparados diferentes setores no grão. Por exemplo, o zonamento oscilatório ígneo tipicamente observado em zircão indica variações na concentração desses íons, interpretadas como mudanças composicionais na interface cristal-magma devido o estado de oxidação e taxa local de difusão-cristalização (Corfu et al., 2003). Também, durante eventos metamórficos a recristalização expressa-se regularmente por altos níveis de luminescência (baixo U), enquanto que processos hidrotermais tendem estar relacionados a altas concentrações de U e, portanto, baixa luminiscência (Nasdala et al., 2003).

O procedimento prévio às análises U/Pb *in situ* adotado neste trabalho iniciou com a separação mecânica do zircão a partir da rocha total em várias etapas que incluem britagem, peneiramento, separação magnética e por densidade, e purificação em lupa binocular. A primeira etapa consistiu em quebrar manualmente a amostra em fragmentos de 5 a 10 cm e, a seguir, reprocessar em um britador de mandíbulas reduzindo-a até aproximadamente 1 cm (figura 5A). Uma fração mais fina foi obtida em moinho de disco para que o material pudesse ser peneirado em um conjunto composto por malhas de 60, 100 e 250 mesh (figura 5B). A fração de 100 e 250 mesh foi depositada em uma mesa vibratória tipo Wiffley com objetivo de separar, por fluxo aquoso, os minerais leves (quartzo, feldspatos, micas) dos minerais pesados (anfíbólios, piroxênios, granada, monazita, rutilo, zircão, apatita, magnetita, ilmentita, etc.) (figura 5C). A fração de minerais pesados foi submetida à separação magnética inicial com um

imã de mão e, em seguida, em um equipamento tipo Frantz® com controle na regulagem da inclinação da calha e amperagem da corrente (a 0,4 A, 1,0A e 1,5A). A intenção foi obter um concentrado mais puro possível de zircão. A etapa final de purificação foi feita utilizando-se líquidos densos, bromofórmio - densidade 2,82 g/cm³, e iodeto de metileno - densidade 3,32 g/cm³ (figura 5D)

Figura 5. Etapas de laboratório para separação mecânica de zircão da rocha total. (A) redução de amostra de mão para fragmentos de tamanhos centimétricos; (B) redução granulométrica em moinho de discos e posterior peneiramento para separação da fração de trabalho 100-250 mesh; (C) mesa de fluxo aquoso tipo Wifley; (D) separação gravimétrica por líquidos densos.

Cerca de 100-200 grãos de zircão foram selecionados para montagem em discos de resina epoxy (2,5 cm diâmetro e 0,5 cm de altura) o qual foi, em seguida, polido até aproximadamente a metade dos grãos para expor sua estrutura interna. As imagens de catodoluminescência desses grãos foram tomadas em microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta 250, com detector de catodoluminescência Oxford-CENTAURUS. As análises isotópicas foram realizadas em um ICP-MS multicoletor Neptune (Thermo Scientific) com laser *Excimer* Ar-F (193nm) com 5mJ/cm² e frequência de 6 Hz, e diâmetro do *spot* de 29 µm. As intensidades das massas isotópicas de ²⁰²Hg, ²⁰⁴Pb comum, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb, ²⁰⁸Pb e ²³⁸U foram adquiridos em 50 ciclos de 1 segundo, obedecendo uma sequência de 2 brancos, 3 análises do

padrão internacional GJ-1 (idade média de $601 \pm 3,5$ Ma), 13 análises pontuais de amostras, 2 brancos e 2 padrões. Para maiores detalhes sobre o procedimento analítico rotineirizado no CPGeo para datação U/Pb em zircões detríticos ver Sato et al. (2009).

3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DE DADOS U/Pb POR LA-ICP-MS

Os dados U/Pb em zircões obtidos por LA-ICP-MS incorporam alguns erros sistemáticos e instrumentais que devem ser eliminados ou atenuados por meio de uma avaliação matemática e estatística prévia. Nessa dissertação o tratamento dos dados U/Pb foi feito usando um software desenvolvido em linguagem *Python*, o qual utiliza as ferramentas estatísticas e gráficas do software *R* para avaliação do comportamento de brancos e padrões durante o procedimento. Esse programa foi desenvolvido no CPGeo e está disponível gratuitamente no link interno <http://10.44.5.171/wiki/TratamentoDeDadosICPMS>. A seguir, é apresentado breve resumo das etapas envolvidas no processo de tratamento dos dados, comentados com base na figura 6. Os resultados tratados foram manipulados no pacote *Isoplot* para apresentação dos gráficos Concórdia e histogramas de densidade de probabilidade individuais, e em uma macro *NormalPlot.xls* para visualização comparativa entre as curvas de probabilidade das amostras.

1. A calibração dos **brancos e padrões** para cada um dos isótopos ^{202}Hg , ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{232}Th e ^{238}U é feita por meio da eliminação dos "outliers" identificados a partir do conjunto de dados brutos (cor verde), usando a função **mediana móvel (runmed)** do programa *R*®. O resultado corrigido é destacado em cor preta. Além disso, pode ser visualizado em cor azul as regressões lineares ou exponenciais obtidas com a ferramenta **lm de R**® (figura 6A).
2. No gráfico dos padrões é possível observar a variação do sinal à medida que o laser interage com o grão durante intervalo de tempo que compreende os 40 ciclos de cada análise, bem como o efeito demonstrado pela subtração do Hg (presente no gás de arraste) e do Pb comum (eventualmente medido no grão e corrigido por Stacey and Kramers, 1975) (figura 6B).
3. Corrigidos os valores para o branco, ^{202}Hg e ^{204}Pb procede-se a redução aritmética para calibração externa a partir dos dados medidos para o Padrão (GJ-1608.5 $\pm$ 0.4 Ma; Jackson et al., 2004). A seguir, calcula-se as razões isotópicas $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ das medidas de abundâncias de cada massa de interesse (204, 206, 207, 208, 232, 238) ao longo dos 40 ciclos de análise. Para efeito de validação rápida dos resultados, as razões são representadas como curva gaussiana horizontal, obtida com a função **density de R**® (figura 6C,D).

Figura 6. (A) BRANCOS: Observa-se em cor verde os dados brutos para cada isótopo, os quais depois de serem corrigidos ficam na cor preta. As barras em vermelho indicam o desvio padrão e as linhas azuis representam as regressões feitas com os dados já corrigidos. (B) PADRÕES: Pode-se observar que as maiores correções são feitas no ^{202}Hg , ^{204}Pb ; como o ^{208}Pb é muito ruidoso, ele é calculado sinteticamente a partir de ^{206}Pb e ^{207}Pb . (C) e (D) RAZÕES: Pode-se observar em cada uma das razões que o conjunto de dados, depois de serem corrigidos o seu fracionamento e a sua intensidade (pelos valores do padrão), transforma-se na linha azul claro (melhor resolução em $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$). O último diagrama de baixo plota todas as razões em unidades de idade (Ma), para fins de comparação.

- O mesmo tratamento mencionado no item 3, acima, é realizado para todas as análises (grãos) da amostra. Cada análise é plotada em um diagrama Concórdia individual (figura 7A), com os 40 ciclos (repetições) representados por curvas de isovalores (cor verde) traçadas com a finalidade de gerar a elipse de confiança (com a função **ellipse do pacote R®**; cor púrpura), em vez de apenas utilizar as covariâncias obtidas das razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, como se faz no *Isoplot* (figura 7B). Posteriormente é construído um histograma de densidade de probabilidade, com curvas gaussianas para cada uma das diferentes razões isotópicas $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ (figura 7C). Finalmente, toda a informação analítica é gerada em formato texto para ser importada para o *Excel®*.

Figura 7. (A) Diagrama Concórdia gerado pelo pacote R®. (B) Pode-se observar a 'trilha' obtida a partir dos 50 ciclos em uma análise (linha cor púrpura), e as linhas de isovalores (cor verde) que indicam a distribuição espacial das idades do grão. Ainda é possível ilustrar que a elipse de confiança construída é assimétrica, diferente ao padrão de covariâncias ^{206}Pb e ^{207}Pb fornecido pelo Isoplot. (C) Histograma de densidade de probabilidade com as curvas gaussianas para as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em cor azul, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ em cor vermelho, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ em cor verde e $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ em cor púrpura.

3.5 COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE Hf (ϵHf) *in situ*

O isótopo ^{176}Lu é o radionuclídeo que representa 2,6% do Lu natural e sofre decaimento espontâneo para o isótopo estável ^{176}Hf por emissão β^- , a uma constante λ de $1,86 \cdot 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ e $t_{1/2}$ de aproximadamente 35 Ga (Scherer et al., 2001). As variações na abundância de ^{176}Hf em materiais geológicos são convencionalmente reportadas com referência a ^{177}Hf através da equação:

$$(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{hoje}} = (^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{inicial}} + (^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}) \cdot (e^{\lambda t} - 1) \quad [5].$$

Lutécio tem afinidade geoquímica com minerais ricos em elementos terras raras pesados - granada, zircão, xenotima, por exemplo, enquanto Hf^{4+} tem comportamento idêntico ao zircônio (Zr^{4+}) o que o faz um substituto comum em fases portadores de Zr. Embora zircão

incorpore ETR pesados durante sua cristalização, o que é tipicamente observado por seus padrões com forte fracionamento inverso de ETR (Lu >> La), a maior afinidade de Hf em relação a Lu implica em razões $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ muito baixas, inferiores a 0,0005 (Kinny e Maas, 2003). Como consequência, as variações das razões radiogênicas $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ observadas em zircões são interpretadas como reflexo de inhomogeneidades próprias do magma a partir do qual se cristalizaram, e não decorrentes do decaimento de ^{176}Lu . O princípio por trás dessa condição geoquímica particular é que a assinatura de Hf em zircão é considerada um *proxy* robusto para traçar a história de diferenciação química entre manto e crosta.

Como outros sistemas isotópicos, as variações de Hf com respeito ao reservatório CHUR são descritas em termos de unidades de epsilon (ϵ) através da equação :

$$\epsilon\text{Hf} = [(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}) / (^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}} - 1] \cdot 10^4 \quad [6],$$

assim sendo, materiais com razões maiores que o CHUR ($\epsilon\text{Hf} = 0$) têm ϵHf positivo para um determinado tempo t, enquanto que razões inferiores ao CHUR resultam em ϵHf negativos.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E ANÁLISES COMPARATIVAS

4.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo reúne os resultados isotópicos Sm/Nd em rocha total de oito amostras que representam as rochas metassedimentares do Complexo Riacho Gravatá e da sequência Serra do Olho D'água, e mais quatro amostras do Grupo Cachoeirinha coletadas no perfil Poço do Cachorro - Santana das Mangueiras (PB) e que foram analisadas para comparações (ver pranchas de fotos no Anexo 1). Esses resultados são combinados a outros já publicados na literatura, reapresentados e discutidos aqui para reforçar a assinatura isotópica de cada uma das unidades mencionadas e melhor embasar as interpretações. Também serão mostrados os dados geocronológicos U/Pb *in situ* detríticos analisados dessas mesmas amostras, apresentados em diagramas tipo Concórdia e histogramas de frequência / curvas de densidade de probabilidade individuais, além dos dados ϵHf *in situ* obtidos em parte dos zircões detríticos analisados para U/Pb. Os dados Sm/Nd estão listados na Tabela 1, dentro deste capítulo. Todos os dados U/Pb estão relacionados nos Anexos 2 e 3, os dados isotópicos de Hf no Anexo 4. A localização geográfica das amostras está ilustrada na figura 8.

4.2 RESULTADOS Sm/Nd

Quatro amostras do Complexo Gravatá foram analisadas pelo método Sm/Nd - amostras RG-1, RG-2, RG-5 e RG-7. Dessas somente a amostra RG-2 não foi analisada pelo método U/Pb devido à baixa recuperação de zircões detríticos. As três amostras apresentaram razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ muito pouco radiogênicas, refletindo-se em valores para $\epsilon\text{Nd}_{(950)}$ de -4,49 a -2,80 calculados para uma idade média de cristalização das rochas metavulcânicas que ocorrem intercaladas. As idades modelo t_{DM} são mesoproterozoicas, no intervalo entre 1,77 e 1,67 Ga, calculadas a partir de razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,116 a 0,120 e razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,511906 e 0,512017. A amostra RG-2 forneceu razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ muito elevada para a média de rochas crustais ($< 0,12$), sugerindo fracionamento de Nd com relação a Sm e, consequentemente, idade t_{DM} significativamente mais antiga que as demais amostras.

Quatro amostras da sequência Serra do Olho D'Água (SOD-1, SOD-2, SOD-3, SOD-4) apresentaram razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ pouco mais radiogênicas que as amostras do Complexo Riacho Gravatá, o que permitiu calcular valores para $\epsilon\text{Nd}_{(950)}$ entre -7,09 e -1,66. As razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ combinadas a valores tipicamente crustais obtidos para a razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ nessas rochas (c. 0,111 a 0,124) forneceram idades-modelo t_{DM} paleoproterozoicas entre 1,93 e 1,79 Ga, discretamente mais antigas que as idades t_{DM} das amostras do Complexo Riacho Gravatá.

Figura 8. Mapa geológico esquemático mostrando a localização das amostras analisadas e sua correspondência com as unidades estudadas.

Mesmo não sendo alvo direto do projeto, quatro amostras do Grupo Cachoeirinha (CCH-1, CCH-2, CCH-3, CCH-4) foram analisadas pelo método Sm/Nd e forneceram parâmetros distintos quando comparados a aqueles obtidos para as amostras do Complexo Riacho Gravatá e da sequência Serra do Olho D'Água. As razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ medidas são ainda menos radiogênicas como visto pelos valores $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ menos negativos que as demais unidades. Para efeito de comparação, a Tabela 1 traz os valores ϵNd de todas as amostras analisadas nesse estudo, calculados para 630 Ma assumindo esta idade como máxima deposição para os sedimentos Cachoeirinha (cf. Van Schmus et al., 2011). Os resultados mostram que os valores para Riacho Gravatá e Serra do Olho D'Água em parte se superpõem, com os extremos mais e menos negativos nas amostras SOD, mas são consistentemente diferentes daqueles obtidos para o Grupo Cachoeirinha. As idades t_{DM} são mais jovens e também mais variáveis, entre 1,52 e 1,17 Ga compatíveis com os valores publicados na literatura para esse grupo.

Como comentário geral, os dados Sm/Nd apontam para certa semelhança nas assinaturas definidas para o Complexo Riacho Gravatá e Formação Serra do Olho D'Água com idades modelo que sugerem a participação de uma fonte antiga (paleoproterozoica, ou ainda mesoproterozoica?). Se consideradas as idades modelo mesoproterozoicas e a existência inexpressiva de rochas com idades de cristalização nesse intervalo na Província Borborema, pode-se inferir também a participação de fontes neoproterozoicas na sedimentação dessas sucessões metassedimentares. A participação conjunta de fontes mais jovens (neo) e antigas (paleo) é uma característica comum para vários exemplos na Província Borborema, inclusive o Grupo Cachoeirinha aqui estudado.

Um dos granitos datados pelo método U/Pb foi também analisado e os resultados mostraram valor de $\epsilon\text{Nd}(620) = -0,90$, com idade t_{DM} de 1,29 Ga.

Na figura 9 estão ilustradas as curvas de evolução de Nd das amostras e alguns campos delineados com a assinatura de unidades litoestratigráficas regionais, plotadas a partir de razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ publicadas na literatura. As diferenças, comentadas a partir da observação dos dados tabelados é atestada no diagrama de evolução pela disposição das curvas do Grupo Cachoeirinha no campo de composições menos radiogênicas, ou seja, $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ e $\epsilon\text{Nd}_{(630)}$ menos negativos e idades modelo t_{DM} mais jovens para valores semelhantes de razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$. Em geral, as composições isotópicas de Nd (razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ou $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$) das rochas do Complexo Riacho Gravatá e da sequência Serra do Olho D'Água são semelhantes às composições definidas para os ortognaisses tonianos mapeados no TAP, com uma tendência às composições menos radiogênicas do embasamento paleoproterozoico, aqui considerado indiviso entre TRC, TAM e TAP. A inclinação das curvas de evolução de todo o conjunto é coerente com valores crustais, e as idades modelo t_{DM} (mesmo para o Grupo Cachoeirinha) reflete a forte influência de rochas tipo Cariris Velhos como fonte para a sedimentação neoproterozoica na parte centro-ocidental da Zona Transversal.

Tabela 1. Dados isotópicos Sm/Nd para as amostras estudadas - metapelitos/metapsamitos RG, metarenitos e metaconglomerado (matriz) SOD e metapelitos CCH.

Nº Campo	Lat	Long	Sm [ppm]	Nd [ppm]	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ (erro 1 σ)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (erro 1 σ)	$\epsilon\text{Nd}_{(0)}$	$\epsilon\text{Nd}_{(630)}$	t_{DM} [Ga]
SOD-1	584953	9158428	5,153	25,573	0,1219 (7)	0,512087 (12)	-10,75	-4,83	1,58
SOD-2	534374	9144886	4,822	24,307	0,1200 (7)	0,512073 (13)	-11,02	-4,95	1,58
SOD-3	683131	9208278	7,912	43,058	0,1111 (8)	0,511742 (12)	-17,48	-10,71	1,93
SOD-4	585242	9157538	6,724	32,782	0,1240 (7)	0,511987 (11)	-12,70	-6,95	1,79
RG-2	588268	9153382	12,606	54,317	0,1403 (8)	0,512018 (9)	-12,10	-5,04	2,13
RG-5	689459	9204778	6,585	33,188	0,1200 (9)	0,512017 (12)	-12,11	-6,04	1,67
RG-7	680974	9204786	8,210	42,743	0,1161 (8)	0,511906 (13)	-14,28	-7,90	1,77
CCH-1A	584629	9162134	5,059	24,578	0,1245 (7)	0,512359 (15)	-5,44	+0,28	1,17
CCH-2	583886	9160660	7,529	35,223	0,1292 (8)	0,512196 (12)	-8,62	-3,28	1,52
CCH-3	577336	9164788	5,843	29,803	0,1186 (7)	0,512150 (12)	-9,52	-3,33	1,43
CCH-4	571645	9173366	7,345	41,766	0,1063 (6)	0,512189 (9)	-8,76	-1,60	1,21
CARMO	526871	9140584	3,557	19,258	0,1117 (7)	0,512177 (10)	-8,99	-0,90	1,29

As razões isotópicas $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (medidas como Nd^+) foram normalizadas para o valor de $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,7219$ (DePaolo, 1981).

Valor médio para a razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ do padrão JNdi = $0,512100 \pm 0,000008$.

Meridiano central ou zone 24°5

Figura 9. Diagrama de evolução ϵ_{Nd} versus tempo com dados Sm/Nd das amostras analisadas neste estudo e campos definidos para as assinaturas isotópicas de rochas do embasamento paleoproterozoico na Zona Transversal (TRC, TAM, TAP) e de ortognaisses Cariris Velhos (cf. Van Schmus et al., 2011).

4.3 RESULTADOS U/Pb *in situ* em zircões detríticos

Em todas as amostras analisadas os sítios escolhidos para a datação U/Pb foram aqueles com estruturas tipicamente ígneas, marcados pela presença de zonação oscilatória (*oscillatory zoning*) ou setorial (*sector zoning*). Em geral, os setores datados eram suficientemente largos ($\geq 50 \mu m$) para as dimensões do *spot* de laser utilizado (c. $29 \mu m$), e eram livres de fraturamento, recristalizações e/ou metamitização. Não foram objeto deste estudo bordas recristalizadas diagnósticas de sobrecrecimento metamórfico uma vez que provavelmente indicariam a idade de metamorfismo *in loco* (pós-deposicional) e não informação pertinente à fonte.

As idades U/Pb de todos os zircões detríticos foram plotadas em diagramas Concórdia individuais para ilustrar o padrão de distribuição das análises de cada amostra, independentemente se foram concordantes ou não. Quando as semelhanças entre as razões $^{206}Pb/^{238}U$ e $^{207}Pb/^{206}U$ foi atestada entre 90 - 102%, as análises foram consideradas concordantes e plotadas em histogramas de densidade de probabilidade, também individuais. Para grãos mais jovens que 1200 Ma foram consideradas as idades $^{206}Pb/^{238}U$ e seus respectivos erros para plote no histograma, enquanto que para grãos mais antigos que 1200 Ma foi considerada a idade $^{207}Pb/^{206}Pb$ e erros associados.

4.3.1 Complexo Riacho Gravatá

4.3.1.1 Amostra RG-1

O afloramento situa-se ao longo da PB-306, no trecho entre as cidades de Água Branca e Juru (PB), na entrada da cidade de Juru, consistindo em um biotita muscovita xisto feldspático (metagrauvaca ?), ver foto de campo em Anexo 1. Cerca de 150 grãos de zircão foram montados sobre a resina e imageados por catodoluminescência. Nenhum tipo morfológico foi excluído da seleção para montagem, mas destacaram-se tipos com morfologia prismática e terminações bipiramidais bem preservadas, com razões comprimento:largura de 3:1 a 1:1. Daqueles montados, 61 grãos foram analisados em setores com zonação ígnea, oscilatória ou setorial (ver razões Th/U entre 0,29 e 2,01 no Anexo 2). Um grão (#61.1) apresentou razão Th/U de 0,04 coerente com valores obtidos metamórficos ($< 0,1$; Harley et al., 2007), e forneceu idade $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 1080 Ma. Alguns poucos zircões apresentaram fino sobrecrecimento com forte luminescência e/ou núcleos metamitizados com microfraturas radiais (figura 10A), os quais não foram considerados para análise. Fraturamento é um aspecto comum, tendo sido o provável responsável pelo grande número de análises discordantes e, portanto, pela baixa recuperação de 70% de grãos considerados concordantes ($n = 41$ agruparam-se em 90 - 102% de concordância).

A distribuição das análises no diagrama Concórdia está concentrada em um intervalo contínuo entre 1150 e 950 Ma, também refletida por uma população unimodal neoproterozoica no histograma de densidade de probabilidade (figura 10B,C), com pico máximo em 1001 Ma. De todo conjunto analisado, apenas um único grão concordante foi datado em 1257 ± 15 Ma.

4.3.1.2 Amostra RG-5

O afloramento situa-se na rodovia BR-262 que liga as cidades de Teixeira e São José do Bonfim (PB), na base da Serra do Teixeira. Representa um metaritmto em baixo grau metamórfico, caracterizado pela alternância de níveis psamíticos (grosso) / pelíticos, de cujo nível mais arenoso foi coletada a amostra, ver foto de campo em Anexo 1.

Aproximadamente 150 grãos foram montados em resina para análise e 74 analisados. Em geral os grãos exibem morfologia prismática, com poucos apresentando formas sub-arredondadas, e razões comprimento:largura entre 3:1 e 1:1. As estruturas internas observadas por catodoluminescência são as mais diversas, predominando tipos ígneos com zonação oscilatória ou setorial (figura 11A). Grãos metamitizados e com microfraturas são comuns, mas sítios com baixa luminescência (baixo U) sugestivos de recristalização metamórfica são raros. Isso pode ser confirmado pelas razões Th/U dos grãos analisados que se agrupam preferencialmente entre 0,16 e 1,42 (Anexo 2). As razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ do total de grãos analisados foram plotadas no diagrama Concórdia (figura 11B), as quais definiram duas

populações independentes : (i) um grupo principal, semi-concordante, em 1050 - 900 Ma e (ii) um grupo menos expressivo com idades próximas a 2700 Ma. Um outro conjunto de grãos se dispersou próximo à Concórdia entre 2200 - 1600 Ga, mas sem definir qualquer agrupamento preferencial.

O histograma de densidade de probabilidade gerado somente com as análises concordantes ($n = 65$) confirma a dominância de grãos com idades neoproterozoicas distribuídas na transição do período Steniano para o Toniano, com dois picos principais definidos em 1059 e em 959 Ma (figura 11C). Nota-se uma população de cinco grãos neo-arqueanos, entre 2700 - 2600 Ma e, como ilustrado na Concórdia, a distribuição menor de grãos de idades entre o Mesoproterozoico (Calimiano) e o Riaciano.

4.3.1.3 Amostra RG-7

O afloramento situa-se ao longo de uma estrada secundária que liga as cidades de São José do Bonfim e Mãe d'Água (PB-276), consistindo de muscovita filito de baixo grau metamórfico, com discreta crenulação superposta ao acamamento original, ver foto de campo em Anexo 1. Cerca de 180 grãos foram montados e imageados para análise, e 77 analisados. Os grãos são predominantemente prismáticos, inclusive com terminações bi-piramidais preservadas, o que denota pequenas distâncias de transporte desde a fonte até o sítio de deposição. O padrão interno é principalmente definido por domínios com zonação oscilatória e, mais raramente, setorial (figura 12A), o que atesta o caráter essencialmente ígneo (razões Th/U entre 0,15 e 2,27; Anexo 2). As razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ dos grãos analisados foram plotadas no diagrama Concórdia (figura 12B), mostrando distribuição semelhante àquela observada na amostra RG-5. A maioria das idades caem no intervalo entre 1100 e 900 Ga, na transição Meso-Neoproterozoico, com uma pequena moda em torno de 2200 - 1900 Ma e um grão com idade neo-arqueana em c. 2700 Ma.

No histograma de densidade de probabilidade o conjunto de dados concordantes ($n = 67$) distribui-se entre idades tonianas a mesoproterozoicas (Steniano) com pico principal em 958 Ma, e dois outros subordinados em 906 e 1048 Ma, além da população paleoproterozoica (Riaciano) de menor expressão (figura 12C).

Figura 10. Amostra RG-1 : (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões detríticos. (B) Diagrama Concórdia mostrando a distribuição das idades Pb/U nos zircões detríticos e (C) histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grão ≥ 1200 Ma).

Figura 11. Amostra RG-5 : (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões detríticos. (B) Diagrama Concordia mostrando a distribuição das idades Pb/U nos zircões detríticos e (C) histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma).

Figura 12. Amostra RG-7: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões detríticos. (B) Diagrama Concórdia mostrando a distribuição das idades Pb/U nos zircões detríticos e (C) histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma).

4.3.2 Formação Serra do Olho D'Água

4.3.2.1 Amostra SOD-1

O afloramento situa-se na estrada (PB-306) que liga as cidades de Manaíra (PE) a Santana de Mangueira (PB), na área-tipo de ocorrência da Sequência Serra do Olho D'Água definida por Medeiros e Jardim de Sá (2009), ver foto de campo em Anexo 1. Nessa região, essa sequência é descrita por metarenitos (metagrauvacas ?) e metapelitos na base gradando para metaconglomerados polimíticos no topo, os quais guardam seixos de filitos, metarenitos, metavulcânicas félsicas e máficas, além de metacherts, mármore e gnaisses. A amostra SOD-1 refere-se aos metarenitos mapeados nesse setor.

Cerca de 120 grãos foram montados e imageados por catodoluminescência e apenas 57 mostraram-se ideais para serem analisados, ou seja, setores ígneos bem desenvolvidos livres de fraturas, inclusões ou metamitização. Quanto à morfologia dominaram os tipos semi-prismáticos, sub-arredondados, e também fragmentos, com razão predominantemente 2:1. Em geral, grãos com terminações bem preservadas não foram identificados, ao contrário do observado nas amostras do Complexo Riacho Gravatá. São abundantes os grãos com altos teores de U como visto pelos padrões de menor luminescência nas imagens resultando, por conseguinte, em aspecto metamitizado. As estruturas internas são especialmente zonação oscilatória e mais raramente, setorial (figura 13A), e as razões Th/U dos setores datados varia entre 0,19 e 1,45 (Anexo 2).

A distribuição das análises no diagrama Concórdia mostra a forte tendência à concordância, com idades obtidas entre 3100 - 900 Ma (figura 13B). Esse comportamento reflete-se como uma recuperação elevada em torno de 88% (n = 57 grãos com concordância entre 90 - 102%). Os dois principais conjuntos de dados distribuem-se entre 2200 - 1900 Ma (Riáciano - Orosiriano) e entre 1100 - 900 Ma (Steniano - Toniano). O histograma de densidade de probabilidade confirma as duas modas identificadas na Concórdia (figura 13C), também observadas nas amostras RG-5 e RG-7 do Complexo Riacho Gravatá, embora com menor relevância das populações paleoproterozoicas. As contribuições principais estão entre 1083 - 1023 (Steniano) e entre 2082 - 1880 (Riáciano - Orosiriano). Duas outras modas menores, mas persistentes, apontam a participação de fontes ainda mais antigas, paleoproterozoicas a arqueanas, na sedimentação da Sequência Serra do Olho D'Água. Grãos com idades mais jovens que 880 Ma não foram observados nesta amostra.

4.3.2.2 Amostra SOD-2

O afloramento situa-se ao longo da rodovia PB-361 que liga as cidades de São José do Belmonte e Conceição, consistindo de metarenito fino (a metasiltito) com camadas milimétricas a centimétricas que se assemelham a um aspecto turbidítico, ver foto de campo em Anexo 1. Aproximadamente 130 grãos de zircão foram recuperados e imageados por catodoluminescência, mas cerca de 30% mostraram-se com alto teor de U (baixa luminescência) e fortemente metamitizados, impossibilitando a análise. Vários grãos apresentaram formas irregulares (fragmentados), e outros ainda guardavam formas prismáticas com terminações sub-arredondadas e razões comprimento:largura em geral 2:1 ou 1:1 (figura 14A). As estruturas internas mais comuns foram zonação oscilatória ou setorial, mas não raro notam-se padrões internos homogêneos com bandas de crescimento mais espaçadas. Os setores datados apresentaram razões Th/U entre 0,13 e 1,39 (Anexo 2), valores tipicamente atribuídos à origem ígnea; apenas um grão (#65.1) teve razão Th/U baixa, de 0,09, que pode ser correlacionada com recristalização metamórfica, sendo a idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ obtida de 1984 ± 55 Ma.

Ao contrário do comportamento fortemente concordante das análises da amostra SOD-1, a amostra SOD-2 caracteriza-se por uma forte dispersão dos dados no diagrama Concórdia. Esse comportamento deve resultar de perda de Pb provavelmente relacionada ao evento Brasiliano, visto a tendência a alinhamento segundo uma discórdia com intercepto em c. 550 - 600 Ma (figura 14B). A proporção de análises concordantes foi de 75% ($n = 45$ grãos com concordância entre 90 - 102%). Quando consideradas apenas as idades concordantes, a distribuição dos resultados aponta a prevalência de duas populações principais, uma no Neoproterozoico (Toniano) e outra no Paleoproterozoico (Orosiriano - Riáciano). No primeiro, o pico está bem definido em 947 Ma com uma outra expressão menor em 1017 Ma, enquanto que a distribuição paleoproterozoica inclui principalmente idades entre o início do Orosiriano até o início do Riáciano (2064 - 1878 Ma), em padrões semelhantes aos vistos na amostra SOD-1 (figura 14C). Idades mesoproterozoicas têm igual presença quando as duas amostras são comparadas, mas as idades mais antigas são um pouco mais significativas na amostra SOD-1 que na SOD-2, enquanto que grãos com idades mesoproterozoicas são mais abundantes em SOD-2.

4.3.2.3 Amostra SOD-3

O afloramento situa-se ao longo de uma estrada secundária que liga as cidades de São José do Bonfim e Mãe d'Água (PB-276), representando muscovita quartzito milonitizado que caracteriza a Serra do Cruzeiro, ver foto de campo em Anexo 1. Dessa amostra cerca de 120 grãos detríticos foram recuperados e montados para serem imageados por catodoluminescência, os quais apresentam formas prismáticas diversas com terminações sub-arredondadas, e razões

C:L principalmente entre 3:1 e 1:1 (figura 15A). Os padrões de estruturas internas são aqueles também observados nas demais amostras estudadas - dominam zonação tipo oscilatória e setorial (raras convolutas), além de sobrecrecimentos observados especialmente em torno de núcleos metamitizados com alto teor de U. Fraturamento é notado com maior evidência nos grãos mais robustos. Assim como nas demais amostras, os setores analisados forneceram razões Th/U ígneas, entre 0,21 e 1,83 (Anexo 2).

Um conjunto de 65 análises está plotado no diagrama Concórdia, sendo que 72% deste conjunto (n = 48) tem comportamento concordante. As análises distribuem-se com os mesmos padrões que antes observado para as outras amostras dessa unidade, com expressivo agrupamento no intervalo definido para o Riaciano e na transição entre Neoproterozoico - Mesoproterozoico (figura 15B). Novamente, esse padrão é confirmado e melhor visualizado quando consideradas somente as análises concordantes, com uma moda incluindo c. 35% das análises no Steniano, entre 1071 e 1001 Ma, e outra moda de proporção um pouco inferior na transição Orosiriano - Riaciano (figura 15C). Ao contrário das demais amostras comentadas, nesta não foram encontrados zircões detríticos com idade mais antigas que 2200 Ma, salvo por três idades em c. 2800 Ga que figuram como a contribuição mais antiga preservada na amostra. Idades mesoproterozoicas são poucas, com três picos quase que individuais distribuídos entre 1204 - 1280 Ma, 1517 Ma e 1744 Ma.

4.3.2.4 Amostra SOD-4

Essa amostra foi coletada no local chamado Poço dos Cachorros (PB) onde vê-se a passagem direta (em distância de algumas dezenas de metros) da sequência metavulcânica Riacho Gravatá para metaconglomerados polimíticos, deformados, com matriz metapsamopelítica. Os metarenitos descritos por Medeiros e Jardim de Sá (2009) e representados pela amostra SOD-1, são mapeados a norte desses metaconglomerados em direção a Santana de Mangueira / Curral Velho, ver foto de campo em Anexo 1. A separação de zircões foi feita exclusivamente a partir da matriz, tomando-se cuidado em evitar qualquer seixo de rochas para que não interferissem na real proporção das modas identificadas.

Cerca de 150 grãos foram montados e imageados por catodoluminescência, tendo sido analisados 65 grãos. A morfologia é variada entre tipos primáticos, alongados, com razão C:L aproximadamente 3:1 e tipos mais sub-arredondados a arredondados. Em geral apresentam pouco fraturamento, mas aspecto metamítico é comum. Como nas demais amostras, a zonação é preferencialmente do tipo oscilatória, mas padrões em bandas e setoriais são igualmente observados, os quais fornecem razões Th/U entre 0,08 a 1,44 (Anexo 2). A razão Th/U de 0,08 (metamorfismo) foi obtida em um grão (#34.1) cuja idade U/Pb é discordante e, portanto, de interpretação limitada.

A prevalência de idades concordantes é claramente observada no diagrama Concórdia, pois 90% das análises realizadas nessa amostra ($n = 58$) tem ótima concordância entre as idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (90 - 102%). As idades obtidas estão bem distribuídas desde c. 3200 Ma até c. 900 Ma. Quando visto em detalhe na Concórdia, as idades mais jovens agrupam-se entre 1000 - 900 Ga, mas com um grupo bem individualizado e subordinado em c. 1100 Ma. A subdivisão em grupos dentro deste intervalo específico não foi notada nas demais amostras, as quais caracterizaram-se pela dispersão contínua das idades tonianas. Os dois grupos aqui individualizados podem refletir populações distintas, ou ainda o *gap* entre ambos pode apenas sugerir a não representatividade do conjunto selecionado para este intervalo.

[A] SOD-1

Figura 13. Amostra SOD-1: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagramas Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detriticos; Esquerdo, Concórdia com todos os grãos analisados; Direito, Concórdia com a população de grãos mais jovens, de idade toniana a steniana. (C) histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma).

Figura 14. Amostra SOD-2: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagramas Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detríticos; Esquerdo, Concórdia com todos os grãos analisados; Direito, Concórdia com a população de grãos mais jovens, principalmente em c. 1,0 Ga. Notar a forte discordância de algumas análises. (C) Histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma).

Figura 15. Amostra SOD-3 : (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagramas Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detríticos; Esquerdo, Concórdia com todos os grãos analisados; Direito, Concórdia com a população de grãos mais jovens, entre Neoproterozoico (Toniano) e Mesoproterozoico. (C) Histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma).

Figura 16. Amostra SOD-4: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagramas Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detríticos; Esquerdo, Concórdia com todos os grãos analisados; Direito, Concórdia com a população de grãos mais jovens, entre Neoproterozoico (Toniano) e Mesoproterozoico. (C) Histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma) e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (grãos ≥ 1200 Ma).

4.3.3 Grupo Cachoeirinha: metapelito da Formação Santana dos Garrotes

4.3.3.1 Amostra CCH-1

A amostra foi coletada na estrada que liga a localidade de Poço dos Cachorros e a cidade Curral Velho (PB), a aproximadamente 3 km da bifurcação dessa estrada com outro ramo que segue em direção a Santana de Mangueira, em um dos primeiros afloramentos (nessa estrada) do Grupo Cachoeirinha após a ocorrência dos metaconglomerados onde a amostra SOD-4 foi extraída (ver localização na figura 2 e foto de campo no Anexo 1). O afloramento consiste de metapsamo-pelitos com foliação bem marcada, de baixo ângulo, onde se dispõe sub-concordantemente uma rocha ácida com textura fanerítica fina, provavelmente de natureza sub-vulcânica. Aproximadamente 25 zircões dessa rocha foram datados (gráficos não ilustrados) e as idades são consistentemente concordantes ($> 93\%$) no Paleoproterozoico entre 2,35 - 1,95 Ga. Esse padrão deve ser interpretado com cautela pois, dada a grande variação de idades, não parece refletir a idade de cristalização da rocha, incompatível com sua posição estratigráfica em afloramento, mas sim herança da fonte ou da rocha encaixante regional.

Considerando a existência de dados U/Pb em zircões detríticos dessa unidade já disponíveis na literatura e publicados em Van Schmus et al. (2011), a análise da amostra CCH-1 foi feita apenas com 26 grãos ígneos, prismáticos e com zonação oscilatória ou setorial (figura 17A), e razões Th/U entre 0,18 a 1,82 (Anexo 2). Apenas 5 grãos não foram concordantes dentro do intervalo de 90 - 102%. No diagrama Concórdia os zircões estão bem distribuídos no Neoproterozoico, com uma concentração principal entre 600 - 700 Ma, e grupos de menor frequência em 850 - 800 Ma, c. 900 Ma e 1000 - 980 Ma (figura 17B). Quando consideradas apenas as análises concordantes no histograma de densidade de probabilidade, os picos máximos são definidos na transição do Ediacarano - Criogeniano, entre 620 e 688 Ma (figura 17C). Nenhum zircão mais antigo que aqueles de idades tonianas foi analisado na amostra CCH-1, mas o conjunto de dados publicados por Van Schmus e colaboradores e discutidos no capítulo final dessa dissertação inclui idades meso- a paleoproterozoicas.

Figura 17. Amostra CCH-1: (A) página anterior - Imagem de luz transmitida e catodoluminescência das populações de zircões. (B) Diagrama Concórdia mostrando a distribuição das razões Pb/U nos zircões detriticos. (C) Histograma de densidade de probabilidade mostrando os picos principais definidos pelas idades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (grãos ≤ 1200 Ma).

4.3.4 Granitos intrusivos nas sequências Riacho Gravatá e Serra do Olho d'Água

Dois corpos plutônicos foram coletados nos extremos setentrional e meridional do TAP e datados pelo método U/Pb em SHRIMP. Correspondem ao granito do Carmo e o diorito São João do Bonfim, amostrados respectivamente próximo aos locais de coleta das amostras SOD-2 e RG-7. O diorito São José do Bonfim é descrito por Nascimento (1996) como um corpo isotrópico, inequigranular, constituído por plagioclásio, piroxênio parcialmente alterado para actinolita-tremolita, biotita, quartzo e epidoto, com zircão e opacos como acessórios. Os zircões são euédricos, claros, com tamanhos entre 100 - 200 μm e proporções comprimento:largura de aproximadamente 2:1. Apresentam setores internos com teores mais elevados de U (não analisados) e zonação oscilatória bem marcada; os setores externos têm mais alta luminescência (Th entre 46 - 168 ppm e U entre 111 - 411 ppm; Anexo 3) igualmente com desenvolvimento de zonação oscilatória agora mais discreta (figura 18A). A interpretação das imagens de catodoluminescência sugere que o setor mais externo pode representar recristalização magmática de fases mais antigas (setores internos) dada a aparente continuidade com o padrão zonado observado no setor interno dos grãos. As razões Th/U entre 0,22 e 0,69 confirmam a natureza ígnea para esses setores recristalizados. Dos dezesseis grãos analisados, quinze definiram uma idade Concórdia de $619 \pm 8,1$ Ma (figura 18B).

Os zircões do granito do Carmo são euédricos, claros, com dimensões que variam de 100 - 250 μm e proporções relativas de comprimento:largura variáveis entre 2:1 e 3:1, e menos frequentemente de 4:1. A estrutura interna demonstrada por catodoluminescência ressalta a natureza essencialmente ígnea representada por típica zonação oscilatória, com teores elevados de U (285 - 812 ppm) (figura 19A). As razões Th/U são variáveis entre 0,06 e 0,14 (Anexo 3), com um valor destoante em 0,62 (#11.1). Dos onze grãos analisados dois tiveram comportamento anômalo (#2.1 e #11.1) e nove definiram uma idade Concórdia em $621 \pm 5,5$ Ma (figura 19B).

Figura 18. (A) (*Superior*). Imagem de catodoluminescência para alguns dos zircões analisados do diorito de São José do Bonfim mostrando o padrão interno de zonação ígnea e bordas recrystalizadas. (B) (*Inferior*). Gráfico Concordia ilustrando o arranjo das razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ na forma de elipses de erro (em vermelho) e a idade Concordia (azul) obtida.

Figura 19. (A) (Superior). Imagem de catodoluminescência para alguns dos zircões analisados do granito do Carmo mostrando o padrão de zonação ígnea. (B) (Inferior). Gráfico Concordia ilustrando o arranjo das razões $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ na forma de elipses de erro (em vermelho) e a idade Concordia (azul) obtida.

4.4 RESULTADOS ϵ_{Hf} em zircões

Dados isotópicos de Hf foram obtidos para reconhecer a natureza da fonte dos zircões stenianos - tonianos identificados nas amostras do Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água. A caracterização leva em conta a correlação dos valores de ϵ_{Hf} (se negativos ou positivos) obtidos nesses zircões com a interpretação de sua origem a partir de magmas juvenis (derivados do manto convectivo) ou reciclados (re-fusão de crosta continental mais antiga). Ainda, se representam zircões de magmas 'híbridos' provenientes da mistura das duas fontes.

Os dados de Hf aqui gerados são apresentados e discutidos em termos de unidades de epsilon (ϵ_{Hf}) calculados para o tempo t que corresponde à idade U/Pb de cristalização obtida individualmente para cada grão por LA-ICPMS. Quando observado o conjunto, nota-se que a assinatura isotópica de Hf dos zircões detríticos do Complexo Riacho Gravatá é amplamente variável, compreendendo o intervalo de valores entre -23,2 e +11,8 (figura 20); desse intervalo, 35% dos valores de $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ são positivos calculados para idades entre 1089 - 945 Ma, indicando indiscutível participação de material juvenil como fonte de parte dos zircões detríticos nesse complexo. Os valores negativos para $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ distribuem-se entre -15,73 e -0,46, também calculados para igual faixa de idades U/Pb, sendo que cerca de 50% desses são superiores (menos negativos) a -5,5.

Figura 20. Gráfico ϵ_{Hf} versus tempo para os zircões detríticos stenianos e tonianos das unidades estudadas - Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água. As curvas DM e CHUR são mostradas como referência.

A distribuição espacial dos dados $\epsilon\text{Hf}(t)$ para os zircões da Sequência Serra do Olho D'Água é mais restrita (figura 20). Os valores são todos negativos com exceção de um valor positivo em +2,27 obtido para um zircão de 946 Ma. Os valores negativos distribuem-se principalmente entre -8,73 e -0,52, com quatro valores menos negativos entre -20,86 e -14,31; todos esses valores foram calculados para um intervalo de idades U/Pb semelhante a aquele do Riacho Gravatá, entre 1081 e 945 Ma. Novamente, a prevalência é de valores negativos > -5 , com aproximadamente 70% do total analisado. A interpretação direta desse padrão é que a população de zircões detríticos stenianos - tonianos nessa unidade é principalmente derivada de magmas reciclados que foram produtos de fusão parcial de crosta mais antiga, o que pode ser igualmente estendido para a outra parte dos zircões do Complexo Riacho Gravatá que também têm valores negativo para $\epsilon\text{Hf}(t)$.

CAPÍTULO 5 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS E CONCLUSÕES

5.1 INTRODUÇÃO

Reconhecer as possíveis fontes envolvidas na gênese de rochas supracrustais requer o controle cronológico das unidades regionais que estiveram topograficamente expostas na época de deposição dessas sequências. Como fontes, tais unidades teriam sua assinatura reconhecida nos detritos depositados. Em sequências supracrustais precambrianas o reconhecimento de fontes é feito a partir do estudo integrado de dados isotópicos de Nd (em rocha total), e U/Pb e Hf em zircões detriticos, os quais irão fornecer informações diretas sobre a idade e natureza (derivação crustal ou mantélica) das mesmas. Combinadas a outras informações de cunho litológico, tectonoestratigráfico e geoquímico é possível delinear com relativa segurança cenários geodinâmicos para o Precambriano que integrem de forma realística os processos geológicos identificados.

5.2 DEFINIÇÃO DE FONTES A PARTIR DE DADOS Sm/Nd EM ROCHA TOTAL

Os dados Sm/Nd foram principalmente explorados quanto às informações que podem ser extraídas das idades modelo t_{DM} . Como princípio, o parâmetro t_{DM} calculado para uma rocha (meta)sedimentar representa uma idade indireta que reflete a mistura das idades modelo t_{DM} das rochas-fonte que contribuíram com material para a sedimentação. Isso é válido para casos em que duas ou mais fontes estiveram envolvidas. No entanto, as proporções de contribuição entre as diferentes fontes não podem ser definidas a partir desse resultado, devendo ser inferidas por outras ferramentas analíticas. Ao contrário, se a proveniência da unidade (meta)sedimentar é particular de uma única fonte, o parâmetro t_{DM} obtido representará a idade modelo desta fonte. Da mesma forma, os valores de ϵNd são comparados a aqueles de rochas regionalmente reconhecidas como prováveis fontes, e o exercício de ser feito recalculando esse parâmetro, mencionado $\epsilon Nd(t)$, para a idade de deposição pressuposta para as rochas (meta)sedimentares (também obtida por outros métodos).

Quatro amostras do Complexo Riacho Gravatá (RG) e quatro amostras da Sequência Serra do Olho D'Água (SOD) foram analisadas para obtenção de sua assinatura isotópica de Nd (ϵNd e t_{DM}). Quatro amostras dos metapelitos da Formação Santana dos Garrotes (CCH) também foram analisadas para comparação com as demais. Os resultados foram graficamente apresentados na figura 9 e mostram a perfeita correspondência de ambos parâmetros ϵNd e t_{DM} das amostras RG e SOD com o campo de valores reportados na literatura (ver síntese de Van Schmus et al., 2011) para as rochas metaplutônicas Cariris Velhos que afloram adjacente ao

conjunto metavulcanossedimentar Riacho Gravatá. As idades modelo t_{DM} são paleoproterozoicas, estaterianas, a exceção da amostra RG-2 cuja razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ está fracionada em c. 0,14 levando a uma idade t_{DM} superestimada (e sem significado) em 2,13 Ga. Se comparadas as razões $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ das amostras RG-2 e RG-3 os valores são iguais, mas a RG-3 tem valor significativamente inferior da razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, ficando dentro do intervalo proposto por DePaolo (1988) para rochas crustais e confirmando que a idade modelo mais antiga da amostra RG-2 é um artifício gerado por uma razão $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ espúria.

Apesar da estreita correlação, a princípio não é possível descartar a contribuição de fontes mais antigas para o Complexo Riacho Gravatá e a Sequência Serra do Olho D'Água como, por exemplo, o embasamento paleoproterozoico. Dadas as variações entre 1,93 e 1,58 Ga é possível que as idades t_{DM} possam representar, alternativamente, proporções distintas de fontes paleoproterozoicas e fontes mais jovens, tipo Cariris Velhos. De qualquer forma, nota-se na figura 9 que as amostras analisadas da Formação Santana dos Garrotes têm comportamento menos radiogênico que as demais, mas que em parte também se superpõe ao campo definido para o magmatismo Cariris Velhos. Como conclusão desses resultados, pode-se sugerir a contribuição efetiva do Cariris Velhos como fonte para a sedimentação do Complexo Riacho Gravatá, Serra do Olho D'Água e Cachoeirinha (Formação Santana dos Garrotes), não excluindo uma possível contribuição paleoproterozoica que não é tão evidente quando considerados apenas os dados Sm/Nd.

5.3 DEFINIÇÃO DE FONTES A PARTIR DE DADOS U/Pb E ϵ_{Hf} EM ZIRCÕES DETRÍTICOS

Considerando a existência reconhecida de substrato antigo como embasamento na Província Borborema, é razoável supor sua contribuição massiva como fonte em ciclos de sedimentação subsequentes. Aqui menciona-se como representantes do Paleoproterozoico os complexos Granja e Caicó (incluindo os *augen* gnaisses 'G2') e a Unidade Algodões no setor Setentrional, além do Complexo Floresta e segmentos de crosta gnáissica mapeados no TAP e na região de São José do Caiano. Como fontes arqueanas também presentes nas unidades metassedimentares neoproterozoicas são contribuintes maiores os complexos Cruzeta e Granjeiro, e o Núcleo São José do Campestre. Se consideradas as correlações paleogeográficas com a Província Borborema, é igualmente razoável admitir a participação de rochas arqueanas e paleoproterozoicas 'distais' hoje expostas no Cráton Oeste Africano e Escudo Nigeriano e, claro, no Cráton São Francisco. Esse último é especialmente requerido como fonte para a sedimentação neoproterozoica representada, hoje, pelas faixas Sergipana e Riacho do Pontal.

Zircões detriticos de idades entre 1050 - 950 Ma (Steniano - Toniano) vêm sendo reconhecidos em várias sucessões meta(vulcano)sedimentares na Província Borborema,

notadamente nos seus setores Setentrional e Meridional (ver figura 21). A norte do Lineamento Patos o estudo de proveniência conduzido por Van Schmus et al. (2003) resolveu o debate prolongado sobre a idade da Faixa Seridó ao reconhecer uma extensa população neoproterozoica de zircões detríticos nas formações Jucurutu e Seridó, respectivamente base e topo da sequência.

Figura 21. Gráfico de idades U/Pb de zircões detríticos de unidades metassedimentares da Província Borborema onde o intervalo Steniano - Toniano é encontrado (em cinza). Observar a forte correlação do padrão de assinatura do Complexo Riacho Gravatá com a de rochas metassedimentares do Domínio Macururé (Setor Meridional). Os dados da literatura foram compilados de Oliveira et al. (2006, 2010), Van Schmus et al. (2011), Bautista (2012), Araújo et al. (2012) e dados inéditos de M.H.B.M. Hollanda.

Do conjunto de idades neoproterozoicas obtido os autores mencionam cerca de 20 - 25% entre Steniano e Toniano na Formação Seridó, e uma proporção de 40% para a amostra analisada da Formação Jucurutu. Padrões semelhantes foram obtidos mais recentemente por Bautista (2012; dados inéditos) para as unidades supracrustais que estendem-se ao longo do Lineamento Patos, assim correlacionando-as com a coluna litoestratigráfica do Grupo Seridó. Da mesma forma, Araújo et al. (2012) reportam a presença pervasiva de zircões stenianos - tonianos nos metassedimentos de médio a alto grau do Complexo Ceará, a qual varia de 5 a 25% do total de zircões concordantes analisados. No Grupo Martinópolis (micaxistos da Formação Goiabeira) a frequência não ultrapassa 10% do total.

O registro de idades stenianas - tonianas é também marcante nas unidades metassedimentares do setor Meridional da Província Borborema, notadamente nos domínios Macururé, Vaza Barris e Estância (Faixa Sergipana), como também em unidades da Zona Transversal de provável (São Caetano) ou indiscutível (Grupo Cachoeirinha) idade ediacarana (ver figura 21). Em todas essas, zircões com esse intervalo de idades representam um grupo subordinado às populações paleoproterozoicas e ediacaranas, principais. Ao contrário, as rochas metassedimentares dos domínios Macururé e Marancó apresentam padrão semelhante aos aqui descritos para o Complexo Riacho Gravatá e para a Sequência Serra do Olho D'Água, com a população mais jovem, e também principal, de idade steniana - toniana. Tanto na Zona Transversal quanto no setor Meridional a geologia descrita inclui ortognaisses com assinatura de arco continental com idades em 995 - 925 Ma, em associação espacial com rochas metavulcanossedimentares depositadas no mesmo intervalo cronológico. Oliveira et al. (2006, 2010) sugerem que a fonte para essa sedimentação no setor Meridional seriam os gnaisses migmatíticos Poço Redondo (980 - 960 Ma) e o batólito Serra Negra (c. 950 Ma), além das rochas metaplutônicas Cariris Velhos do TAP.

A correlação entre as idades dos zircões detríticos estudados e aquelas dos *augen* gnaisses e ortognaisses Cariris Velhos é direta. No entanto, é possível ir além da simples comparação cronológica e definir a origem crustal ou mantélica para os protólitos desses zircões a partir dos dados isotópicos de Hf obtidos. Os resultados apresentados no capítulo anterior são claros em mostrar o amplo intervalo de valores de $\epsilon\text{Hf}(t)$ que caracterizam os zircões detríticos do Complexo Riacho Gravatá e da Sequência Serra do Olho D'Água. Para o primeiro, no entanto, a variação é mais significativa com valores tão positivos quanto +11,8 e negativos quanto -23,2, indicando a contribuição de fontes ortoderivadas juvenis (fusão direta do manto) ou crustais (produto de reciclagem de crosta mais antiga). Valor positivo para $\epsilon\text{Hf}(t)$ na Sequência Serra do Olho D'Água resume-se a um único grão analisado sugerindo que rochas stenianas - tonianas de natureza juvenil podem não ter sido fonte para a sedimentação. Não se deve excluir, no entanto, a possibilidade de baixa representatividade pois $< 1/3$ dos zircões datados foram analisados para Hf ($n = 24$), em apenas duas das quatro amostras estudadas.

A figura 22 mostra a correlação linear entre os valores de $\epsilon\text{Hf}(t)$ e as idades modelo $t_{\text{DM}}(\text{Hf})$ obtidas também individualmente para cada grão, revelando que a variação para valores mais negativos está diretamente associada com idades modelo mais antigas, enquanto que os valores mais positivos se correlacionam com idades t_{DM} mais jovens, equivalentes às idades de cristalização dos grãos. Na ausência de dados isotópicos diretos de Hf para a comparação com a fonte mais provável - os gnaisses Cariris Velhos, é possível estabelecer uma relação comparativa com os dados isotópicos de Nd. Vervoort et al. (2010) propõem o uso da equação $\epsilon\text{Hf} = 1.34\epsilon\text{Nd} + 2.82$ para correlacionar as assinaturas isotópicas de Hf e Nd de rochas de origem crustal (sedimentos, basaltos continentais, granitóides, e rochas crustais juvenis), definida a partir da hipótese de que não há fracionamento significativo entre Hf-Nd na crosta. Essa relação é graficamente apresentada na figura 23 onde estão plotados os valores $\epsilon\text{Hf}(t)$ dos zircões detríticos das duas unidades estudadas com suas respectivas idades U/Pb. Para os gnaisses a assinatura isotópica de Hf (em ocre) foi calculada a partir da função proposta por Vervoort e colaboradores, assumindo o intervalo entre 998 - 941 Ma que corresponde às idades máxima e mínima extraídas dos dados geocronológicos publicados na síntese de Van Schmus et al. (2011). Considerando as limitações de uma estimativa matemática, indireta, a assinatura isotópica obtida para as metaplutônicas / metavulcânicas Cariris Velhos é compatível com os dados dos zircões detríticos, confirmando a viabilidade dessas rochas como fonte para as duas sucessões metassedimentares.

A indicação dos valores de $\epsilon\text{Hf}(t)$ nos zircões detríticos demonstrando que as fontes stenianas - tonianas representariam tanto fusão de crosta ainda mais antiga, quanto magmas derivados de fusão direta do manto, é coerente com as idades modelo $t_{\text{DM}}\text{Nd}$ das metaplutônicas / metavulcânicas Cariris Velhos que se distribuem entre valores de 1,98 a 1,04 Ma (Van Schmus et al., 2011) e, portanto, indicam que esse evento envolveu ambos acreção juvenil e retrabalhamento crustal.

5.4 OUTRAS INFERÊNCIAS

Outras discussões podem ainda ser levantadas com base nos resultados apresentados. Uma delas diz respeito à possibilidade de comparar as assinaturas de proveniência entre unidades distintas e estabelecer correlações estratigráficas. Essa abordagem consistiu em um dos objetivos principais deste trabalho visto a posição discutível da Sequência Serra do Olho D'Água no cenário geológico regional, apesar da proposta de Medeiros e Jardim de Sá (2009) para inclusão como unidade superior do Grupo Cachoeirinha.

Figura 23. Gráfico de correlação entre os valores de $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ e a idade de cristalização (U/Pb) dos zircões detríticos das unidades estudadas, Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água. O campo em ocre refere-se aos valores ϵ_{Hf} estimados para as rochas metaplutônicas (ortognaisses) Cariris Velhos, calculados através da equação $\epsilon_{\text{Hf}} = 1.34 \cdot \epsilon_{\text{Nd}} + 2.82$, proposta por Vervoort et al. (1999).

A base dessa proposta está vinculada à presença de clastos de metapelitos e metavulcânicas deformados que, na concepção dos autores, seria evidência para deposição pós-Cariris Velhos. Somam-se a isso as relações de contato gradacional com os litotipos da Formação Santana dos Garrotes, interpretadas a partir de exposições na área-tipo de ocorrência dessa

unidade, bem como as interpretações dos padrões estruturais desenvolvidos nas duas unidades. De acordo com os autores a Sequência Serra do Olho D'Água não desenvolve a fábrica regional D1, pós-Cariris Velhos, identificada e superposta pela fábrica D2 na Formação Santana dos Garrotes. Por esses critérios essa unidade é colocada na parte superior do pacote. Todavia, nenhuma informação geocronológica direta (ou indireta) esteve disponível até o momento que pudesse ser usada para assegurar a posição estratigráfica dessa sequência.

Como alternativa indireta, mas não menos conclusiva, tem-se usado a estatística de idades U/Pb de zircões detríticos para estabelecer a idade máxima de deposição. No caso do Complexo Riacho Gravatá a idade de sedimentação está bem definida pela datação das metavulcânicas entre 996 - 964 Ma. Essa população está bem caracterizada nos zircões detríticos, bem como uma outra população expressiva com idades < 930 Ma (figura 24). O zircão mais jovem foi datado em 880 ± 8 Ma, sendo que ao menos 10% de todo o conjunto analisado se distribui em uma moda entre 930 - 880 Ma. Considerando a probabilidade de que as idades dos zircões mais jovens representem uma aproximação da época de fechamento da bacia, o conjunto de dados aqui obtidos e interpretados junto com as idades do vulcanismo, indicam mais de 100 milhões de anos para a história de sedimentação e vulcanismo na paleobacia Riacho Gravatá, entre 996 - 880 Ma. A análise global das imagens catodoluminescência mostra a prevalência de zircões detríticos ígneos com tipologias prismáticas preservadas (razões C:L e terminações bi-piramidais originais), sugerindo um caráter proximal para a fonte. Se assim for, é possível que a contribuição meso-neoproterozoica mais provável tenha sido da atividade vulcânica interna à bacia não excluindo, é claro, a participação das rochas metaplutônicas cronocorrelatas. Apesar de ainda não reconhecidas, essas fontes mais jovens são necessariamente requeridas para justificar a população detrítica identificada.

Tendo como base as similaridades mencionadas resta comparar o conjunto de dados aqui apresentados para as unidades estudadas, incluindo também dados da literatura referentes ao Grupo Cachoeirinha - especificamente a Formação Santana dos Garrotes. Essa comparação é feita para embasar a proposta aqui levantada de reposicionamento da Sequência Serra do Olho D'Água como uma unidade relacionada ao evento Cariris Velhos. Quando comparada sua assinatura isotópica com as demais unidades (figura 25), fica clara a incompatibilidade com respeito à característica principal da assinatura da Formação Santana dos Garrotes que é a distribuição massiva de idades entre c. 635 - 805 Ma. A moda toniana nessa unidade é subordinada, representando não mais que 30% dos zircões datados, enquanto na Sequência Serra do Olho D'Água nenhum zircão mais jovem que 880 Ma foi identificado nas quatro amostras analisadas. Ao contrário e como já mencionado, a equivalência é inegável com respeito à assinatura do Complexo Riacho Gravatá, apenas diferindo com respeito à contribuição também importante de fontes paleoproterozoicas.

Figura 24. Curva de densidade ilustrando a distribuição das idades U/Pb concordantes < 1200 Ma dos zircões detriticos do Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água. O campo em cinza representa o intervalo de idades (com erros individuais considerados) para as rochas metavulcânicas Cariris Velhos (dados da literatura). As idades máxima e mínima consideradas foram 996 ± 13 Ma (Guimarães et al., 2012) e 964 ± 17 Ma (Santos et al., 2010), respectivamente.

5.5 CONCLUSÕES

Como conclusões temos que:

1. As idades U/Pb em zircões detriticos do Complexo Riacho Gravatá apontam para contribuição quase única de fontes com idades stenianas - tonianas, as quais se correlacionam com o intervalo cronológico definido para o evento Cariris Velhos na Zona Transversal. Idades mais antigas, paleoproterozoicas, têm caráter subordinado.
2. O mesmo padrão de proveniência visto no Complexo Riacho Gravatá é definido para os metarenitos e metaconglomerados da Sequência Serra do Olho D'Água, com picos de frequência entre 1080 - 950 Ma. No entanto, a contribuição paleoproterozoica é mais significativa, chegando a proporções de até 50% dos zircões concordantes analisados, bem diferente dos 10% estimados nas amostras estudadas do Complexo Riacho Gravatá.
3. A correlação entre as idades U/Pb dos zircões detriticos stenianos - tonianos com as idades de formação das rochas metaplutônicas e metavulcânicas Cariris Velhos que afloram no TAP é inegável. A tipologia predominantemente prismática, não raro com terminações bi-piramidais, observada nas amostras do Complexo Riacho Gravatá sugere que a fonte seria proximal,

4.

Figura 25. Curvas de densidade de probabilidade ilustrando as populações de idades em zircões detríticos das unidades estudadas - Complexo Riacho Gravatá (RG-1, RG-5, RG-7), Sequência Serra do Olho D'Água (SOD-1, SOD-2, SOD-3, SOD-4) e Grupo Cachoeirinha (CCH-1 e mais *dados publicados em Van Schmus et al., 2011).

perfeitamente compatível com a provável paleogeografia dessas unidades em um cenário integrado de sedimentação / vulcanismo e plutonismo Cariris Velhos. A morfologia dos grãos nas amostras da Sequência Serra do Olho D'Água também parece preservar as relações originais de comprimento: largura quando comparadas com o conjunto do Complexo Riacho Gravatá, muito embora as terminações sub-arredondadas sugiram maior tempo de reciclagem durante o ciclo de sedimentação.

4. Alternativamente, é também razoável admitir que os zircões stenianos - tonianos presentes na Sequência Serra do Olho D'Água sejam reciclados do próprio Complexo Riacho Gravatá. Nesse caso, parte da assinatura de proveniência dessa sequência seria herdada de uma outra unidade metassedimentar, provavelmente depositada em algum tempo anterior à sua deposição. A fonte paleoproterozoica, no entanto, deve ser ter proveniência direta do embasamento visto a presença negligenciável nos litotipos Riacho Gravatá.
5. A composição isotópica de Hf obtida nos zircões detríticos de ambos Complexo Riacho Gravatá e Sequência Serra do Olho D'Água são, em parte, similares. A variação entre valores $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ positivos e negativos e idades t_{DMHf} variáveis sugere a participação de fontes stenianas - tonianas derivadas diretamente do manto (juvenis) e de fusão de crosta mais antiga. Até o momento, a assinatura isotópica de Nd das rochas metaígneas Cariris Velhos apontam para a participação de crosta meso- a paleoproterozoica (Stateriano - Orosiriano), conforme as idades t_{DM} publicadas na literatura, bem como de fontes mais jovens (Ecstasiano - Toniano) com componente juvenil evidente. Isso implica em admitir essas rochas como fontes potenciais para a sedimentação do Complexo Riacho Gravatá e, se descartada a alternativa descrita no item 4, também da Sequência Serra do Olho D'Água.
6. A forte correspondência entre as idades U/Pb e $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ dos zircões detríticos do Complexo Riacho Gravatá e da Sequência Serra do Olho D'Água pode ser usada como critério para propor o reposicionamento estratigráfico desta sequência também como parte da associação Cariris Velhos, e não como unidade constituinte do Grupo Cachoeirinha. O contato da Sequência Serra do Olho D'Água com os metapelitos Cachoeirinha, portanto, corresponderia a uma discordância regional retrabalhada por eventos tectônicos posteriores.
7. De acordo com o mapa geológico da CPRM, esquematicamente representado na figura 8, o granito do Carmo corta o contato da Sequência Serra do Olho D'Água com o Grupo Cachoeirinha. Isso indica que as duas unidades já estavam em contato em c. 620 Ma, à época de intrusão desse granito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accioly, A.C. 2000. Geologia, geoquímica e significado tectônico do Complexo Metanortosítico de Passira – Província Borborema – Nordeste Brasileiro. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 168p.
- Araújo, E.G., Costa G., Tercyo, R.G. 2012. Geochemistry and $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ zircon ages of granitoids from the southern portion of the Tamboril-Santa Quitéria granitic-migmatitic complex, Ceará Central Domain, Borborema Province (NE Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 33: 21-33.
- Araújo, M.N.C., Silva, F.C.A., Jardim de Sá, E.F. 2001. Pegmatitic emplacement in the Seridó Belt, northeastern Brazil: late stage kinematics of the Brasiliano orogen. *Gondwana Research*, 4: 75-85.
- Archanjo, C.J., Fetter A.H., 2004. Emplacement setting of the granite sheeted pluton of Esperança (Brasiliano orogen, Northeastern Brazil). *Precambrian Research*, 135(3): 193-215.
- Archanjo, C.J., Hollanda, M.H., Rodrigues, S.O., Brito Neves, B.B., Armstrong, R., 2008. Fabrics of pre- and syntectonic granite plutons and chronology of shear zones in the Eastern Borborema Province, NE Brazil. *Journal of Structural Geology* 30, 310-326.
- Archanjo, C.J., Launeau, P., Hollanda, M.H.B.M., Macedo, J.W.P., Liu, D. 2009. Scattering of magnetic fabrics in the Cambrian alkaline granite of Meruoca (Ceara State, northeastern Brazil). *International Journal of Earth Sciences*, 98: 1793-1807.
- Arthaud, M.H. 2007. Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 170p.
- Baumgartner, R., Romer, R.L., Moritz, R., Sallet, R., Chiaradia, M. 2006. Columbite-tantalite-bearing granitic pegmatites from the Seridó Belt, Northeastern Brazil: genetic constraints from U-Pb dating and Pb isotopes. *Canadian Mineralogist*, 44: 69-86.
- Bautista, J.R., 2012. Proveniência sedimentar de sequências neoproterozóicas ao longo do lineamento Patos (Província Borborema, NE do Brasil). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo-USP, 83p.
- Bittar, S.M.B. 1998. Faixa Pianço-Alto Brígida: terrenos tectono-estratigráficos sob regimes metamórficos e deformacionais contrastantes. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 411 p.
- Brito Neves, B.B. 1975. Regionalização Tectônica do Precambriano Nordeste. 198 p. São Paulo-SP. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p.
- Brito Neves, B.B., Campos Neto, M.C., Van Schmus, W.R., Santos, E.J. 2001. O Sistema Pajeú – Paraíba e o Maciço São José de Campestre no leste da Borborema. *Revista Brasileira Geociências*, 31: 173-184.
- Brito Neves, B.B., Passarelli, C.R., Basei, M.A.S., Santos, E.J., 2003. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. *Revista do Instituto de Geociências da USP* 3, 25-38.
- Brito Neves, B.B. & Pedreira, A.J. 2008. Diamictitos e "Cap Dolomites" Sturtianos Sobre o Grupo Jacobina - Araras, Norte de Campo Formoso – Bahia. *Revista Instituto de Geociências USP*, 8(2): 11-27.
- Brito Neves, B.B., Santos, E.J., Van Schmus, W.R. 2000. Tectonic history of the Borborema province. In: U.G.Cordani; E.J. Milani; A Thomaz Filho; D.A. Campos (eds.) *Tectonic Evolution of the South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brasil: 151-182.*

- Brito Neves, B.B., Sial, A.N., Rand, H.M., Manso, V.V. 1982. The Pernambuco-Alagoas Massif, northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 12: 240-250.
- Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Santos, E.J., Campos Neto, M.C., Kozuch, M. 1995. O evento Cariris Velhos na província Borborema: Integração de dados, implicações e perspectivas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25: 279-296.
- Brito Neves, B.B.; Van Schmus, W.R.; Kozuch, M.; Santos, E.J.; Petronilho, L. 2005. A zona tectônica Teixeira-Terra Nova – ZTTN, fundamentos da geologia regional e isotópica. *Geologia USP: Série Científica*, 5: 57-80.
- Bueno, J.F., Oliveira, E.P., McNaughton, N., Laux, J.H. 2009. U–Pb dating of granites in the Neoproterozoic Sergipano Belt, NE-Brazil: implications for the timing and duration of continental collision and extrusion tectonics in the Borborema Province. *Gondwana Research*, 15: 86–97.
- Caby, R., Arthaud, M.H. 1986. Major Precambrian nappes of the Brazilian belt, Ceará, northeast Brazil. *Geology*, 14: 871–874.
- Campos Neto, M. DA C., Bittar S.M.B, Brito Neves, B.B. 1994. Domínio Tectônico Rio Pajeú – Província Borborema: Orogêneses superpostas no ciclo Brasiliano/Pan-Africano; In: 38 Cong. Bras. Geol., Balneário de Camboriú, SC, Bol. Res. Expan., v. 1, p. 221-222.
- Campos Neto, M.C., Brito Neves, B.B., Bittar, S.M.B. 1984. Evolução Tectônica do Nordeste Meridional: Sistema Piancó-Alto Brígida; Rel. FAPESP Geociências 92/20979-5, 60p.
- Carvalho, M.J., Oliveira, E.P., Dantas, E.L., McNaughton, N. 2005. Evolução tectônica do Domínio Marancó-Poço Redondo: registro das orogêneses Cariris Velhos e Brasiliana na margem norte da Faixa Sergipana. III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, Salvador, Bahia, Anais, pp. 204-207.
- Castro, N.A. 2004. Evolução geológica proterozóica da região entre Madalena e Taparuaba, Domínio Tectônico Ceará Central (Província Borborema). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 221p.
- Corfu, F., Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O., Kinny, P. 2003. Atlas of zircon textures. In: Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O. Zircon. Review in Mineralogy and Geochemistry, 53: 426-466.
- Dantas, E.L. 1992. Evolução tectono-magmática do maciço poli-diapírico São Vicente/Floriania-RN. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista UNESP, Rio Claro, 206p.
- Dantas, E.L. 1997. Geocronologia U-Pb e Sm/Nd de Terrenos Arqueanos e Paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE do Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, 208p.
- Dantas, E.L., Souza, Z.S., Wernick, E., Hackspacher, P.C., Martin, Xiaodong, M.H., Li, J.W. 2013. Crustal growth in the 3.4–2.7 Ga São José de Campestre Massif, Borborema Province, NE Brazil. *Precambrian Research* 227, 120–156.
- Dantas, E.L., Van Schmus, W.R., Hackspacher, P.C., Fetter, A.H., Brito Neves, B.B., Cordani, U., Nutman, A.P., Williams, I.S. 2004. The 3.4 e 3.5 Ga São José do Campestre massif, NE Brazil: remnants of the oldest crust in South America. *Precambrian Research*, 130: 113-137.
- DePaolo, D.J. 1988. Neodymium Isotope Geochemistry - An Introduction. Springer, Berlin, 187p.
- DePaolo, D.J., 1981. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granite batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, California. *Journal of Geophysical Research*, 86: 10470–10488.

- Dickin A.P. 1998. Nd isotope mapping of a cryptic continental suture, Grenville Province of Ontario. *Precambrian Research* 91, 433-444.
- Faure, G., Mensing, T.M. 2005. *Isotopes Principles and Applications*, 3rd Edition, 897p.
- Fetter, A.H. 1999. U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceara State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of Gondwana. PhD thesis, Kansas University, p.
- Fetter, A.H., Saraiva dos Santos, T.J., Van Schmus, W.R., Hackspacher, P.C., Brito Neves B.B., Arthaud, M.H., Nogueira Neto, J.A., Wernick, E. 2003. Evidence for Neoproterozoic Continental Arc Magmatism in the Santa Quitéria batholith of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the Assembly of West Gondwana. *Gondwana Research*, 6: 265-273.
- Fetter, A.H., Van Schmus, W.R., Santos, T.J.S., Arthaud, M.H., Nogueira Neto, J.A. 2000. U–Pb and Sm–Nd geochronological constraints on the crustal evolution and basement architecture of Ceara State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic supercontinent Atlantica. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 102–106.
- Galindo, A.C., Silva, F.C.A., Souza, Z.S. 2012. Química Mineral de Leucomicrogranitos Neoproterozóicos do Domínio Rio Grande do Norte. *Geochimica Brasiliensis*, 26 (1): 19-28.
- Guimarães, I.P., Da Silva Filho, A.F., Almeida, C.N. 2001. Caracterização geoquímica e isotópica dos dioritos da Faixa Pajeú-Paraíba – Província Borborema, NE do Brasil. In: VI Congresso de Geoquímica dos países de Língua Portuguesa. Faro, Portugal ACTAS, pp. 81–84.
- Guimarães, I.P., Da Silva Filho, A.F., Almeida, C.N., Van Schmus, W.R., Araújo, J.M.M., Melo, S.C., Melo, E.B., 2004. Brasileiro (Pan-African) granite magmatism in the Pajeú-Paraíba belt, Northeast Brazil: an isotopic and geochronological approach. *Precambrian Res.* 135, 23e53.
- Guimarães, I.P., Silva Filho A.F., Almeida C.N., Macambira M.B., Armstrong R., 2011. U/Pb SHRIMP data constraints on calc-alkaline granitoids with 1.3-1.6 Ga Nd T_{DM} model ages from the central domain of the Borborema province, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 31, 383-396.
- Guimarães, I.P., Silva Filho, A.F. 1997. Sm/Nd and whole rock geochemistry characterization of the Serra Branca granite: Evidence of Archean crust in the Pajeú-Paraíba fold belt. In: XVII Simposio de Geologia do Nordeste, Fortaleza, CE, Brazil, vol. 15, 280–281.
- Guimarães, I.P., Van Schmus W.R., Brito Neves, B.B., Bittar, S.M.B., Silva Filho A.F., Armstrong, R. 2012. U–Pb zircon ages of orthogneisses and supracrustal rocks of the Cariris Velhos belt: Onset of Neoproterozoic rifting in the Borborema Province, NE Brazil. *Precambrian Research* 192–195, 52 – 77.
- Haley, S.L., Kelly, N.W., Moller, A. 2007. Zircon behaviour and the thermal histories of mountain chains. *Elements*: 3: 25-30.
- Hollanda, M.H.B.M., Archanjo, C.J., Souza, L.C., Armstrong, R., Vasconcelos, P.M. 2010. Cambrian mafic to felsic magmatism and its connections with transcurrent shear zones of the Borborema Province (NE Brazil): Implications for the late assembly of the West Gondwana. *Precambrian Research*, 178: 1-14.
- Hollanda, M.H.B.M., Archanjo, C.J., Souza, L.C., Dunyi, L., Armstrong, R. 2011. Long-lived Paleoproterozoic granitic magmatismo in the Sérindo-Jaguaribe domain, Borborema Province-NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 32: 287-300.

- Hollanda, M.H.B.M., Mejia, C.P., Archanjo, C.J., Armstrong, R. 2009. Geologia e Caracterização Química do Magmatismo Peralcalino Ultrapotássico do Enxame de Diques Manaíra-Princesa Isabel, Província Borborema. *Revista do Instituto de Geociências-USP*, 9(3): 13-46.
- Hollanda, M.H.B.M., Pimentel, M.M., Jardim de Sá, E.F. 2003. Paleoproterozoic subduction-related metasomatic signatures in the lithospheric mantle beneath NE Brazil: inferences from trace element and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of Neoproterozoic high-K igneous rocks. *Journal of South American Earth Sciences*, 15: 885-900.
- Jackson, M. 1991. Anisotropy of magnetic remanence: a brief review of mineralogical sources, physical origins and geological applications, and comparison with susceptibility anisotropy. *Pageoph.*, 136: 1-28.
- Jardim de Sá E.F., Macedo M.H.F., Fuck R.A., Kawashita K. 1992 Terrenos proterozóicos na província Borborema e a margem norte do Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*, 22(4): 472-480.
- Jardim de Sá, E. F., 1994. A Faixa Seridó (Província Borborema, Nordeste do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileiro/Pan Africana. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, 804 p.
- Jardim de Sá, E.F.; Calheiros, M.E.V., 1981. Estruturas em nível profundo e o retrabalhamento do embasamento na Faixa Alagoana (região de Palmeira dos Índios). In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 10. Recife, 1981. Afas...Recife, SBG. P. 351-360.
- Kinny, P.D., Maas, R. 2003. Lu-Hf and Sm-Nd isotope systems in zircon. In: HANCHAR JM AND HOSKIN PWO (Eds), *Zircon*, The Geological Society of America (GSA), Washington, USA, p. 327-341.
- Kozuch, M., 2003. Isotope and trace element geochemistry of early Neoproterozoic gneissic and metavolcanic rocks in the Cariris Velhos orogen of the Borborema Province, Brazil, and their bearing on tectonic setting. *PhD Thesis*, University of Kansas, 199 pp.
- Long, L.E., Castellana, C.H., Sial, A.N. 2005. Age, origin and cooling history of the Coronel João Sá Pluton, Bahia, Brazil. *Journal of Petrology*, 46: 255-273.
- Martins, G., Oliveira, E.P., Lafon, J.M. 2009., The Algodões amphibolite-tonalite gneiss sequence, Borborema Province, NE Brazil: geochemical and geochronological evidence for Palaeoproterozoic accretion of oceanic plateau/back-arc basalts and adakitic plutons. *Gondwana Research* 15, 71-85.
- Martins, G., Oliveira, E.P., Sousa Filho, C.R., Lafon, J.M. 1998. Geochemistry and geochronology of the algodões sequence, Ceará, NE Brazil: a paleo-proterozoic magmatic arc in the Central Ceará domain of the Borborema Province? In: *Congresso Brasileiro de Geologia 40, anais. Sociedade Brasileira de Geologia*, p28.
- Medeiros, V. & Jardim de Sá., 2009. O Grupo Cachoeirinha (Zona Transversal, NE do Brasil) redefinição e proposta de formalização. *Revista de Geologia*, Vol. 22, nº 2, 124-136.
- Medeiros, V., Galindo A.C., Nascimento M.A., Freire, A.G. 2007. Geologia, petrografia e idade do Batólito de Catolé do Rocha (RN-PB), porção W do Domínio Rio Grande do Norte da Província Borborema. *Revista de Geologia*, 20: 219-230.
- Medeiros, V.C., 2004. Evolução Geodinâmica dos Terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brazil, 198pp.
- Melo, O.O., 1998. Petrologia e geoquímica das rochas gabro-anortosíticas e mineralizações de Fe e Ti associadas, de Barro Vermelho-Custódia-PE, Nordeste do Brasil. *PhD Thesis*, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 216p.

- Nascimento, M.A.L., Antunes, A.F., Galindo, A.C., Jardim de Sá, E.F., Souza, Z.S. 2000. Geochemical signature of the Brasiliano-age plutonism in the Seridó belt, Northeastern Borborema Province (NE Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 161-164.
- Nascimento, R.S.C., 1996. Mapeamento Geológico de uma área a Sul de Patos (PB). Relatório de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 56pp.
- Nasdala, L., Zhang, M., Kempe, U., Panezer, G., Gaft, M., Andrut, M., Plotze, M., 2003. Spectroscopic Methods Applied to Zircon. *In*: Hanchar, J.M., Hoskin, P.W.O. *Zircon. Review in Mineralogy and Geochemistry*, 53: 426-466.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Silva, J.M.R., Bosch, D., Alcantara, V.C., Lima, C.M., 2009. The age distributions of detrital zircons in metasedimentary sequences in eastern Borborema Province (NE Brazil): evidence for intracontinental sedimentation and orogenesis? *Precambrian Research*, 175: 187–205.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Vauchez, A., Bosch, D., Da Silva, J.M.R., Mariano, G., 2006. Timing of crust formation, deposition of supracrustal sequences, and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in the East Pernambuco belt (Borborema Province, NE Brazil): implications for western Gondwana assembly. *Precambrian Research*, 149: 197–216.
- Neves, S.P., Melo, S.C., Moura, C.A.V., Mariano, G., Silva, J.M.R., 2004. Zircon Pb–Pb geochronology of the Caruaru area, northeastern Brazil: temporal constraints on the Proterozoic evolution of Borborema Province. *International Geology Review*, 46: 52–63.
- Nogueira Neto, J.A., Marques Jr., F., Neri, T.F.O., Pedreira, L.H.S.T., 1989. Contribuição à geologia do município de Chaval (CE). Atas do XIII Simposio de Geologia do NE. Fortaleza, SBG, 11: 27–28.
- Oliveira, E.P., Toteu, S.F., Araújo, M.N.C., Carvalho, M.J., Nascimento, R.S., Bueno, J.F., McNaughton, N., Basile, G., 2006. Geologic correlation between the Neoproterozoic Sergipano belt (NE Brazil) and the Yaoundé schist belt (Cameroon, Africa). *Journal of African Earth Sciences*, 44: 470–478.
- Oliveira, E.P., Windley, B., Araújo, M.N.C., 2010. The Neoproterozoic Sergipano orogenic belt, NE Brazil: a complete plate tectonic cycle in western Gondwana. *Precambrian Research*, 181: 64–84.
- Parente, C.V. & Arthaud, M. 1995. O Sistema Orós-Jaguaribe no Ceará, NE do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 25, 297-306.
- Petronilho, L.A., 2009. Método Sm-Nd no CPGeo-IGC-USP: Procedimentos Analíticos Atualmente em Rotina. Simpósio 45 anos de Geocronologia no Brasil, boletim de Resumos Expandidos.
- Prado, F. da S., Oliveira, A.A. de Leite, E.A., Gomes, F.E.M., Colares, J.Q. dos S., 1980. Projeto Lavras da Mangabeira: Mapa geológico integrado. Escala 1:200.000. Fortaleza, DNPM/CPRM, 2 vol.
- Sá, J.M. 1991. Évolution géodynamique de la ceinture proterozoïque d'Orós, Nord-est Brésil. *Faculté de Sciences de l'Université de Nancy, Nancy. Tese de Doutorado*, 177 pp.
- Sá, J.M., Bertrand, J.M., Leterrier, J., Macedo, M.H.F., 2002. Geochemistry and geochronology of pre-Brasiliano rocks from the Transversal Zone, Borborema Province, Northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 851–866.
- Sá, J.M., McReath, I., Leterrier, J., 1995. Petrology, geochemistry, and geodynamic setting of Proterozoic igneous suites of the Orós fold belt (Borborema Province, Northeast Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 8: 299-314.

- Sales, A.O., Santos, E.J., Lima, E.S., Santos, L.C.M., 2011. Evolução Petrogenética e Tectônica do Evento Cariris Velhos na Região de Afogados da Ingazeira (PE), Terreno Alto Pajeú, Província Borborema. *Revista do Instituto de Geociências*, 11: 101-121.
- Santos, T.J.S., Fetter, A.H., Nogueira Neto, J.A., 2008. Comparisons between the northwestern Borborema Province, NE Brazil, and the southwestern Pan-African Dahomey Belt, SW Central Africa. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., De Wit, M.J., (eds) *West Gondwana: pre-Cenozoic correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society, London, special Publication, 294: 101-109.
- Santos E.J., & Medeiros, V.C. 1998. New insights on Grenville-age and Brasiliano granitic plutonism of the Zona Transversal, Borborema Province, NE Brazil. In: *Cong. Latino-Amer. Geol.*, 10., 1998, Buenos Aires. *Actas...* Buenos Aires: ASGMIA, 2: 427-432.
- Santos E.J., 1971. Síntese da geologia do pré-cambriano da Folha Arcoverde-Nordeste do Brasil. Recife, SUDENE, 33p.
- Santos, E. J.; Brito Neves, B. B.; Van Schmus, W. R. 1995. O complexo granítico Lagoa das Pedras: Acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema. In: *SIMP. GEOL. NORDESTE.16*. Recife, Atas Recife, SBG, Núcleo Nordeste, 14: 401-406.
- Santos, E.J. 1995. O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta (Pernambuco), Província Borborema. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado, 219p.
- Santos, E.J. 1996. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrecionária na Província Borborema. In: SBG, *Simpósio de Geologia do Nordeste*, 39, Anais: 47-50.
- Santos, E.J., Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Dantas, E.L., 2008. Suíte Serrote das Pedras Pretas: provável crosta oceânica Cariris Velhos do terreno alto Pajeú. Província Borborema. *XLIV Congresso Brasileiro de Geologia, Boletim de Resumos*, p. 37.
- Santos, E.J., Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Nutman, A.P., 2002. Calibração de eventos na Subprovíncia Transversal, Província Borborema: um ensaio. In: *XLI Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, João Pessoa (PB), p. 335.
- Santos, E.J., Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Oliveira, R.G., Medeiros, V.C., 2000. An overall view on the displaced terrane arrangement of the Borborema Province, NE-Brazil. In: *31st International Geological Congress, 2000, Rio de Janeiro. Proceedings*, in CD-Rom.
- Santos, E.J., Gusmão, R., Paiva, I.P., 1997. Terrenos no Domínio Transversal da Província Borborema: controles sobre acreção e retrabalhamento crustais ao sul do lineamento Patos, vol. 15. *XVII Simposio de Geologia do Nordeste, SBG-NE, Fortaleza*, 141-144. (in Portuguese).
- Santos, E.J., Nutman, A.P., Brito Neves, B.B., 2004. Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da zona transversal, Província Borborema. *Geologia USP: Série Científica*, 4: 1-12.
- Santos, E.J., Van Schmus, W.R., Kozuch, M., Brito Neves, B.B., 2010. The Cariris Velhos tectonic event in northeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 29: 61-76.
- Santos, E.J.; & Medeiros, V.C. 1999. Constraints from granitic plutonism on proterozoic crustal growth of the Transverse Zone, Borborema Province, NE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 29: 73-84.
- Santos, R.A., Martins, A.A.M., Neves, J.P., Leal, R.A., 1998. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe. CPRM/Codise, 107.

ANEXOS

Anexo 1. Pranchas com fotos de campo.

Prancha 1. Aspecto de campo de afloramentos do Complexo Riacho Gravatá onde foram coletadas as amostras estudadas.

RG-1. Afloramento em corte da rodovia PB-306, no trecho entre as cidades de Água Branca e Juru (PB). Consiste em um muscovita-biotita xisto feldspático, provavelmente uma metagrauvaca, com foliação N-S, vertical.

RG-2. Afloramento em corte da rodovia PB-306, no trecho entre as cidades de Manaíra e Santana de Mangueira (PB). Consiste em uma sequência de metapelitos com metavolcânicas intercaladas (não visível na foto), com foliação N54E/42NW. A amostra foi coletada do pacote de metapelitos, mas não houve recuperação de zircões, tendo sido analisada somente para Sm/Nd.

RG-5. Afloramento em corte da rodovia BR-262, no trecho entre as cidade de Teixeira e São José do Bonfim (PB). Consiste em um metaritimito com alternância de níveis pelíticos e psamíticos. A amostra foi coletada de um nível psamítico contém microclastos de quartzo.

RG-7. Afloramento na estrada que liga as cidades de São José do Bonfim e mãe d'Água (PB), consistindo em um filito com discreta crenulação. Corresponde, regionalmente, aos metapelitos que bordejam a Serra do Teixeira.

Prancha 2. Aspecto de campo de afloramentos da Sequência Serra do Olho D'Água onde foram coletadas as amostras estudadas.

SOD-1. Afloramento em corte da rodovia PB-306, no trecho entre as cidades de Manaíra e Santana de Mangueira (PB). Consiste em um metarenito, bem estratificado, com direção EW/40S.

SOD-2. Afloramento em corte da rodovia PB-361, no trecho entre as cidades de São José de Belmonte e Conceição (PB). Consiste em uma sequência de metasilts e metarenitos finos, arranjados em camadas contínuas com espessuras milimétricas a centimétricas.

SOD-4. Afloramento na localidade conhecida como Poço dos Cachorros (PB). Consiste em um metaconglomerado polimítico, com matriz metapelítica e clastos com dimensões variadas de metavulcânicas, quartzitos, dentre outros tipos descritos na literatura. A análise da tipologia dos clastos não foi objeto dessa dissertação, mas o afloramento corresponde, em termos de sua localização, à área-tipo da Sequência Serra do Olho D'Água descrita por Medeiros e Jardim de Sá (2009).

SOD-4. Detalhe do afloramento mostrando clasto sub-arredondado do que parece ser uma metavulcânica félsica a intermediária.

Prancha 3. Aspecto de campo de afloramentos do Grupo Cachoeirinha onde foram coletadas as amostras estudadas.

CCH-1. Afloramento em corte de estrada no trecho entre Poço dos Cachorros e Curral Velho (PB). Consiste em um metaritmuito com foliação de baixo ângulo, intrudido por um sheet sub-concordante de rocha félsica cuja idade (determinada neste estudo) é paleoproterozoica (ver item 4.3.3.1 para comentários).

CCH-2. Afloramento em corte de estrada (PB-306) entre Poço dos Cachorros e Santana de Mangueira (PB). Consiste em um metaritmuito com camadas centimétricas de material metapsamítico/metapelítico). A localização do afloramento não consta na figura 8, mas as coordenadas estão listadas na tabela 1.

CCH-3. Afloramento em corte de estrada (PB-306) entre Poço dos Cachorros e Santana de Mangueira (PB). Consiste em um metaritmuito semelhante ao ponto CCH-2, com foliação subhorizontal. A localização do afloramento não consta na figura 8, mas as coordenadas estão listadas na tabela 1

CCH-4. Afloramento em corte de estrada (PB-302) no sentido Santana de Mangueira - Ibiara (PB), próximo ao trevo Ibiara/Piancó. Consiste em um micaxisto com foliação sub-horizontal, onde destaca-se nível arenoso de espessura métrica, de onde foi coletada a amostra. A localização do afloramento não consta na figura 8, mas as coordenadas estão listadas na tabela 1.

Anexo 2. Resultados U/Pb em zircões (MC)-LA-ICPMS para os zircões detríticos do Complexo Riacho Gravatá e da Sequência Serra Olho D'Água.

Notas: As letras C = Centro; B = Borda. Não implicam em origem ígneo ou metamorfica.

Amostra RG - 1

		Razões						Idades											
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
2.1	B	1.719	0.059	0.172	0.003	0.107	101.10	1021 $\pm$ 15		1015 $\pm$ 22		1003 $\pm$ 68		952 $\pm$ 45		34	140	135	1.0367
3.1	C	1.759	0.049	0.175	0.003	0.868	101.60	1038 $\pm$ 14		1030 $\pm$ 18		1013 $\pm$ 38		991 $\pm$ 35		53	294	188	1.5673
4.1	B	1.741	0.068	0.176	0.003	0.669	104.00	1043 $\pm$ 17		1024 $\pm$ 25		981 $\pm$ 55		1022 $\pm$ 63		22	66	93	0.7030
5.1	B	1.621	0.035	0.162	0.002	0.983	98.25	970 $\pm$ 12		978 $\pm$ 14		996 $\pm$ 34		878 $\pm$ 29		150	1063	528	2.0133
6.1	B	1.689	0.037	0.170	0.002	0.986	101.10	1009 $\pm$ 13		1004 $\pm$ 14		992 $\pm$ 44		1016 $\pm$ 30		98	383	457	0.8380
8.1	B	1.543	0.085	0.161	0.003	0.565	102.65	959 $\pm$ 18		947 $\pm$ 34		920 $\pm$ 87		963 $\pm$ 99		14	38	62	0.6163
9.1	B	1.675	0.056	0.168	0.003	0.990	100.50	1001 $\pm$ 15		999 $\pm$ 21		994 $\pm$ 68		1081 $\pm$ 52		32	194	160	1.2107
10.1	B	1.674	0.056	0.169	0.003	0.783	101.65	1006 $\pm$ 15		998 $\pm$ 21		981 $\pm$ 44		923 $\pm$ 56		29	80	130	0.6125
11.1	B	1.680	0.056	0.168	0.003	0.846	100.45	1003 $\pm$ 15		1000 $\pm$ 20		996 $\pm$ 48		989 $\pm$ 42		30	116	116	1.0037
12.1	B	1.659	0.074	0.170	0.003	0.781	104.25	1012 $\pm$ 17		993 $\pm$ 28		949 $\pm$ 82		991 $\pm$ 52		17	78	60	1.2920
13.1	B	1.855	0.043	0.183	0.003	0.966	103.55	1083 $\pm$ 14		1065 $\pm$ 15		1027 $\pm$ 32		1136 $\pm$ 33		69	322	268	1.1993
14.1	B	1.686	0.039	0.168	0.002	0.955	99.50	1000 $\pm$ 11		1003 $\pm$ 15		1000 $\pm$ 11		941 $\pm$ 14		110	666	376	1.7724
15.1	B	1.841	0.045	0.183	0.002	0.884	104.05	1081 $\pm$ 12		1060 $\pm$ 16		1081 $\pm$ 12		1117 $\pm$ 26		63	151	269	0.5601
16.1	C	1.708	0.048	0.169	0.002	0.566	99.40	1008 $\pm$ 13		1011 $\pm$ 18		1008 $\pm$ 13		981 $\pm$ 16		39	141	162	0.8705
17.1	B	1.710	0.041	0.168	0.002	0.589	98.15	1003 $\pm$ 12		1012 $\pm$ 15		1003 $\pm$ 12		1019 $\pm$ 50		49	-4	250	-0.0178
18.1	B	1.621	0.038	0.161	0.002	0.989	96.90	964 $\pm$ 10		978 $\pm$ 15		964 $\pm$ 01		940 $\pm$ 18		58	231	230	1.0038
19.1	B	1.702	0.046	0.169	0.002	0.568	98.95	1004 $\pm$ 12		1009 $\pm$ 17		1004 $\pm$ 12		1009 $\pm$ 28		37	106	159	0.6710
20.1	B	1.693	0.038	0.167	0.002	0.972	98.10	996 $\pm$ 11		1005 $\pm$ 14		996 $\pm$ 11		978 $\pm$ 12		90	442	343	1.2860
21.1	B	1.825	0.068	0.179	0.003	0.521	101.60	1062 $\pm$ 16		1054 $\pm$ 25		1062 $\pm$ 16		1114 $\pm$ 41		13	49	48	1.0223
22.1	C	1.602	0.070	0.161	0.003	0.723	98.50	964 $\pm$ 16		971 $\pm$ 27		964 $\pm$ 16		1007 $\pm$ 45		13	46	50	0.9102
23.1	B	1.698	0.041	0.170	0.002	0.972	101.30	1014 $\pm$ 11		1007 $\pm$ 16		1014 $\pm$ 11		987 $\pm$ 27		47	90	206	0.4359
24.1	B	1.647	0.054	0.164	0.003	0.593	98.15	979 $\pm$ 13		988 $\pm$ 20		979 $\pm$ 13		970 $\pm$ 34		23	76	102	0.7448

Continua...

Amostra RG - 1

		Razões						Idades											
Spot	Local	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	rho(ρ)	conc.	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
25.1	B	1.574	0.053	0.159	0.003	0.703	98.35	952 ± 13		960 ± 21		952 ± 13		757 ± 25		20	95	88	1.0750
26.1	B	1.759	0.039	0.178	0.002	0.980	105.00	1055 ± 11		1030 ± 15		1055 ± 11		887 ± 12		128	794	454	1.7480
27.1	B	1.608	0.046	0.158	0.003	0.731	94.45	947 ± 14		973 ± 17		1031 ± 07		1054 ± 87		37	288	152	1.8997
28.1	B	1.632	0.028	0.164	0.002	0.999	98.80	977 ± 09		982 ± 12		995 ± 61		1322 ± 109		68	216	210	1.0277
29.1	B	1.830	0.043	0.176	0.003	0.874	97.40	1043 ± 13		1056 ± 15		1084 ± 57		1841 ± 124		45	174	172	1.0130
31.1	B	1.629	0.028	0.162	0.002	0.997	96.40	964 ± 09		981 ± 12		1018 ± 48		922 ± 52		80	237	280	0.8456
33.1	B	1.504	0.034	0.153	0.002	0.990	96.25	915 ± 11		932 ± 13		970 ± 36		1243 ± 107		125	508	478	1.0626
34.1	B	1.643	0.048	0.170	0.003	0.664	105.35	1011 ± 15		986 ± 18		932 ± 06		1412 ± 135		30	111	121	0.9160
35.1	B	1.665	0.041	0.168	0.002	0.577	100.65	998 ± 13		995 ± 15		987 ± 39		1771 ± 113		82	573	255	2.2438
36.1	B	1.636	0.047	0.166	0.003	0.510	100.70	987 ± 14		984 ± 17		976 ± 52		1561 ± 141		29	90	125	0.7204
37.1	B	1.709	0.037	0.172	0.002	0.696	101.70	1020 ± 12		1011 ± 13		993 ± 28		1501 ± 119		79	263	321	0.8208
38.1	B	1.657	0.041	0.168	0.002	0.154	101.40	998 ± 13		992 ± 15		977 ± 61		1259 ± 116		85	570	288	1.9831
39.1	B	1.708	0.039	0.172	0.002	0.726	102.55	1024 ± 12		1011 ± 14		984 ± 32		1399 ± 118		64	221	260	0.8512
41.1	B	2.437	0.048	0.215	0.003	0.998	100.60	1257 ± 15		1253 ± 15		1246 ± 117		1499 ± 55		58	137	167	0.8165
42.1	C	1.672	0.040	0.167	0.003	0.948	99.80	997 ± 13		997 ± 14		999 ± 38		1084 ± 42		93	471	361	1.3041
43.1	B	1.748	0.062	0.175	0.003	0.923	102.95	1041 ± 17		1026 ± 23		995 ± 48		1210 ± 63		23	114	94	1.2198
44.1	B	1.678	0.061	0.168	0.003	0.803	100.55	1002 ± 17		1000 ± 23		994 ± 99		1284 ± 56		32	169	119	1.4151
45.1	B	1.739	0.065	0.173	0.003	0.883	100.60	1026 ± 18		1023 ± 23		1016 ± 72		1464 ± 74		27	102	96	1.0562
46.1	B	1.746	0.041	0.173	0.003	0.960	100.30	1027 ± 14		1025 ± 15		1022 ± 15		1453 ± 52		72	274	302	0.9079
47.1	C	1.822	0.047	0.181	0.003	0.842	103.55	1071 ± 15		1053 ± 16		1015 ± 40		1632 ± 54		63	293	228	1.2858
48.1	B	1.708	0.043	0.171	0.003	0.690	100.80	1015 ± 14		1011 ± 16		1003 ± 38		1237 ± 49		70	421	261	1.6104
49.1	B	1.689	0.080	0.169	0.004	0.889	100.05	1004 ± 20		1004 ± 30		1003 ± 111		1412 ± 79		16	82	62	1.3084
51.1	C	1.626	0.032	0.162	0.002	0.987	97.35	968 ± 12		980 ± 12		1008 ± 19		1225 ± 38		148	707	611	1.1576
52.1	B	1.726	0.045	0.175	0.003	0.946	104.05	1038 ± 14		1018 ± 16		975 ± 48		1418 ± 58		116	670	425	1.5756
53.1	B	1.687	0.039	0.168	0.002	0.987	99.30	1000 ± 12		1003 ± 14		1011 ± 44		1219 ± 167		62	83	248	0.3342
55.1	B	1.647	0.047	0.164	0.003	0.889	97.65	977 ± 14		988 ± 17		1013 ± 164		1621 ± 230		62	284	272	1.0430
56.1	B	1.523	0.031	0.152	0.002	0.962	93.70	912 ± 10		939 ± 12		1004 ± 03		1511 ± 219		130	492	615	0.8001
57.1	B	1.710	0.074	0.170	0.004	0.885	99.95	1011 ± 19		1012 ± 28		1013 ± 11		1936 ± 313		16	54	70	0.7729
59.1	B	1.655	0.046	0.167	0.003	0.969	101.25	997 ± 14		991 ± 17		978 ± 47		2160 ± 235		42	232	151	1.5354
60.1	B	1.852	0.058	0.182	0.003	0.899	102.60	1077 ± 16		1064 ± 21		1036 ± 45		2385 ± 289		36	150	127	1.1853
61.1	B	1.788	0.059	0.178	0.003	0.967	103.10	1056 ± 16		1041 ± 21		1008 ± 79		1421 ± 281		16	2	61	0.0403

Amostra RG - 5

		Razões						Idades											
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
1.1	B	1.588	0.103	0.159	0.001	0.647	96.65	950 $\pm$ 15		965 $\pm$ 39		1000 $\pm$ 123		917 $\pm$ 101		15	44	80	0.5543
3.1	B	1.528	0.086	0.157	0.001	0.436	99.40	939 $\pm$ 14		941 $\pm$ 34		947 $\pm$ 119		1022 $\pm$ 82		17	73	86	0.8450
5.1	B	1.630	0.072	0.166	0.001	0.126	101.90	990 $\pm$ 12		981 $\pm$ 27		962 $\pm$ 59		1206 $\pm$ 60		29	110	141	0.7789
6.1	B	1.610	0.079	0.161	0.001	0.282	97.25	961 $\pm$ 13		973 $\pm$ 30		1002 $\pm$ 74		1156 $\pm$ 72		23	70	117	0.5943
7.1	B	1.851	0.103	0.182	0.001	0.129	102.20	1075 $\pm$ 16		1063 $\pm$ 36		1040 $\pm$ 119		1226 $\pm$ 95		14	36	63	0.5740
8.1	B	1.780	0.053	0.172	0.001	0.648	97.00	1023 $\pm$ 10		1038 $\pm$ 19		1070 $\pm$ 43		1214 $\pm$ 58		59	147	293	0.5014
10.1	B	1.611	0.063	0.162	0.001	0.134	98.10	965 $\pm$ 11		974 $\pm$ 25		994 $\pm$ 77		1224 $\pm$ 66		34	99	176	0.5598
12.1	C	1.937	0.068	0.190	0.001	0.499	104.70	1119 $\pm$ 12		1094 $\pm$ 23		1042 $\pm$ 63		1128 $\pm$ 73		53	123	237	0.5166
13.1	B	1.592	0.050	0.159	0.001	0.557	96.35	950 $\pm$ 10		967 $\pm$ 19		1005 $\pm$ 50		1067 $\pm$ 51		52	169	259	0.6527
14.1	C	1.872	0.083	0.180	0.001	0.512	99.35	1067 $\pm$ 14		1071 $\pm$ 28		1078 $\pm$ 89		1323 $\pm$ 67		24	77	108	0.7098
15.1	B	4.515	0.158	0.307	0.002	0.354	99.20	1725 $\pm$ 02		1733 $\pm$ 28		1744 $\pm$ 50		1872 $\pm$ 139		29	29	80	0.3600
16.1	B	13.208	0.035	0.511	0.003	0.756	98.35	2662 $\pm$ 27		2662 $\pm$ 27		2719 $\pm$ 20		2719 $\pm$ 20		48	43	70	0.6131
17.1	B	12.374	0.033	0.500	0.003	0.792	99.00	2613 $\pm$ 27		2613 $\pm$ 27		2648 $\pm$ 24		2648 $\pm$ 24		43	25	69	0.3641
18.1	B	1.607	0.066	0.165	0.001	0.465	102.30	983 $\pm$ 12		972 $\pm$ 25		949 $\pm$ 57		1175 $\pm$ 51		27	100	133	0.7487
19.1	B	1.748	0.068	0.172	0.001	0.197	99.20	1022 $\pm$ 12		1026 $\pm$ 25		1034 $\pm$ 58		1280 $\pm$ 58		38	100	182	0.5489
20.1	B	1.774	0.058	0.175	0.001	0.670	100.95	1040 $\pm$ 11		1036 $\pm$ 21		1026 $\pm$ 53		1207 $\pm$ 41		53	170	239	0.7137
21.1	B	1.674	0.083	0.167	0.001	0.208	99.20	995 $\pm$ 13		998 $\pm$ 30		1006 $\pm$ 66		1228 $\pm$ 47		25	122	110	1.1127
22.1	B	1.714	0.068	0.167	0.001	0.368	95.95	994 $\pm$ 12		1013 $\pm$ 25		1056 $\pm$ 68		925 $\pm$ 41		56	235	265	0.8894
23.1	B	1.643	0.045	0.164	0.001	0.889	98.75	981 $\pm$ 09		986 $\pm$ 17		999 $\pm$ 26		1223 $\pm$ 37		98	255	493	0.5178
24.1	B	1.594	0.049	0.162	0.001	0.596	100.15	968 $\pm$ 09		967 $\pm$ 19		966 $\pm$ 39		1098 $\pm$ 34		75	348	348	0.9995
25.1	B	1.562	0.039	0.158	0.001	0.520	98.20	947 $\pm$ 08		955 $\pm$ 15		974 $\pm$ 24		1235 $\pm$ 31		125	340	647	0.5259
26.1	B	1.612	0.075	0.161	0.001	0.269	97.45	963 $\pm$ 13		975 $\pm$ 28		1001 $\pm$ 84		1246 $\pm$ 54		29	113	146	0.7742
27.1	B	1.741	0.048	0.172	0.001	0.927	99.95	1023 $\pm$ 09		1023 $\pm$ 17		1024 $\pm$ 21		1061 $\pm$ 40		120	164	621	0.2650
29.1	B	1.498	0.045	0.154	0.001	0.793	98.20	921 $\pm$ 09		929 $\pm$ 17		947 $\pm$ 81		836 $\pm$ 31		99	453	485	0.9349
30.1	B	1.740	0.066	0.170	0.001	0.669	97.55	1011 $\pm$ 12		1023 $\pm$ 24		1049 $\pm$ 71		1168 $\pm$ 45		18	54	83	0.6566
32.1	B	1.615	0.074	0.163	0.001	0.418	96.85	891 $\pm$ 08		976 $\pm$ 30		936 $\pm$ 36		932 $\pm$ 69		24	54	119	0.4544
33.1	B	1.591	0.064	0.164	0.001	0.290	99.15	972 $\pm$ 14		966 $\pm$ 24		985 $\pm$ 165		1183 $\pm$ 48		28	91	129	0.7022
34.1	B	1.736	0.111	0.176	0.002	0.536	102.35	977 $\pm$ 12		1021 $\pm$ 40		942 $\pm$ 77		993 $\pm$ 122		14	17	70	0.2444

Continua...

Amostra RG - 5

		Razões						Idades											
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
35.1	B	1.903	0.106	0.183	0.001	0.661	100.20	1083 $\pm$ 18		1082 $\pm$ 36		1079 $\pm$ 166		952 $\pm$ 107		9	12	43	0.2822
36.1	B	1.617	0.129	0.166	0.002	0.343	103.05	990 $\pm$ 21		976 $\pm$ 48		945 $\pm$ 274		956 $\pm$ 110		10	29	51	0.5760
37.1	B	1.630	0.069	0.165	0.002	0.949	100.80	985 $\pm$ 13		981 $\pm$ 27		973 $\pm$ 112		772 $\pm$ 43		30	133	160	0.8315
38.1	B	1.602	0.055	0.162	0.001	0.337	99.80	970 $\pm$ 11		970 $\pm$ 21		972 $\pm$ 49		884 $\pm$ 39		43	142	208	0.6822
39.1	B	1.627	0.060	0.163	0.001	0.212	98.60	972 $\pm$ 11		980 $\pm$ 23		997 $\pm$ 66		1155 $\pm$ 47		36	108	170	0.6366
40.1	B	1.653	0.082	0.165	0.001	0.241	98.95	985 $\pm$ 13		990 $\pm$ 31		1001 $\pm$ 91		1017 $\pm$ 48		21	66	104	0.6342
41.1	B	1.704	0.056	0.169	0.001	0.671	98.80	1004 $\pm$ 10		1010 $\pm$ 21		1022 $\pm$ 28		910 $\pm$ 18		61	259	285	0.9097
42.1	B	1.581	0.051	0.159	0.001	0.638	97.05	949 $\pm$ 10		962 $\pm$ 20		993 $\pm$ 38		1001 $\pm$ 30		41	89	220	0.4055
42.2	B	1.513	0.040	0.154	0.001	0.494	97.30	924 $\pm$ 08		935 $\pm$ 16		963 $\pm$ 17		884 $\pm$ 16		132	335	729	0.4599
43.1	B	1.955	0.078	0.186	0.001	0.529	99.60	1097 $\pm$ 13		1100 $\pm$ 26		1104 $\pm$ 69		1149 $\pm$ 42		38	91	166	0.5508
44.1	C	1.891	0.056	0.180	0.001	0.706	97.45	1064 $\pm$ 01		1077 $\pm$ 19		1105 $\pm$ 40		1068 $\pm$ 18		100	535	378	1.4157
45.1	B	1.597	0.070	0.160	0.001	0.097	97.45	957 $\pm$ 12		968 $\pm$ 27		995 $\pm$ 67		948 $\pm$ 36		30	100	152	0.6536
46.1	B	1.657	0.079	0.163	0.001	0.630	96.25	974 $\pm$ 13		992 $\pm$ 30		1031 $\pm$ 121		1052 $\pm$ 50		21	57	105	0.5449
48.1	C	13.764	0.038	0.529	0.003	0.720	100.10	2735 $\pm$ 27		2733 $\pm$ 25		2732 $\pm$ 12		2748 $\pm$ 81		54	41	79	0.5217
48.2	B	13.964	0.363	0.533	0.003	0.937	100.30	2752 $\pm$ 25		2747 $\pm$ 24		2743 $\pm$ 11		2816 $\pm$ 58		72	66	107	0.6178
49.1	B	1.708	0.050	0.169	0.001	0.941	98.50	1004 $\pm$ 10		1011 $\pm$ 18		1027 $\pm$ 33		1017 $\pm$ 24		111	234	581	0.4029
50.1	B	1.711	0.057	0.168	0.001	0.242	97.45	1000 $\pm$ 10		1012 $\pm$ 21		1039 $\pm$ 51		941 $\pm$ 23		60	201	285	0.7057
51.1	B	3.858	0.102	0.284	0.002	0.974	100.55	1610 $\pm$ 14		1605 $\pm$ 21		1597 $\pm$ 21		2263 $\pm$ 42		147	189	456	0.416
52.1	C	5.429	0.146	0.341	0.001	0.958	100.30	1892 $\pm$ 16		1889 $\pm$ 22		1885 $\pm$ 16		2457 $\pm$ 48		129	159	310	0.512
52.2	B	1.572	0.048	0.158	0.001	0.131	97.05	945 $\pm$ 09		959 $\pm$ 18		989 $\pm$ 56		1371 $\pm$ 21		85	324	420	0.771
53.1	B	1.917	0.079	0.186	0.001	0.599	102.55	1100 $\pm$ 12		1086 $\pm$ 27		1059 $\pm$ 59		1611 $\pm$ 34		35	131	141	0.932
54.1	C	1.666	0.076	0.169	0.001	0.640	102.40	1006 $\pm$ 12		995 $\pm$ 28		970 $\pm$ 62		1284 $\pm$ 41		28	104	128	0.814
55.1	B	1.983	0.082	0.188	0.001	0.139	100.25	1111 $\pm$ 12		1109 $\pm$ 27		1106 $\pm$ 77		1640 $\pm$ 43		36	111	152	0.731
56.1	C	1.597	0.057	0.161	0.001	0.552	99.00	964 $\pm$ 10		969 $\pm$ 22		978 $\pm$ 37		1192 $\pm$ 20		49	235	217	1.080
57.1	B	1.720	0.104	0.172	0.001	0.186	101.00	1020 $\pm$ 14		1016 $\pm$ 39		1006 $\pm$ 129		1376 $\pm$ 112		17	37	85	0.430
59.1	B	1.621	0.071	0.161	0.001	0.579	95.85	959 $\pm$ 11		978 $\pm$ 26		1021 $\pm$ 79		1318 $\pm$ 51		9	-37	58	-0.635
Continua...																			

Continua...

Amostra RG - 5

		Razões						Idades											
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
60.1	B	6.669	0.184	0.377	0.002	0.838	99.55	2062	± 18	2068	± 24	2074	± 71	2914	± 50	77	126	164	0.767
61.1	B	1.942	0.060	0.184	0.001	0.591	98.95	1089	± 01	1095	± 21	1107	± 46	1242	± 29	64	188	281	0.669
62.1	B	1.658	0.069	0.168	0.001	0.696	101.55	1000	± 11	992	± 26	976	± 63	1411	± 47	38	108	186	0.582
64.1	B	1.795	0.076	0.177	0.001	0.259	101.40	1050	± 15	1043	± 27	1028	± 102	904	± 59	20	39	103	0.379
65.1	B	1.940	0.078	0.183	0.001	0.464	98.30	1085	± 15	1095	± 26	1113	± 95	887	± 44	24	63	106	0.598
66.1	B	1.804	0.065	0.178	0.001	0.473	101.35	1053	± 13	1046	± 23	1032	± 71	904	± 34	30	90	136	0.662
67.1	B	2.047	0.088	0.193	0.001	0.855	101.05	1137	± 16	1131	± 28	1119	± 07	874	± 42	26	97	113	0.857
68.1	B	1.630	0.052	0.165	0.001	0.261	100.65	985	± 11	982	± 19	975	± 61	867	± 27	50	159	248	0.641
69.1	B	1.839	0.047	0.181	0.001	0.738	102.00	1069	± 10	1059	± 16	1037	± 29	939	± 28	100	141	499	0.283
70.1	B	1.842	0.053	0.180	0.001	0.621	101.50	1068	± 11	1060	± 18	1044	± 45	948	± 29	55	115	272	0.425
71.1	C	7.343	0.171	0.401	0.001	0.675	101.20	2171	± 19	2154	± 20	2137	± 17	1834	± 51	118	96	248	0.385
71.2	B	7.450	0.020	0.402	0.001	0.855	100.75	2178	± 23	2166	± 24	2156	± 28	1976	± 63	55	70	110	0.638
72.1	B	1.601	0.070	0.162	0.001	0.029	99.15	966	± 14	970	± 27	978	± 76	827	± 48	21	60	112	0.532
73.1	C	1.627	0.051	0.166	0.000	0.622	101.85	989	± 11	980	± 19	961	± 57	907	± 36	54	106	283	0.375
74.1	B	1.467	0.044	0.152	0.000	0.416	99.25	913	± 09	916	± 18	924	± 46	743	± 20	58	217	299	0.724

Amostra RG - 7

		Razões						Idades											
Spot	Local	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	rho(ρ)	conc.	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
2.1	B	1.959	0.064	0.185	0.002	0.609	98.30	1092 ± 12		1101 ± 22		1120 ± 53		1384 ± 37		55	186	232	0.802
5.1	B	1.521	0.043	0.153	0.002	0.987	94.50	915 ± 09		938 ± 17		995 ± 45		752 ± 30		55	107	308	0.348
7.1	C	1.805	0.058	0.177	0.002	0.582	100.50	1049 ± 11		1047 ± 21		1042 ± 40		1752 ± 26		77	335	312	1.073
8.1	B	1.724	0.065	0.172	0.002	0.944	101.30	1024 ± 13		1017 ± 24		1003 ± 36		1345 ± 33		31	137	140	0.978
9.1	B	1.732	0.111	0.169	0.004	0.472	97.15	1006 ± 19		1020 ± 40		1050 ± 109		1483 ± 70		16	60	77	0.782
10.1	B	7.208	0.166	0.398	0.004	0.986	101.65	2161 ± 19		2137 ± 20		2114 ± 18		3208 ± 54		137	161	305	0.527
11.1	B	1.574	0.042	0.160	0.002	0.696	98.90	955 ± 09		960 ± 16		971 ± 37		1181 ± 20		123	544	588	0.927
12.1	B	1.616	0.063	0.161	0.002	0.929	96.40	960 ± 12		976 ± 25		1013 ± 72		1326 ± 36		35	134	166	0.809
13.1	B	1.976	0.048	0.183	0.002	0.903	96.10	1085 ± 10		1107 ± 16		1150 ± 27		1271 ± 18		122	499	530	0.942
14.1	B	6.958	0.155	0.388	0.004	0.967	100.45	2112 ± 19		2106 ± 19		2100 ± 23		2182 ± 47		212	150	491	0.306
15.1	B	1.723	0.052	0.169	0.002	0.482	98.10	1007 ± 11		1016 ± 19		1037 ± 34		915 ± 19		82	397	355	1.118
16.1	B	1.562	0.041	0.159	0.002	0.849	99.30	951 ± 10		955 ± 16		962 ± 18		1012 ± 33		103	167	571	0.292
18.1	B	1.609	0.050	0.162	0.002	0.644	98.10	965 ± 11		973 ± 19		993 ± 37		958 ± 15		77	563	311	1.811
19.1	B	13.395	0.308	0.523	0.006	0.748	100.25	2712 ± 26		2707 ± 21		2704 ± 17		3141 ± 79		115	72	175	0.412
20.1	B	2.101	0.060	0.194	0.002	0.869	99.35	1145 ± 12		1149 ± 19		1156 ± 27		1159 ± 40		68	122	309	0.395
21.1	B	1.645	0.050	0.164	0.002	0.251	98.05	978 ± 11		987 ± 19		1008 ± 36		866 ± 26		57	192	292	0.658
22.1	B	1.633	0.049	0.167	0.002	0.815	102.10	992 ± 11		982 ± 18		961 ± 38		1147 ± 28		56	153	271	0.565
23.1	B	1.575	0.052	0.160	0.002	0.908	99.40	957 ± 11		960 ± 21		966 ± 63		1046 ± 21		63	297	278	1.071
25.1	B	6.092	0.151	0.356	0.004	0.874	98.15	1965 ± 20		1989 ± 21		2014 ± 12		2170 ± 64		69	61	161	0.377
26.1	C	1.710	0.077	0.169	0.003	0.472	99.10	1007 ± 14		1012 ± 28		1021 ± 75		1008 ± 49		24	78	116	0.666
28.1	B	1.914	0.055	0.182	0.002	0.898	98.80	1079 ± 11		1085 ± 18		1098 ± 48		1305 ± 44		72	245	292	0.839
29.1	B	1.571	0.051	0.158	0.002	0.898	96.85	944 ± 11		958 ± 20		991 ± 84		950 ± 43		38	145	185	0.780
32.1	C	1.675	0.046	0.165	0.002	0.871	97.30	986 ± 10		998 ± 17		1027 ± 43		907 ± 31		63	365	261	1.400
34.1	B	1.727	0.042	0.169	0.002	0.923	97.80	1007 ± 09		1018 ± 15		1041 ± 22		1116 ± 34		174	511	825	0.619
36.1	B	1.498	0.036	0.153	0.002	0.977	96.75	915 ± 08		929 ± 14		962 ± 27		702 ± 24		142	421	769	0.548

Continua...

Amostra RG - 7

		Razões						Idades											
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
39.1	B	1.588	0.041	0.161	0.002	0.853	98.65	959 $\pm$ 09	965 $\pm$ 16	979 $\pm$ 43	1043 $\pm$ 33	52	150	291	0.517				
42.1	B	1.777	0.040	0.173	0.002	0.946	98.15	1027 $\pm$ 08	1037 $\pm$ 14	1057 $\pm$ 16	971 $\pm$ 19	187	759	811	0.936				
43.1	B	1.933	0.069	0.182	0.003	0.186	97.60	1079 $\pm$ 14	1092 $\pm$ 23	1118 $\pm$ 76	1157 $\pm$ 43	28	82	125	0.652				
44.1	B	1.611	0.046	0.161	0.002	0.579	97.30	962 $\pm$ 10	974 $\pm$ 17	1002 $\pm$ 50	980 $\pm$ 24	56	232	256	0.905				
45.1	B	1.629	0.039	0.162	0.002	0.964	96.50	965 $\pm$ 08	981 $\pm$ 15	1018 $\pm$ 33	728 $\pm$ 17	103	405	498	0.814				
46.1	B	1.915	0.042	0.182	0.002	0.992	98.55	1078 $\pm$ 08	1086 $\pm$ 14	1102 $\pm$ 27	1045 $\pm$ 20	188	896	670	1.337				
47.1	C	1.727	0.052	0.169	0.002	0.333	97.75	1007 $\pm$ 11	1018 $\pm$ 19	1042 $\pm$ 55	1200 $\pm$ 30	45	167	189	0.883				
48.2	C	1.516	0.054	0.154	0.002	0.879	96.80	923 $\pm$ 12	937 $\pm$ 21	969 $\pm$ 85	1079 $\pm$ 29	45	184	220	0.834				
49.1	B	1.956	0.047	0.188	0.002	0.947	101.95	1111 $\pm$ 09	969 $\pm$ 17	1079 $\pm$ 34	708 $\pm$ 25	129	674	512	1.318				
51.1	B	1.708	0.049	0.170	0.002	0.550	99.60	1009 $\pm$ 10	1011 $\pm$ 18	1015 $\pm$ 27	1118 $\pm$ 24	55	242	224	1.078				
52.1	B	1.516	0.046	0.156	0.002	0.881	99.35	934 $\pm$ 11	936 $\pm$ 18	943 $\pm$ 68	1006 $\pm$ 10	122	982	433	2.271				
53.1	C	1.882	0.049	0.184	0.002	0.949	102.10	1085 $\pm$ 11	1074 $\pm$ 17	1052 $\pm$ 31	1119 $\pm$ 18	95	232	422	0.549				
54.1	B	1.612	0.047	0.164	0.002	0.902	101.15	980 $\pm$ 11	975 $\pm$ 18	963 $\pm$ 77	1033 $\pm$ 39	57	97	312	0.310				
55.1	B	1.549	0.042	0.157	0.002	0.920	97.90	940 $\pm$ 10	949 $\pm$ 16	971 $\pm$ 34	893 $\pm$ 39	101	92	609	0.151				
56.1	B	1.637	0.059	0.163	0.003	0.089	97.50	972 $\pm$ 14	984 $\pm$ 22	1010 $\pm$ 105	1056 $\pm$ 39	33	93	166	0.562				
57.1	B	1.665	0.053	0.169	0.002	0.394	102.40	1006 $\pm$ 12	995 $\pm$ 20	970 $\pm$ 79	1148 $\pm$ 26	48	162	223	0.726				
58.1	C	1.780	0.048	0.177	0.002	0.620	102.00	1048 $\pm$ 11	1038 $\pm$ 17	1017 $\pm$ 36	1242 $\pm$ 15	158	549	674	0.814				
60.1	C	1.622	0.050	0.163	0.002	0.484	98.70	972 $\pm$ 12	978 $\pm$ 19	992 $\pm$ 61	1060 $\pm$ 19	69	286	317	0.902				
61.1	B	1.596	0.043	0.161	0.002	0.251	98.75	963 $\pm$ 10	968 $\pm$ 16	981 $\pm$ 43	1122 $\pm$ 25	104	181	566	0.320				
63.1	B	1.574	0.038	0.158	0.002	0.979	96.60	944 $\pm$ 09	959 $\pm$ 15	994 $\pm$ 28	837 $\pm$ 09	186	533	978	0.546				
65.1	C	1.636	0.054	0.166	0.002	0.736	101.35	990 $\pm$ 09	984 $\pm$ 20	969 $\pm$ 49	1036 $\pm$ 28	67	240	333	0.722				
66.1	B	1.642	0.057	0.166	0.002	0.976	100.20	987 $\pm$ 10	986 $\pm$ 21	984 $\pm$ 38	1339 $\pm$ 26	89	416	413	1.008				
67.1	B	0.877	0.033	0.105	0.001	0.729	102.45	644 $\pm$ 06	639 $\pm$ 17	619 $\pm$ 52	750 $\pm$ 27	52	170	453	0.375				
68.1	B	6.882	0.238	0.388	0.005	0.667	101.05	2111 $\pm$ 22	2096 $\pm$ 30	2111 $\pm$ 22	2593 $\pm$ 59	36	93	63	1.485				
70.1	B	8.379	0.204	0.411	0.004	0.995	96.55	2219 $\pm$ 18	2272 $\pm$ 21	2082 $\pm$ 33	3036 $\pm$ 73	292	96	641	0.150				
71.1	B	1.839	0.054	0.176	0.002	0.996	97.60	1046 $\pm$ 09	1059 $\pm$ 19	1085 $\pm$ 25	1322 $\pm$ 21	108	682	505	1.349				
72.1	B	5.940	0.149	0.358	0.004	0.780	100.45	1972 $\pm$ 16	1967 $\pm$ 21	1961 $\pm$ 14	2439 $\pm$ 58	138	90	335	0.270				
73.1	B	1.569	0.049	0.163	0.002	0.987	103.10	971 $\pm$ 09	958 $\pm$ 19	926 $\pm$ 29	1037 $\pm$ 34	67	117	349	0.334				
75.1	C	1.630	0.056	0.165	0.002	0.528	100.60	984 $\pm$ 10	982 $\pm$ 21	976 $\pm$ 43	1207 $\pm$ 35	58	186	292	0.635				
76.1	B	1.666	0.062	0.170	0.002	0.782	103.25	1010 $\pm$ 10	995 $\pm$ 23	961 $\pm$ 43	1289 $\pm$ 31	73	365	334	1.095				
77.1	B	1.593	0.044	0.163	0.002	0.997	100.70	970 $\pm$ 08	967 $\pm$ 17	960 $\pm$ 130	1034 $\pm$ 24	104	268	534	0.501				

Amostra SOD 1

		Razões						Idades											
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
2.1	B	1.611	0.039	0.164	0.002	0.70	100.50	977 ± 11		974 ± 15		968 ± 23		734 ± 60		59	132	298	0.443
3.1	B	6.737	0.191	0.372	0.006	0.98	97.00	2037 ± 28		2077 ± 25		2117 ± 61		530 ± 70		22	50	56	0.894
4.1	B	7.168	0.167	0.395	0.006	0.62	101.00	2144 ± 26		2132 ± 20		2121 ± 21		1655 ± 123		51	77	95	0.812
5.1	B	5.819	0.129	0.354	0.005	0.78	100.50	1955 ± 22		1949 ± 19		1943 ± 20		1649 ± 109		66	105	142	0.739
6.1	B	13.491	0.292	0.525	0.008	0.92	100.50	2722 ± 32		2714 ± 20		2709 ± 13		2166 ± 152		61	76	83	0.909
7.1	B	1.988	0.054	0.186	0.003	1.00	98.00	1101 ± 13		1111 ± 18		1131 ± 34		916 ± 69		38	80	157	0.508
8.1	B	1.627	0.057	0.162	0.003	0.47	97.50	969 ± 13		980 ± 22		1005 ± 53		842 ± 73		28	73	140	0.523
9.1	B	1.638	0.037	0.165	0.002	0.99	100.00	984 ± 11		985 ± 14		985 ± 24		838 ± 53		79	241	369	0.654
10.1	B	1.985	0.070	0.187	0.003	0.61	99.50	1106 ± 15		1110 ± 23		1118 ± 15		968 ± 65		25	102	93	1.103
12.1	B	5.835	0.146	0.358	0.005	0.75	101.50	1970 ± 25		1951 ± 21		1931 ± 33		1652 ± 127		51	74	112	0.661
13.1	B	7.213	0.166	0.393	0.006	0.77	100.00	2136 ± 25		2138 ± 20		2139 ± 19		1956 ± 150		47	42	97	0.431
14.1	B	6.821	0.111	0.386	0.004	0.98	101.00	2101 ± 20		2088 ± 14		2075 ± 17		2154 ± 127		114	91	243	0.374
16.1	B	1.726	0.045	0.171	0.002	0.76	100.50	1015 ± 13		1018 ± 17		1025 ± 46		1027 ± 85		35	74	178	0.414
17.1	B	3.970	0.135	0.289	0.006	0.48	101.00	1635 ± 27		1628 ± 27		1618 ± 05		1645 ± 130		19	42	49	0.858
18.1	B	6.013	0.114	0.371	0.005	0.95	104.00	2031 ± 22		1977 ± 16		1921 ± 22		2090 ± 123		88	144	176	0.814
19.1	B	7.231	0.127	0.401	0.005	0.75	102.50	2172 ± 22		2140 ± 15		2109 ± 21		2196 ± 125		85	129	159	0.808
20.1	B	6.537	0.104	0.366	0.004	0.98	97.00	2010 ± 19		2050 ± 13		2092 ± 17		2035 ± 129		144	69	331	0.208
21.1	B	3.773	0.082	0.281	0.004	0.76	101.00	1596 ± 18		1587 ± 16		1575 ± 39		1673 ± 117		47	63	140	0.453
23.1	C	11.537	0.209	0.492	0.007	0.65	100.50	2577 ± 28		2567 ± 16		2559 ± 27		2690 ± 187		70	47	113	0.418
24.1	B	7.906	0.186	0.405	0.007	0.86	98.50	2193 ± 29		2193 ± 29		2244 ± 33		2244 ± 33		22	14	47	0.291
25.1	C	6.467	0.117	0.371	0.005	0.54	99.50	2032 ± 21		2032 ± 21		2050 ± 28		2050 ± 28		78	113	158	0.718
26.1	B	1.568	0.038	0.159	0.002	0.76	98.00	949 ± 11		957 ± 14		974 ± 32		995 ± 67		41	109	207	0.525
27.1	B	12.102	0.192	0.488	0.005	0.99	97.00	2559 ± 20		2612 ± 15		2653 ± 17		2450 ± 118		213	226	323	0.699
28.1	B	1.803	0.081	0.173	0.003	0.67	96.50	1029 ± 15		1046 ± 27		1083 ± 84		1175 ± 103		26	73	120	0.613
29.1	B	6.048	0.125	0.355	0.004	0.90	98.50	1959 ± 19		1982 ± 17		2007 ± 18		2054 ± 124		76	98	173	0.563
31.1	B	1.932	0.039	0.184	0.002	0.88	99.50	1090 ± 10		1092 ± 13		1096 ± 19		1227 ± 136		108	37	549	0.068
32.1	C	1.706	0.049	0.169	0.002	0.77	99.50	1008 ± 11		1010 ± 18		1015 ± 51		1101 ± 65		57	220	276	0.800
33.1	B	7.718	0.145	0.410	0.004	0.95	101.50	2216 ± 19		2198 ± 16		2182 ± 14		2544 ± 187		107	46	225	0.205
34.1	B	1.570	0.052	0.159	0.002	0.51	99.00	953 ± 11		958 ± 20		969 ± 43		1126 ± 82		31	69	155	0.449

Continua...

Amostra SOD 1

		Razões						Idades											
Spot	Local	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	ρ(ρ)	conc.	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
37.1	B	7.055	0.162	0.382	0.005	0.96	98.00	2086 ± 22		2118 ± 20		2149 ± 19		2290 ± 193		47	29	102	0.2804
38.1	B	12.428	0.215	0.501	0.005	0.32	98.50	2615 ± 22		2615 ± 22		2653 ± 63		2653 ± 63		154	98	241	0.4065
39.1	B	7.513	0.214	0.396	0.006	0.57	98.50	2150 ± 28		2174 ± 25		2197 ± 33		2304 ± 258		31	20	65	0.3053
40.1	B	6.697	0.154	0.373	0.005	0.64	98.00	2142 ± 22		2042 ± 22		2101 ± 19		2101 ± 19		82	164	154	1.069
41.1	B	17.768	0.342	0.585	0.007	0.24	100.00	2967 ± 27		2967 ± 27		2983 ± 65		2983 ± 65		139	79	183	0.429
43.1	B	20.325	0.352	0.612	0.006	0.92	98.50	3077 ± 25		3106 ± 17		3126 ± 53		4201 ± 164		175	154	215	0.717
44.1	B	12.965	0.272	0.516	0.007	0.88	100.00	2682 ± 27		2677 ± 19		2673 ± 15		3831 ± 165		121	202	156	1.292
45.1	B	5.368	0.113	0.336	0.004	0.90	98.50	1865 ± 18		1865 ± 18		1895 ± 17		1895 ± 17		117	185	270	0.686
46.1	B	15.783	0.425	0.555	0.009	0.80	99.00	2843 ± 38		2843 ± 38		2877 ± 23		2877 ± 23		37	34	50	0.676
47.1	B	15.921	0.353	0.558	0.008	1.00	99.50	2858 ± 31		2872 ± 22		2881 ± 16		4148 ± 197		63	91	68	1.331
48.1	B	6.096	0.231	0.353	0.007	0.38	97.00	1948 ± 31		1989 ± 32		2032 ± 41		2955 ± 210		22	52	43	1.221
49.1	B	1.755	0.068	0.172	0.003	0.74	98.50	1023 ± 14		1029 ± 25		1041 ± 57		1537 ± 107		31	100	148	0.675
50.1	B	5.438	0.119	0.341	0.004	0.90	100.00	1889 ± 18		1890 ± 18		1892 ± 18		2761 ± 146		91	104	225	0.460
51.1	B	10.209	0.271	0.460	0.007	0.97	99.00	2437 ± 30		2453 ± 23		2467 ± 44		3623 ± 273		57	48	98	0.485
52.1	B	7.194	0.209	0.386	0.006	0.40	98.00	2104 ± 28		2104 ± 28		2166 ± 25		2166 ± 25		34	41	68	0.597
53.1	B	1.664	0.048	0.168	0.002	0.68	101.50	1001 ± 13		994 ± 18		980 ± 51		1105 ± 75		48	119	245	0.4846
54.1	B	7.358	0.150	0.395	0.005	0.99	99.50	2147 ± 23		2155 ± 18		2163 ± 30		2441 ± 158		63	36	127	0.2856
55.1	B	1.791	0.039	0.175	0.002	0.66	100.00	1040 ± 11		1042 ± 14		1045 ± 28		1192 ± 59		111	425	491	0.8651
56.1	C	2.484	0.050	0.219	0.003	0.81	101.50	1275 ± 13		1267 ± 14		1253 ± 18		1467 ± 116		135	74	585	0.1260
57.1	B	4.683	0.103	0.312	0.004	0.91	98.50	1749 ± 19		1764 ± 18		1781 ± 26		2127 ± 110		85	115	214	0.5383
58.1	B	6.241	0.116	0.367	0.004	0.69	100.50	2015 ± 20		2010 ± 16		2005 ± 19		2466 ± 114		205	306	433	0.7064
60.1	B	1.790	0.052	0.177	0.003	0.54	101.50	1048 ± 13		1041 ± 18		1028 ± 38		1259 ± 105		44	67	223	0.2983
61.1	B	6.854	0.167	0.385	0.006	0.85	100.50	2101 ± 26		2092 ± 21		2083 ± 30		2529 ± 180		56	54	121	0.4441
63.1	B	7.104	0.153	0.388	0.005	0.98	99.50	2113 ± 23		2124 ± 19		2135 ± 23		2235 ± 133		72	117	139	0.8413
64.1	B	5.408	0.134	0.339	0.005	0.75	100.00	1882 ± 23		1882 ± 23		1889 ± 25		1889 ± 25		58	99	128	0.7704
65.1	B	5.888	0.105	0.350	0.004	1.00	98.50	1936 ± 18		1959 ± 16		1984 ± 55		2130 ± 101		152	32	322	0.0990

Amostra SOD 2

		Razões						Idades													
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U		
1.1	B	3.772	0.087	0.283	0.003	0.94	102.00	1650	± 16	1586 ± 18		1561 ± 20		1558 ± 112		66	53	200	0.266		
2.1	B	12.026	0.218	0.490	0.005	0.90	98.00	2570	± 21	2606 ± 16		2634 ± 15		2841 ± 138		253	144	397	0.363		
3.1	B	5.617	0.160	0.341	0.005	0.85	97.50	1889	± 23	1918 ± 24		1950 ± 51		2166 ± 144		31	37	72	0.518		
4.1	B	4.851	0.135	0.322	0.004	0.44	100.50	1801	± 21	1793 ± 23		1785 ± 28		2019 ± 131		43	55	104	0.530		
6.1	B	6.480	0.116	0.373	0.004	1.00	100.00	2042	± 17	2043 ± 17		2043 ± 50		2166 ± 86		87	34	150	0.230		
7.1	B	1.615	0.067	0.163	0.003	0.54	99.00	970	± 13	976 ± 26		987 ± 39		2005 ± 508		24	58	123	0.474		
11.1	B	1.638	0.041	0.164	0.002	0.97	98.50	977	± 10	984 ± 16		1001 ± 43		1007 ± 57		64	168	294	0.573		
13.1	B	3.609	0.066	0.271	0.003	0.97	99.50	1546	± 15	1551 ± 14		1558 ± 19		1391 ± 82		111	114	326	0.349		
14.2	C	5.439	0.116	0.339	0.004	0.85	99.00	1879	± 11	1890 ± 18		1903 ± 21		1610 ± 106		32	43	75	0.572		
15.1	B	5.216	0.077	0.327	0.003	1.00	97.50	1824	± 15	1855 ± 13		1889 ± 26		1491 ± 76		214	220	458	0.480		
20.1	C	15.872	0.306	0.548	0.007	0.89	97.50	2818	± 29	2818 ± 29		2904 ± 85		2904 ± 85		77	40	103	0.386		
25.1	B	6.524	0.141	0.376	0.005	0.97	100.50	2057	± 22	2049 ± 19		2040 ± 30		2058 ± 133		89	92	186	0.494		
26.1	B	5.467	0.173	0.335	0.006	0.16	97.50	1863	± 26	1895 ± 26		1930 ± 41		2112 ± 160		34	53	78	0.674		
27.1	B	1.653	0.045	0.167	0.002	0.73	100.50	993	± 11	990 ± 17		983 ± 11		989 ± 65		68	183	324	0.565		
28.1	B	6.884	0.129	0.383	0.004	0.83	99.50	2091	± 19	2096 ± 16		2101 ± 18		2501 ± 121		166	232	327	0.710		
29.2	B	6.738	0.140	0.376	0.005	0.52	98.50	2059	± 21	2077 ± 18		2095 ± 25		2268 ± 129		89	109	186	0.584		
30.1	B	6.751	0.150	0.377	0.005	0.74	98.50	2062	± 22	2062 ± 22		2095 ± 36		2095 ± 36		62	117	117	1.001		
36.2	B	1.555	0.058	0.161	0.003	0.80	102.00	962	± 13	952 ± 27		930 ± 772		517 ± 70		31	211	151	1.395		
37.1	B	10.904	0.243	0.472	0.005	0.66	98.50	2490	± 22	2490 ± 22		2535 ± 20		2535 ± 20		103	114	160	0.713		
38.1	B	13.983	0.326	0.526	0.006	0.74	98.50	2722	± 26	2722 ± 26		2767 ± 24		2767 ± 24		71	49	103	0.472		
40.1	B	2.048	0.061	0.196	0.003	0.91	103.50	1152	± 13	1131 ± 20		1091 ± 47		1678 ± 165		36	70	147	0.475		
41.1	B	6.209	0.141	0.360	0.004	0.99	98.50	1982	± 18	2005 ± 20		2029 ± 18		2906 ± 206		85	158	161	0.987		
42.1	B	2.786	0.062	0.234	0.002	1.00	100.50	1356	± 12	1351 ± 16		1344 ± 20		1476 ± 157		101	142	329	0.432		
43.1	B	7.500	0.208	0.396	0.006	0.69	98.50	2152	± 26	2172 ± 24		2192 ± 32		3461 ± 373		31	22	63	0.350		
44.1	B	2.402	0.085	0.210	0.003	0.33	97.50	1226	± 17	1243 ± 25		1271 ± 71		1634 ± 224		24	39	99	0.394		
45.1	B	1.676	0.045	0.168	0.002	0.42	100.00	999	± 10	999 ± 16		999 ± 41		1150 ± 127		71	160	353	0.452		

Continua..

Amostra SOD 2

		Razões							Idades										
Spot	Local	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	ρ(p)	conc.	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
47.1	B	12.923	0.287	0.519	0.006	0.92	101.00	2695	± 24	2674 ± 20		2657 ± 15		2930 ± 269		94	135	128	1.055
49.1	B	1.605	0.038	0.160	0.002	0.85	97.50	958	± 10	972 ± 14		1002 ± 33		1872 ± 243		69	209	343	0.608
50.1	B	1.571	0.036	0.159	0.002	0.58	98.00	948	± 09	958 ± 14		981 ± 36		1282 ± 268		58	136	311	0.439
51.1	C	7.255	0.186	0.395	0.006	0.28	100.00	2147	± 26	2143 ± 22		2138 ± 28		4482 ± 573		39	80	66	1.226
52.1	B	5.896	0.102	0.352	0.034	1.00	98.50	1942	± 17	1960 ± 18		1980 ± 40		2485 ± 415		60	37	29	1.246
55.1	B	1.647	0.040	0.165	0.002	0.90	97.50	983	± 10	988 ± 15		998 ± 36		2109 ± 296		48	85	244	0.346
56.1	B	5.950	0.117	0.354	0.004	0.99	98.50	1951	± 18	1988 ± 18		1986 ± 67		2734 ± 452		64	71	128	0.552
57.1	B	6.637	0.125	0.377	0.004	1.00	100.00	2061	± 18	2064 ± 17		2066 ± 16		3540 ± 549		100	49	191	0.259
58.1	B	7.537	0.186	0.394	0.006	0.26	97.50	2141	± 26	2177 ± 22		2211 ± 37		2758 ± 984		26	8	56	0.135

Amostra SOD 3

		Razões						Idades											
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
1.1	B	5.590	0.158	0.354	0.006	0.962	103.25	1954	± 30	1914	± 24	1871	± 29	1507	± 36	71	121	155	0.780
2.1	B	11.542	0.318	0.503	0.009	0.951	103.10	2626	± 39	2567	± 25	2511	± 15	1867	± 52	72	85	113	0.750
3.1	B	7.123	0.189	0.402	0.007	0.966	103.60	2178	± 31	2126	± 23	1077	± 15	1847	± 33	118	164	237	0.692
4.1	C	1.811	0.090	0.175	0.005	0.324	98.25	1040	± 26	1049	± 33	1068	± 107	809	± 41	15	68	68	0.989
5.1	B	1.691	0.063	0.170	0.004	0.798	101.20	1010	± 19	1005	± 23	992	± 127	836	± 27	24	79	111	0.707
6.1	B	1.574	0.069	0.162	0.004	0.359	101.55	966	± 21	959	± 26	944	± 92	848	± 37	20	73	101	0.727
7.1	C	4.192	0.119	0.301	0.005	0.771	102.10	1693	± 26	1672	± 23	1645	± 37	1353	± 32	83	185	215	0.863
8.1	B	7.298	0.195	0.394	0.007	0.804	99.50	2141	± 31	2141	± 31	2155	± 21	2155	± 21	84	62	182	0.340
9.1	B	5.382	0.171	0.334	0.007	0.918	98.00	1857	± 33	1857	± 33	1908	± 46	1908	± 46	30	51	74	0.690
10.1	C	1.653	0.056	0.166	0.003	0.692	99.35	987	± 17	990	± 21	997	± 55	730	± 17	50	355	193	1.839
11.1	B	1.624	0.059	0.164	0.004	0.642	99.35	976	± 19	979	± 22	986	± 74	730	± 37	30	69	158	0.438

Continua...

Amostra SOD 3

		Razões						Idades											
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
12.1	B	6.496	0.169	0.365	0.006	0.982	97.00	2004 $\pm$ 29		2045 $\pm$ 22		2087 $\pm$ 30		1360 $\pm$ 30		124	180	293	0.613
13.1	B	6.126	0.184	0.361	0.007	0.986	99.45	1986 $\pm$ 33		1993 $\pm$ 26		2001 $\pm$ 47		1387 $\pm$ 47		39	71	76	0.940
15.1	B	7.123	0.193	0.399	0.005	0.974	102.55	2164 $\pm$ 20		2126 $\pm$ 21		2091 $\pm$ 223		2998 $\pm$ 100		139	170	298	0.570
16.1	B	6.170	0.140	0.355	0.004	0.970	96.85	1959 $\pm$ 17		2000 $\pm$ 20		2042 $\pm$ 20		2574 $\pm$ 97		134	120	316	0.381
18.1	B	7.093	0.206	0.393	0.005	0.750	100.95	2136 $\pm$ 24		2123 $\pm$ 25		2109 $\pm$ 45		2229 $\pm$ 143		36	30	81	0.366
19.1	B	2.792	0.084	0.230	0.003	0.947	97.45	1334 $\pm$ 14		1353 $\pm$ 21		1384 $\pm$ 81		1242 $\pm$ 79		63	75	243	0.307
21.1	B	4.652	0.116	0.311	0.004	0.991	98.75	1745 $\pm$ 17		1758 $\pm$ 21		1774 $\pm$ 82		1976 $\pm$ 81		83	166	201	0.824
22.1	B	6.835	0.172	0.382	0.004	0.957	99.55	2084 $\pm$ 20		2084 $\pm$ 20		2096 $\pm$ 17		2096 $\pm$ 17		100	287	174	1.653
23.1	B	6.986	0.203	0.391	0.005	0.493	101.35	2128 $\pm$ 25		2109 $\pm$ 25		2091 $\pm$ 34		2579 $\pm$ 120		41	62	83	0.747
24.1	B	1.919	0.082	0.184	0.003	0.965	100.00	1087 $\pm$ 16		1087 $\pm$ 30		1087 $\pm$ 104		578 $\pm$ 64		17	53	77	0.688
25.1	B	6.805	0.148	0.373	0.004	0.991	97.05	2045 $\pm$ 16		2086 $\pm$ 19		2126 $\pm$ 50		1782 $\pm$ 80		167	280	313	0.894
26.1	B	1.613	0.046	0.162	0.002	0.888	98.75	969 $\pm$ 10		975 $\pm$ 18		988 $\pm$ 114		1163 $\pm$ 58		75	138	411	0.336
27.1	B	7.876	0.197	0.417	0.004	0.848	101.90	2245 $\pm$ 19		2216 $\pm$ 22		2190 $\pm$ 69		2082 $\pm$ 29		163	264	313	0.846
28.1	B	14.804	0.374	0.529	0.006	0.978	96.85	2738 $\pm$ 24		2802 $\pm$ 24		2849 $\pm$ 13		2090 $\pm$ 51		103	69	151	0.458
29.1	B	7.167	0.299	0.397	0.007	0.981	101.65	2156 $\pm$ 33		2132 $\pm$ 35		2109 $\pm$ 231		1993 $\pm$ 224		22	11	40	0.289
32.1	B	7.651	0.206	0.413	0.005	0.952	102.65	2230 $\pm$ 21		2190 $\pm$ 24		2153 $\pm$ 20		2202 $\pm$ 49		89	100	174	0.576
35.1	B	1.674	0.050	0.169	0.002	0.978	101.15	1004 $\pm$ 10		998 $\pm$ 19		986 $\pm$ 47		769 $\pm$ 25		54	156	266	0.584
38.1	B	6.873	0.340	0.392	0.009	0.400	102.45	2129 $\pm$ 40		2095 $\pm$ 42		2061 $\pm$ 86		1986 $\pm$ 183		9	8	19	0.403
39.1	B	4.166	0.114	0.301	0.003	0.948	102.95	1697 $\pm$ 16		1667 $\pm$ 22		1629 $\pm$ 13		1662 $\pm$ 25		107	285	255	1.116
40.1	C	7.130	0.162	0.399	0.003	0.962	102.45	2163 $\pm$ 15		2127 $\pm$ 20		2093 $\pm$ 21		1930 $\pm$ 61		74	92	150	0.614
41.1	B	1.641	0.047	0.165	0.002	0.807	99.95	985 $\pm$ 08		986 $\pm$ 18		986 $\pm$ 33		871 $\pm$ 47		53	89	286	0.312
42.1	B	6.429	0.162	0.369	0.004	0.974	99.20	2025 $\pm$ 16		2036 $\pm$ 22		2047 $\pm$ 19		1598 $\pm$ 56		60	125	127	0.981
43.1	B	1.707	0.053	0.171	0.002	0.867	101.85	1020 $\pm$ 09		1010 $\pm$ 20		991 $\pm$ 54		878 $\pm$ 53		26	116	117	0.992
44.1	B	7.132	0.150	0.394	0.003	0.950	100.90	2141 $\pm$ 13		2128 $\pm$ 18		2115 $\pm$ 17		2118 $\pm$ 58		124	159	255	0.624
45.1	B	6.350	0.131	0.365	0.003	0.968	98.65	2006 $\pm$ 12		1065 $\pm$ 26		2044 $\pm$ 11		845 $\pm$ 44		49	183	218	0.840
47.1	B	1.809	0.048	0.173	0.002	0.924	96.40	1030 $\pm$ 08		1048 $\pm$ 16		1087 $\pm$ 33		858 $\pm$ 27		82	250	371	0.674
48.1	B	14.105	0.316	0.527	0.005	0.987	98.55	2727 $\pm$ 19		2756 $\pm$ 20		2778 $\pm$ 82		2505 $\pm$ 113		93	52	130	0.396
49.1	C	3.616	0.080	0.275	0.002	0.885	101.65	1568 $\pm$ 10		1553 $\pm$ 17		1532 $\pm$ 11		1510 $\pm$ 41		135	205	416	0.493
50.1	B	5.860	0.120	0.353	0.003	0.987	99.40	1947 $\pm$ 12		1955 $\pm$ 18		1963 $\pm$ 13		1529 $\pm$ 44		150	252	372	0.677
51.1	B	1.666	0.060	0.169	0.002	0.493	102.50	1007 $\pm$ 10		995 $\pm$ 22		970 $\pm$ 56		843 $\pm$ 62		37	67	191	0.349

Continua...

Amostra SOD 3

		Razões						Idades							
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} \pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th} \pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
52.1	B	1.677	0.061	0.170	0.002	0.443	102.75	1012 $\pm$ 10	999 $\pm$ 23	971 $\pm$ 55	868 $\pm$ 51	38	103	192	0.537
53.1	B	7.415	0.255	0.400	0.006	0.854	100.40	2168 $\pm$ 28	2162 $\pm$ 30	2157 $\pm$ 52	2184 $\pm$ 61	43	119	73	1.625
54.1	B	3.616	0.093	0.275	0.003	0.851	101.55	1567 $\pm$ 16	1553 $\pm$ 20	1533 $\pm$ 14	1354 $\pm$ 30	117	214	360	0.595
55.1	B	1.570	0.043	0.160	0.002	0.768	99.65	956 $\pm$ 10	958 $\pm$ 16	962 $\pm$ 28	719 $\pm$ 31	110	156	648	0.240
56.1	B	2.375	0.069	0.210	0.003	0.752	98.65	1226 $\pm$ 13	1235 $\pm$ 21	1250 $\pm$ 374	967 $\pm$ 38	84	170	343	0.495
58.1	B	1.812	0.052	0.180	0.002	0.738	102.85	1064 $\pm$ 12	1049 $\pm$ 18	1019 $\pm$ 27	984 $\pm$ 32	84	193	412	0.468
59.1	B	1.669	0.044	0.167	0.002	0.895	99.85	996 $\pm$ 11	996 $\pm$ 16	997 $\pm$ 22	898 $\pm$ 34	88	116	492	0.235
62.1	B	1.504	0.050	0.155	0.002	0.957	99.55	930 $\pm$ 11	932 $\pm$ 20	936 $\pm$ 46	737 $\pm$ 28	51	213	264	0.807
64.1	B	1.555	0.040	0.159	0.002	0.963	99.35	949 $\pm$ 10	952 $\pm$ 16	959 $\pm$ 29	788 $\pm$ 21	138	314	763	0.411
65.1	C	2.799	0.072	0.239	0.003	0.946	103.10	1378 $\pm$ 14	1355 $\pm$ 19	1318 $\pm$ 20	1302 $\pm$ 30	118	193	443	0.435

Amostra SOD 4

		Razões						Idades							
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} \pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th} \pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
1.1	C	1.630	0.047	0.164	0.003	0.94	99.60	980 $\pm$ 15	981 $\pm$ 18	980 $\pm$ 15	1237 $\pm$ 25	43	167	172	0.971
2.1	B	23.175	0.452	0.662	0.010	0.86	101.60	3273 $\pm$ 37	3234 $\pm$ 19	3210 $\pm$ 37	3982 $\pm$ 76	122	48	137	0.350
3.1	B	6.719	0.154	0.380	0.006	0.84	100.00	2075 $\pm$ 28	2075 $\pm$ 20	2075 $\pm$ 19	2576 $\pm$ 58	71	76	135	0.565
4.1	B	2.699	0.091	0.231	0.004	0.90	101.35	1338 $\pm$ 23	1328 $\pm$ 25	1312 $\pm$ 68	1611 $\pm$ 118	17	23	58	0.389
5.1	B	6.907	0.149	0.391	0.006	0.97	101.80	2125 $\pm$ 27	2099 $\pm$ 19	2074 $\pm$ 22	2454 $\pm$ 51	72	79	145	0.544
6.1	B	1.526	0.044	0.158	0.003	1.00	101.25	946 $\pm$ 14	940 $\pm$ 19	946 $\pm$ 14	1137 $\pm$ 29	33	120	115	1.038
7.1	B	1.597	0.037	0.161	0.002	0.92	98.70	963 $\pm$ 13	969 $\pm$ 14	963 $\pm$ 13	1159 $\pm$ 46	70	68	358	0.191
8.1	B	7.142	0.160	0.385	0.006	0.92	97.80	2098 $\pm$ 28	2129 $\pm$ 19	2159 $\pm$ 22	2478 $\pm$ 78	55	41	111	0.369
9.1	C	5.842	0.143	0.343	0.006	0.50	96.05	1902 $\pm$ 27	1902 $\pm$ 27	2006 $\pm$ 29	2006 $\pm$ 29	30	45	59	0.754
10.1	B	7.142	0.177	0.388	0.007	0.81	99.00	2114 $\pm$ 30	2129 $\pm$ 21	2143 $\pm$ 29	2464 $\pm$ 118	44	34	87	0.386

Continua...

Amostra SOD 4

		Razões						Idades											
Spot	Local	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	rho(ρ)	conc.	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
11.1	C	1.598	0.042	0.162	0.003	0.77	99.70	968 ± 14		969 ± 16		968 ± 14		1111 ± 29		45	118	216	0.545
12.1	B	1.571	0.040	0.159	0.003	0.73	98.65	952 ± 13		958 ± 16		952 ± 13		1088 ± 28		49	134	233	0.575
13.1	B	2.422	0.075	0.215	0.004	0.58	100.55	1252 ± 20		1249 ± 22		1242 ± 46		1456 ± 50		31	83	107	0.780
14.1	B	7.242	0.123	0.390	0.004	0.78	98.80	2124 ± 19		2141 ± 15		2158 ± 58		2757 ± 68		127	93	241	0.383
15.1	B	7.678	0.145	0.409	0.005	0.97	101.05	2209 ± 22		2194 ± 17		2179 ± 30		2587 ± 85		79	60	141	0.423
16.1	B	7.708	0.157	0.414	0.005	0.90	102.40	2233 ± 23		2197 ± 18		2164 ± 20		2645 ± 129		57	39	106	0.367
17.1	B	6.685	0.135	0.375	0.005	1.00	98.80	2054 ± 22		2070 ± 18		2086 ± 49		2452 ± 97		41	40	74	0.537
18.1	B	2.365	0.056	0.212	0.003	0.91	101.15	1239 ± 14		1232 ± 17		1218 ± 27		1594 ± 76		22	31	85	0.366
19.1	B	12.324	0.208	0.498	0.006	1.00	98.70	2604 ± 23		2629 ± 16		2648 ± 50		3056 ± 92		131	52	187	0.280
20.1	B	6.902	0.132	0.384	0.005	0.80	99.70	2094 ± 21		2098 ± 16		2102 ± 18		2687 ± 81		90	77	172	0.446
21.1	B	1.627	0.047	0.165	0.002	0.92	101.30	986 ± 12		980 ± 17		967 ± 42		1299 ± 40		36	170	137	1.240
24.1	C	4.726	0.086	0.316	0.036	0.99	99.85	1770 ± 17		1771 ± 15		1773 ± 24		2086 ± 54		133	242	280	0.862
25.1	B	1.827	0.045	0.180	0.002	0.99	102.45	1067 ± 12		1055 ± 16		1029 ± 46		1270 ± 45		37	109	136	0.801
26.1	B	1.619	0.035	0.163	0.002	0.76	98.50	970 ± 10		977 ± 14		992 ± 62		1156 ± 32		63	277	243	1.138
27.1	C	6.806	0.144	0.385	0.005	0.99	100.90	2098 ± 22		2086 ± 18		2074 ± 28		4114 ± 212		129	202	218	0.926
28.1	B	7.136	0.144	0.387	0.005	0.99	98.55	2108 ± 21		2128 ± 18		2148 ± 27		3528 ± 214		117	149	191	0.777
29.1	B	1.629	0.054	0.164	0.002	0.99	99.95	981 ± 12		981 ± 21		981 ± 82		1688 ± 119		33	84	104	0.804
30.1	B	2.656	0.075	0.225	0.003	0.98	99.05	1309 ± 15		1316 ± 21		1328 ± 46		2076 ± 157		30	50	90	0.551
31.1	C	15.036	0.278	0.545	0.006	0.86	99.45	2805 ± 27		2805 ± 27		2825 ± 31		2825 ± 31		130	79	162	0.488
32.1	C	5.019	0.148	0.329	0.005	0.90	101.05	1834 ± 24		1822 ± 24		1808 ± 32		2833 ± 238		30	42	62	0.676
33.1	B	1.885	0.053	0.181	0.002	0.80	99.35	1071 ± 13		1075 ± 18		1083 ± 46		2021 ± 117		75	302	251	1.205
34.1	B	2.392	0.054	0.208	0.003	0.99	96.90	1219 ± 13		1240 ± 16		1276 ± 97		1557 ± 158		81	26	269	0.095
36.1	B	6.723	0.138	0.375	0.005	0.92	98.30	2051 ± 21		2075 ± 18		2099 ± 30		3831 ± 216		79	104	133	0.784

Continua...

Amostra SOD 4

		Razões							Idades						
Spot	Local	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$\rho(\rho)$	conc.	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U} \pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} \pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \pm 1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th} \pm 1\sigma$	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
37.1	B	1.571	0.056	0.161	0.002	0.96	100.20	982 ± 12	958 ± 22	978 ± 25	1678 ± 110	42	170	158	1.073
40.1	B	1.981	0.041	0.186	0.002	1.00	98.80	1102 ± 13	1108 ± 14	1122 ± 37	1658 ± 121	82	73	317	0.231
42.1	B	8.212	0.162	0.426	0.006	1.00	102.20	2289 ± 13	2254 ± 17	2223 ± 78	3107 ± 236	66	6	74	0.080
43.1	B	9.828	0.186	0.455	0.006	1.00	100.15	2420 ± 26	2418 ± 18	2416 ± 115	3698 ± 181	96	121	96	1.262
44.1	C	4.748	0.093	0.315	0.004	0.96	99.25	1767 ± 26	1775 ± 16	1785 ± 14	2830 ± 155	84	88	188	0.466
46.1	B	3.493	0.061	0.263	0.003	1.00	98.15	1508 ± 16	1525 ± 14	1548 ± 146	2172 ± 123	136	75	251	0.298
47.1	B	6.648	0.161	0.383	0.006	0.86	101.85	2091 ± 28	2065 ± 21	2040 ± 26	3733 ± 192	55	74	90	0.826
48.1	B	5.268	0.110	0.331	0.005	0.98	98.55	1846 ± 22	1863 ± 17	1883 ± 21	3155 ± 154	60	88	106	0.830
49.1	B	5.083	0.099	0.330	0.004	1.00	100.60	1840 ± 21	1833 ± 17	1825 ± 15	3065 ± 154	127	168	239	0.702
50.1	B	1.666	0.036	0.166	0.002	0.97	99.00	990 ± 12	995 ± 13	1005 ± 31	1777 ± 96	81	142	349	0.407
52.1	B	1.953	0.043	0.183	0.002	0.99	97.50	1085 ± 13	1099 ± 16	1126 ± 140	1556 ± 129	63	46	237	0.195
53.1	B	1.556	0.049	0.161	0.003	0.99	102.10	962 ± 15	952 ± 20	931 ± 123	963 ± 44	29	69	115	0.601
54.1	B	6.627	0.152	0.379	0.006	0.81	100.45	2069 ± 29	2062 ± 20	2056 ± 32	2365 ± 60	40	62	72	0.860
55.1	C	10.045	0.195	0.453	0.007	0.88	98.30	2409 ± 29	2409 ± 29	2463 ± 18	2463 ± 18	59	54	96	0.561
59.1	B	6.345	0.114	0.349	0.005	0.99	92.70	1928 ± 22	2024 ± 15	2124 ± 33	1916 ± 38	158	164	319	0.513
60.1	B	1.650	0.037	0.167	0.002	1.00	100.70	920 ± 13	989 ± 15	981 ± 25	1140 ± 19	59	311	214	1.455
62.1	B	2.922	0.092	0.237	0.005	0.99	98.20	1373 ± 23	1387 ± 24	1409 ± 74	1594 ± 90	15	21	42	0.498
64.1	B	7.763	0.166	0.416	0.007	0.95	102.60	2242 ± 29	2203 ± 19	2167 ± 18	2487 ± 83	41	33	80	0.409
65.1	B	6.924	0.136	0.387	0.006	0.94	100.45	2108 ± 26	2101 ± 17	2095 ± 13	2346 ± 44	93	144	167	0.863

Amostra CCH - 1

		Razões						Idades											
Spot	Local	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	rho(ρ)	conc.	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±1σ	Pb (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	Th/U
2.1	B	1.268	0.056	0.137	0.003	0.663	98.80	827 ± 16		831 ± 25		842 ± 140		920 ± 49		11	37	64	0.584
5.1	B	0.865	0.023	0.102	0.002	0.968	97.60	627 ± 80		632 ± 12		652 ± 45		624 ± 20		66	226	518	0.437
6.1	C	1.700	0.044	0.169	0.003	0.942	98.95	1003 ± 14		1008 ± 16		1019 ± 35		924 ± 37		34	82	150	0.545
7.1	C	0.975	0.022	0.113	0.002	0.991	99.75	690 ± 80		690 ± 12		692 ± 44		322 ± 20		77	99	535	0.185
8.1	B	1.460	0.032	0.152	0.002	0.865	99.15	910 ± 11		914 ± 14		922 ± 577		941 ± 27		71	163	324	0.503
9.1	B	1.182	0.047	0.130	0.003	0.264	98.35	786 ± 14		792 ± 21		807 ± 75		775 ± 40		22	88	125	0.708
10.1	C	0.806	0.034	0.097	0.002	0.950	99.20	598 ± 11		600 ± 18		606 ± 72		635 ± 30		18	90	139	0.644
11.1	B	1.006	0.033	0.116	0.002	0.671	100.25	707 ± 11		706 ± 17		704 ± 61		453 ± 23		22	80	139	0.572
13.1	C	1.634	0.039	0.163	0.002	0.932	98.10	974 ± 12		983 ± 15		1003 ± 24		878 ± 26		51	99	233	0.424
14.1	C	0.923	0.026	0.109	0.002	0.961	100.45	664 ± 90		663 ± 13		660 ± 62		737 ± 30		48	193	304	0.634
15.1	C	1.302	0.040	0.140	0.002	0.953	98.65	841 ± 12		846 ± 17		859 ± 51		923 ± 39		43	130	229	0.568
16.1	B	0.855	0.022	0.101	0.002	0.978	96.80	619 ± 80		627 ± 12		653 ± 42		666 ± 23		63	265	537	0.494
17.1	B	1.674	0.052	0.165	0.003	0.695	96.65	982 ± 15		998 ± 19		1033 ± 62		1064 ± 24		33	152	127	1.194
18.1	C	1.454	0.035	0.152	0.002	0.953	100.20	912 ± 12		911 ± 14		909 ± 38		989 ± 51		70	94	359	0.261
20.1	C	0.904	0.025	0.107	0.002	0.993	99.80	953 ± 80		653 ± 14		655 ± 107		757 ± 23		43	139	259	0.536
23.1	B	0.957	0.051	0.111	0.002	0.973	98.70	678 ± 13		681 ± 26		692 ± 62		713 ± 39		32	181	157	1.155
24.1	B	0.886	0.037	0.104	0.002	0.992	97.30	637 ± 10		644 ± 19		666 ± 178		656 ± 54		29	80	199	0.401
26.1	B	0.911	0.025	0.107	0.002	0.900	99.25	655 ± 90		657 ± 13		663 ± 68		648 ± 20		69	342	474	0.721

Anexo 3 Resultados U/Pb SHRIMP dos granitos neoproterozoicos intrusivos no Complexo Riacho Gravatá e da Sequência Serra Olho D'Água.

GRANITO CARMO

Spot	% $^{206}\text{Pb}_c$	[ppm] U	[ppm] Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ [pmm]	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	error corr.
1.1	4.87	411	55	0.14	37.96	0.9755	23.0	0.1019	3.3	0.0694	22.5	0.142
2.1	5.06	1234	203	0.17	85.58	0.6248	12.2	0.0765	2.7	0.0593	11.6	0.219
4.1	4.31	731	50	0.07	64.21	0.8153	12.7	0.0976	2.7	0.0606	12.2	0.213
5.1	-0.12	812	94	0.12	72.91	0.8709	3.0	0.1046	2.7	0.0604	1.4	0.888
6.1	0.20	575	56	0.10	48.75	0.8224	3.2	0.0985	2.7	0.0606	1.8	0.833
7.1	3.36	577	39	0.07	49.93	0.8182	9.2	0.0972	2.7	0.0611	8.6	0.293
8.1	0.37	285	16	0.06	24.71	0.8413	4.5	0.1006	2.7	0.0606	3.6	0.605
9.1	-0.02	476	27	0.06	41.91	0.8740	3.0	0.1025	2.7	0.0619	1.3	0.897
10.1	3.18	620	59	0.10	57.12	0.8597	9.3	0.1037	2.7	0.0602	8.7	0.290
11.1	0.04	247	149	0.62	84.24	7.0934	3.0	0.3960	2.7	0.1299	1.4	0.889

GRANITO SJB

Spot	% $^{206}\text{Pb}_c$	[ppm] U	[ppm] Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ [pmm]	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	error corr.
1.1	1.18	411	86	0.22	40.53	0.9342	8.6	0.1130	5.8	0.0600	6.3	0.670
2.1	0.17	271	129	0.49	23.18	0.8206	6.3	0.0992	5.8	0.0600	2.5	0.918
3.1	1.01	182	86	0.49	14.62	0.7422	10.9	0.0925	5.8	0.0582	9.1	0.537
4.1	1.17	111	46	0.43	9.51	0.8388	10.6	0.0989	5.9	0.0615	8.7	0.558
5.1	1.01	148	67	0.47	12.20	0.8744	7.2	0.0957	5.8	0.0663	4.3	0.806
6.1	0.65	176	78	0.46	14.65	0.7968	6.6	0.0960	5.8	0.0602	3.1	0.881
7.1	1.69	124	56	0.47	10.19	0.8773	7.7	0.0951	5.9	0.0669	4.9	0.763
8.1	0.18	387	216	0.58	33.79	0.8226	6.4	0.1012	5.7	0.0589	2.8	0.900
9.1	1.06	364	168	0.48	26.31	0.6857	7.4	0.0834	5.8	0.0596	4.6	0.779
10.1	0.34	148	58	0.40	13.51	0.8666	7.6	0.1054	5.8	0.0596	4.9	0.767
11.1	0.54	149	65	0.45	13.28	0.8739	6.8	0.1035	5.8	0.0613	3.5	0.858
12.1	0.35	251	118	0.49	22.29	0.8616	6.4	0.1031	5.8	0.0606	2.8	0.897
13.1	0.70	148	99	0.69	12.95	0.8358	7.0	0.1008	5.8	0.0601	3.8	0.836
14.1	0.32	356	139	0.40	30.99	0.8561	6.3	0.1011	5.7	0.0614	2.6	0.913
15.1	0.96	311	161	0.54	27.58	0.9029	6.8	0.1025	5.8	0.0639	3.7	0.843
16.1	0.64	203	95	0.48	18.03	0.8698	7.1	0.1030	5.8	0.0612	4.0	0.821

Anexo 4. Resultados ϵ_{Hf} em zircões para os zircões detríticos do Complexo Riacho Gravatá e da Sequência Serra Olho D'Água.

Amostra RG - 5

spot	T1(Ma)	$\epsilon_{\text{Hf}}(0)$	$\epsilon_{\text{Hf}}(t1)$	TDM2(Ma)	$\epsilon_{\text{Hf}}(\text{TDM})$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	$\pm 2 \text{ se}$	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$\pm 2 \text{ se}$
1.1	926	-22.55	-2.67	1914	9.24	0.282134	0.000071	0.000954	0.000009
3.1	945	-14.09	6.36	1353	11.26	0.282374	0.000044	0.000726	0.000012
5.1	967	-14.01	6.81	1341	11.30	0.282376	0.000028	0.000914	0.000004
7.1	1074	-22.29	0.70	1814	9.60	0.282142	0.000064	0.001100	0.000021
8.1	999	-20.97	0.66	1759	9.80	0.282179	0.000048	0.000714	0.000001
9.1	1021	-36.32	-14.47	2731	6.25	0.281745	0.000105	0.001043	0.000026
12.1	1089	-12.03	11.83	1112	12.12	0.282432	0.000033	0.000393	0.000000
18.1	991	-12.34	8.97	1221	11.73	0.282423	0.000025	0.000954	0.000012
19.1	1017	-20.42	1.38	1727	9.92	0.282195	0.000031	0.001057	0.000006
21.1	996	-23.91	-2.34	1947	9.12	0.282096	0.000040	0.000698	0.000003
23.1	973	-5.80	15.34	796	13.24	0.282608	0.000053	0.000642	0.000009
26.1	955	-24.19	-3.62	1997	8.94	0.282088	0.000049	0.000853	0.000010
32.1	959	-18.74	2.12	1635	10.25	0.282242	0.000040	0.000553	0.000004
33.1	963	-24.11	-3.23	1979	9.01	0.282090	0.000042	0.000648	0.000003
36.1	974	-18.28	2.89	1597	10.38	0.282255	0.000064	0.000579	0.000006
38.1	954	-23.42	-3.31	1977	9.01	0.282110	0.000027	0.001552	0.000024
39.1	979	-20.51	0.46	1756	9.81	0.282192	0.000025	0.001051	0.000003
43.1	1101	-24.45	-0.46	1909	9.26	0.282081	0.000030	0.000542	0.000002
45.1	949	-26.03	-5.47	2109	8.53	0.282036	0.000034	0.000668	0.000001
46.1	973	-26.32	-5.17	2109	8.53	0.282028	0.000043	0.000554	0.000007
47.1	1015	-27.21	-5.41	2157	8.36	0.282002	0.000038	0.000959	0.000004
54.1	1000	-30.39	-9.19	2383	7.53	0.281913	0.000024	0.001356	0.000012
57.1	1006	-16.54	5.23	1472	10.83	0.282304	0.000037	0.000743	0.000010

Amostra RG - 7

spot	T1(Ma)	EHF(0)	EHf _(H)	T _{DM2} (Ma)	EHf _(TDM)	176Hf/177Hf	± 2 se	176Lu/177Hf	± 2 se
2.1	1080	-29.27	-6.41	2270	7.95	0.281944	0.000028	0.001434	0.000009
3.1	929	-21.44	-1.56	1846	9.49	0.282166	0.000029	0.001066	0.000065
4.1	951	-25.71	-5.66	2122	8.48	0.282045	0.000036	0.001527	0.000040
5.1	940	-29.76	-9.65	2366	7.60	0.281930	0.000024	0.001046	0.000035
11.1	959	-33.20	-13.17	2601	6.73	0.281833	0.000036	0.001799	0.000042
15.1	1013	-36.01	-14.19	2707	6.34	0.281754	0.000023	0.000840	0.000016
22.1	983	-36.09	-15.73	2780	6.07	0.281751	0.000030	0.002069	0.000009
23.1	983	-27.14	-6.32	2189	8.24	0.282004	0.000034	0.001387	0.000026
51.1	1016	-44.90	-23.20	3270	4.25	0.281502	0.000025	0.001085	0.000005
57.1	988	-24.90	-3.73	2029	8.82	0.282068	0.000027	0.001030	0.000016
66.1	989	-25.16	-3.97	2045	8.76	0.282060	0.000027	0.001030	0.000016
62.1	994	-24.46	-2.97	1986	8.98	0.282080	0.000026	0.000754	0.000002

Amostra SOD - 1

spot	T1(Ma)	$\epsilon\text{Hf}(0)$	$\epsilon\text{Hf}(t1)$	TDM2(Ma)	$\epsilon\text{Hf}(\text{TDM})$	176Hf/177Hf	$\pm 2 \text{ se}$	176Lu/177Hf	$\pm 2 \text{ se}$
2.1	977	-24.23	-3.01	1975	9.02	0.282087	0.000024	0.000600	0.000005
10.1	1106	-29.95	-5.90	2258	7.99	0.281925	0.000030	0.000590	0.000003
8.1	969	-23.97	-2.98	1967	9.05	0.282094	0.000024	0.000668	0.000003
9.1	984	-25.02	-3.70	2024	8.84	0.282064	0.000029	0.000675	0.000002
22.1	976	-35.14	-14.31	2686	6.42	0.281778	0.000024	0.001121	0.000020
26.1	949	-21.75	-1.14	1835	9.53	0.282157	0.000020	0.000597	0.000005
28.1	1029	-24.43	-2.12	1959	9.08	0.282081	0.000018	0.000661	0.000009
42.1	984	-22.34	-0.85	1844	9.50	0.282140	0.000025	0.000432	0.000001
32.1	1008	-35.96	-14.56	2726	6.27	0.281755	0.000024	0.001299	0.000023
34.1	953	-24.87	-4.18	2030	8.82	0.282069	0.000025	0.000588	0.000004
36.1	991	-41.91	-20.86	3106	4.86	0.281587	0.000026	0.001260	0.000014
35.1	945	-24.98	-4.38	2037	8.79	0.282066	0.000021	0.000464	0.000004

Amostra SOD - 2

spot	T1(Ma)	$\epsilon\text{Hf}(0)$	$\epsilon\text{Hf}(t1)$	TDM2(Ma)	$\epsilon\text{Hf}(\text{TDM})$	176Hf/177Hf	$\pm 2 \text{ se}$	176Lu/177Hf	$\pm 2 \text{ se}$
5.1	903	-23.87	-4.65	2022	8.85	0.282097	0.000037	0.001230	0.000025
7.1	968	-21.60	-0.52	1810	9.62	0.282161	0.000025	0.000512	0.000002
11.1	1009	-25.89	-5.20	2139	8.43	0.282040	0.000039	0.002421	0.000028
27.1	997	-29.85	-7.92	2301	7.83	0.281928	0.000026	0.000168	0.000001
34.1	946	-18.22	2.27	1615	10.32	0.282257	0.000032	0.000688	0.000010
36.1	957	-26.46	-6.05	2152	8.38	0.282024	0.000023	0.001158	0.000012
45.1	991	-28.48	-7.20	2251	8.02	0.281967	0.000023	0.000952	0.000011
49.1	935	-21.35	-1.61	1854	9.46	0.282168	0.000025	0.001507	0.000016
50.1	927	-36.84	-17.18	2827	5.90	0.281730	0.000025	0.001308	0.000013
54.1	932	-25.77	-6.57	2166	8.33	0.282043	0.000038	0.002256	0.000130
55.1	991	-29.49	-8.73	2347	7.66	0.281938	0.000032	0.001733	0.000102
59.1	951	-21.07	-0.71	1809	9.62	0.282176	0.000036	0.001065	0.000081