

PROVENIÊNCIA DAS ROCHAS METASSEDIMENTARES DO GRUPO ARAXÁ NA PORÇÃO CENTRAL DA FAIXA BRASÍLIA

PROVENANCE OF METASEDIMENTARY ROCKS OF THE ARAXÁ GROUP IN THE CENTRAL BRASÍLIA BELT

Guillermo Rafael Beltran NAVARRO¹, Antenor ZANARDO¹, Cibele Carolina MONTIBELLER²,
Thaís Güitzlaf LEME², Fabiano Tomazini da CONCEIÇÃO³, Claudio de Morisson VALERIANO⁴

¹Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Petrologia e Metalogenia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. E-mails: guillermo.navarro@unesp.br; antenor.zanardo@unesp.br

²Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Petrologia e Metalogenia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. E-mail: cibelescm@outlook.com, thaiss.guitzlaf@hotmail.com

³Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. E-mail: fabiano.tomazini@unesp.br

⁴Faculdade de Geologia, Departamento de Geologia Regional e Geotectônica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro. E-mail: valeriano.claudio@gmail.com

Introdução
Características do Grupo Araxá na região de estudo
Métodos analíticos
Resultados e Discussões
Conclusão
Agradecimentos
Referências

RESUMO - O Grupo Araxá na região de Morrinhos – Marcelândia é constituído por rochas pelíticas e psamo-pelíticas metamorfisadas em fácies anfíbolito, no campo de estabilidade da cianita/estaurolita. A composição química e as razões La/Lu, La/Sc, Th/Sc, La/Co, Th/Co e Cr/Th destas rochas sugerem que a principal fonte destes sedimentos são rochas ígneas félsicas formadas em arcos magmáticos. As idades T_{DMNd} (1,21 e 1,76 Ga) e as idades U/Pb ($< 1,0$ Ga e $> 1,0$ Ga em cristais de zircão detrítico) sugerem contribuição de uma fonte neoproterozoica (predominante) e uma contribuição de outra fonte mais antiga paleo-mesoproterozoica. A congruência dos dados geocronológicos com as assinaturas geoquímicas desta unidade permite afirmar que grande parte do Grupo Araxá na região tem como fonte rochas formadas em arcos magmáticos neoproterozoicos, e sugerem que estes foram depositados em bacias tipo *fore arc*.

Palavras chave: Idades modelo T_{DMNd} , Geocronologia U-Pb em cristais de zircão detríticos, Geoquímica, Faixa Brasília, Província Tocantins.

ABSTRACT - The Araxá Group in the region of Morrinhos – Marcelândia is constituted of pelitic to psammo-pelitic rocks metamorphosed in amphibolite facies, kyanite/ staurolite stability field. Chemical composition and La/Lu, La/Sc, Th/Sc, La/Co, Th/Co and Cr/Th rates of these rocks suggest that the main source of these sediments were felsic rocks from magmatic arcs. T_{DMNd} model ages (1.21 and 1.76 Ga) and U/Pb ages (< 1.0 Ga and > 1.0 Ga in detrital zircon) suggest contribution of a neoproterozoic (predominant) source and contributions of an older paleo-mesoproterozoic source. The congruence of these geochronological data with geochemical signatures of this geological unity allow to state that a significant part of the Araxá Group in this region had rocks from neoproterozoic magmatic arcs as source, implying that these were deposited in fore arc basins.

Keywords: T_{DMNd} model ages, U-Pb detrital zircon geochronology, Geochemistry, Brasília Belt, Tocantins Province.

INTRODUÇÃO

O Grupo Araxá (Barbosa, 1955) corresponde a uma unidade metassedimentar localizada na Zona Interna da Faixa Brasília (Fuck, 1990), que se estende por cerca de 700 km na direção NW-SE, desde o S-SW de Minas Gerais até o NW de Goiás (Figura 1). O Grupo Araxá foi definido, na região de Araxá-MG, sob a denominação de Formação Araxá (Barbosa, 1955). Barbosa et al. (1969) levam a denominação “Grupo Araxá” para o norte do estado de Goiás (regiões de Canabrava, Niquelândia, Peixe, Uruaçu, São Miguel do Araguaia, Amaralina e Araguaçu). Posteriormente Barbosa et al. (1970a) estendem o Grupo Araxá para a porção sudeste do estado

de Goiás (Folha Catalão) e Barbosa et al. (1970b) para a porção centro-sul do estado de Goiás (Folhas Anápolis, Morrinhos, Ipameri, Pirenópolis, Luziânia e Campo Alegre de Goiás). Embora ocorram variações no empilhamento tectono-estratigráfico, o Grupo Araxá ao longo de sua extensão é constituído predominantemente por rochas metassedimentares psamíticas (quartzitos, quartzitos micáceos) e pelíticas (calci-xistos, muscovita-quartzo xisto, muscovita-clorita xisto, biotita-granada xisto, estaurolita xisto e xistos feldspáticos), localmente com lentes de gnaiss anfíbolito, anfíbolito, metaultramáfica e retroeclogito (Fuck & Marini, 1981).

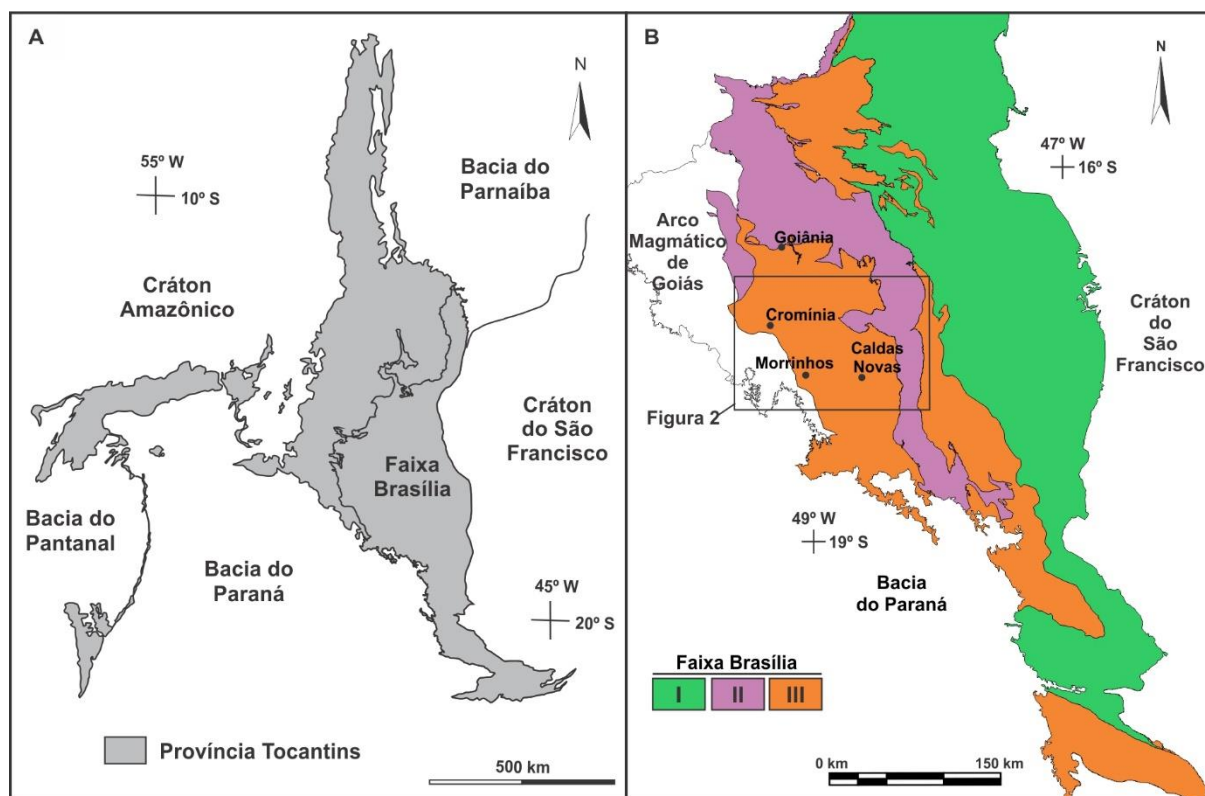


Figura 1. Mapa esquemático da Província Tocantins e da Faixa Brasília. Zona Externa: I - Grupos Paranoá, Canastra e Formações Vazante, Ibiá e porções de seu embasamento. Zona Interna: II – Granulitos e rochas associadas (Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu e Associação Ortognáissica Migmatítica), rochas metavulcanossedimentares e granitoides associados. III – Grupo Araxá e granitoides associados. (mod. de Fuck, 1990; Hasui, 2012).

Na porção SE do Estado de Goiás, o Grupo Araxá ocorre em dois pacotes dominados por xistos, colocados tectonicamente abaixo e acima do Complexo Anápolis-Itaçu e da Associação Ortognáissica Migmatítica (Figura 2). O Grupo Araxá no pacote inferior (Unidade A) é constituído por rochas metassedimentares pelíticas, psamo-pelíticas e psamíticas (muscovita-clorita xisto, biotita-muscovita-quartzo xisto, granada-muscovita-clorita xisto, clorita-quartzo xisto, sericita quartzito, hematita xisto, hematita-sericita xisto, hematita-sericita quartzito) depositadas em ambiente plataformar (marinho raso) metamorfasadas em fácies xisto verde alto (Unidade A de Lacerda Filho et al., 1999; Moreira et al., 2008). Sequências metavulcanossedimentares (na região de Ipameri – Catalão: sequência Rio Veríssimo) e grande quantidade de corpos intrusivos graníticos (granitos tipo Ipameri: Encruzilhada, Sesmaria e Tambú) ocorrem associados ao Grupo Araxá no pacote inferior.

Na base do pacote superior, aflora a sequência metavulcanossedimentar Maratá, rochas metassedimentares relacionadas com a Unidade A e corpo granítico tipo Ipameri (Granito Cachoeira do Maratá, Moreira et al., 2008). A Unidade A da porção inferior do

pacote superior é semelhante ao observado no pacote inferior, entretanto a ocorrência de rochas metassedimentares psamíticas é maior (quartzito, sericita quartzito).

Sobre a Unidade A ocorrem rochas metassedimentares pelíticas, psamo-pelíticas e psamíticas (calci-clorita-biotita xisto, calci-clorita-biotita xisto feldspático, granada-clorita xisto, hornblenda-granada xisto feldspático, grafita xisto e lentes de metacalcário e quartzito) depositadas em ambiente marinho metamorfasadas em fácies anfibolito (Unidade B de Lacerda Filho et al., 1999; Moreira et al., 2008).

Lentes de rochas metamáficas (anfibolito, granada anfibolito, anfibólio xisto) e metaultramáficas (serpentinó, actinolita xisto, clorita xisto e talco xisto, localmente com lentes de cromita podiforme associadas) ocorrem em ambas unidades do Grupo Araxá na região. Estas ocorrências são interpretadas como restos de assoalho oceânico, assumindo características de mélange ofiolítica (Drake Jr., 1980; Nilson, 1984; Brod et al., 1991; Strieder & Nilson, 1992; Zanardo et al., 1996; Dardenne, 2000; Valeriano et al., 2004), obductada por cima de uma margem continental por meio de *nappes*, com movimento do topo de W para E (Valeriano et al., 2004).

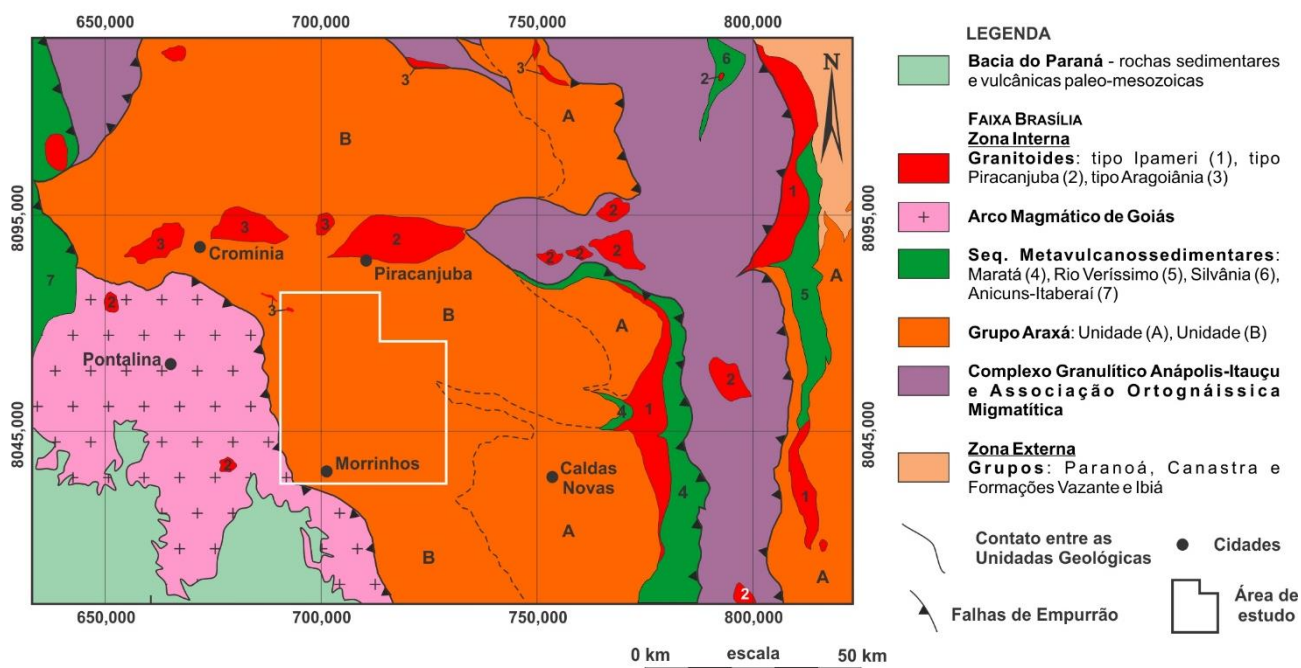


Figura 2. Mapa geológico regional (esquemático) da área de estudo (mod. de Moreira et al., 2008).

Idades modelo T_{DMNd} de rochas metassedimentares do Grupo Araxá mostram distribuição bimodal (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003; Simões, 2005; Klein 2008), com idades modelo variando entre 1,0 – 1,46 Ga e entre 1,76 – 2,26 Ga, sugerindo que a fonte das rochas metassedimentares do Grupo Araxá são rochas relacionadas ao Arco Magmático de Goiás (idades mais jovens) e a terrenos paleoproterozoicos (idades mais antigas). Pimentel et al. (2001) sugerem que as rochas metassedimentares com idades mais antigas representariam seqüências distais de margem passiva, enquanto as rochas metassedimentares com idades mais jovens corresponderiam a sedimentos depositados em bacia tipo *back arc*. Entretanto, Pimentel et al. (2011) sugerem que as rochas metassedimentares do Grupo Araxá foram depositadas em bacias sin-orogênicas (talvez do tipo *fore arc*). Dados isotópicos U/Pb (em cristais de zircão detriticos) e Sm/Nd sugerem que a sedimentação do Grupo Araxá ocorreu durante o Neoproterozoico, entre 0,64 – 0,9 Ga (Navarro et al., 2013; Pimentel et al., 2001, 2011; Piuzana et al., 2003).

Apesar do grande número de trabalhos realizados no Grupo Araxá ao longo de sua extensão (Araújo et al., 1980; Barbosa et al., 1969; Barbosa et al., 1970a, b; Fuck & Marini, 1981; Lacerda Filho et al., 1999; Moreira et al., 2008; Pimentel et al., 2001; RADAMBRASIL, 1983; Seer, 1999; Simões, 2005; Valente, 1986; Valeriano et al., 2004; Zanardo, 1992; Zanardo et

al., 1996; entre muitos outros) grande parte das rochas metassedimentares do Grupo Araxá, em especial na área de estudo, carecem de estudos mais aprofundados sobre sua proveniência.

A utilização da composição química de sedimentos e de diagramas discriminantes para determinação da proveniência e do ambiente tectônico de bacias sedimentares tem sido abordada por diversos autores (Bhatia, 1983; Bhatia & Crook, 1986; Floyd et al., 1989; Feng et al., 1993; Slack & Stevens, 1994; Cullers, 2000, 2002; Ugarkar & Nyamati, 2001; Basson et al., 2004; Armstrong-Altrin & Verma, 2005; Campo & Guevara, 2005; Selvaraj & Chen, 2006; Armstrong-Altrin, 2009; Bakkiaraj et al., 2010; Raza et al., 2010; Campos Neto et al., 2011; Fatima & Khan, 2012; Raza et al., 2012; Westin & Campos Neto, 2013 Santos et al., 2015, entre outros). Muitos autores questionam a eficácia da utilização da composição química de sedimentos para determinar ambientes deposicionais e seu contexto geotectônico (Weltje, 2006, 2012; Ryan & Williams, 2007; Pe-Piper et al., 2008; Armstrong-Altrin, 2009; Guo et al., 2011; von Eynatten & Dunkl, 2012; Zaid, 2012, entre outros).

Entretanto, elementos terras raras (ETR), elementos traço (como Sc, Co, Th, U, Zr, Hf) e suas razões (como La/Sc, Th/Sc, Th/U, Zr/Sc, Cr/Th, $Eu_{(N)}/Eu^*_{(N)}$, $ETRL_{(N)}/ETRP_{(N)}$) são considerados eficientes para determinar as características das rochas fontes de sedimentos, uma vez que não são facilmente mobilizados

em processos posteriores à sedimentação e/ou metamorfismo, preservando as características das rochas fontes (Cullers et al., 1974; Taylor & McLennan, 1981, 1985; Bhatia & Crook, 1986; McLennan et al., 1993; Roser et al., 1996; Etemad-Saeed et al., 2011; Fu et al., 2010; Zaid, 2012, entre outros). Idades U/Pb (em cristais de zircão detríticos), dados isotópicos Sm/Nd e idades modelo ($T_{DM}Nd$) são também importantes ferramentas para

avaliação da proveniência, estabelecendo respectivamente as idades das rochas fontes.

Este trabalho visa apresentar dados geoquímicos e isotópicos (U-Pb e Sm-Nd) das rochas metassedimentares do Grupo Araxá que ocorrem na região de Morrinhos – Marcelândia, com o intuito de reconhecer as características das áreas fontes que deram origem à Unidade B de Lacerda Filho et al. (1999) nesta região.

CARACTERÍSTICAS DO GRUPO ARAXÁ NA REGIÃO DE ESTUDO

O Grupo Araxá entre Morrinhos – Marcelândia (Figura 3) é constituído principalmente por rochas metassedimentares pelíticas (granada-biotita-muscovita xistos, biotita/muscovita xistos, hornblenda-granada-biotita paragneisses, granada-biotita-muscovita paragneisses, hornblenda-granada-biotita paragneisses, localmente com cianita e estauroлита),

com intercalações de rochas metassedimentares psamíticas/psamo-pelíticas (quartzitos, muscovita quartzitos, quartzo xistos, biotita-muscovita-quartzo xistos), lentes de metamáficas (anfíbolito, granada anfíbolito) e de metaultramáficas (serpentinito, talco xisto, clorita xisto, tremolita/actinolita xisto) (Simões, 2005; Navarro et al., 2013).

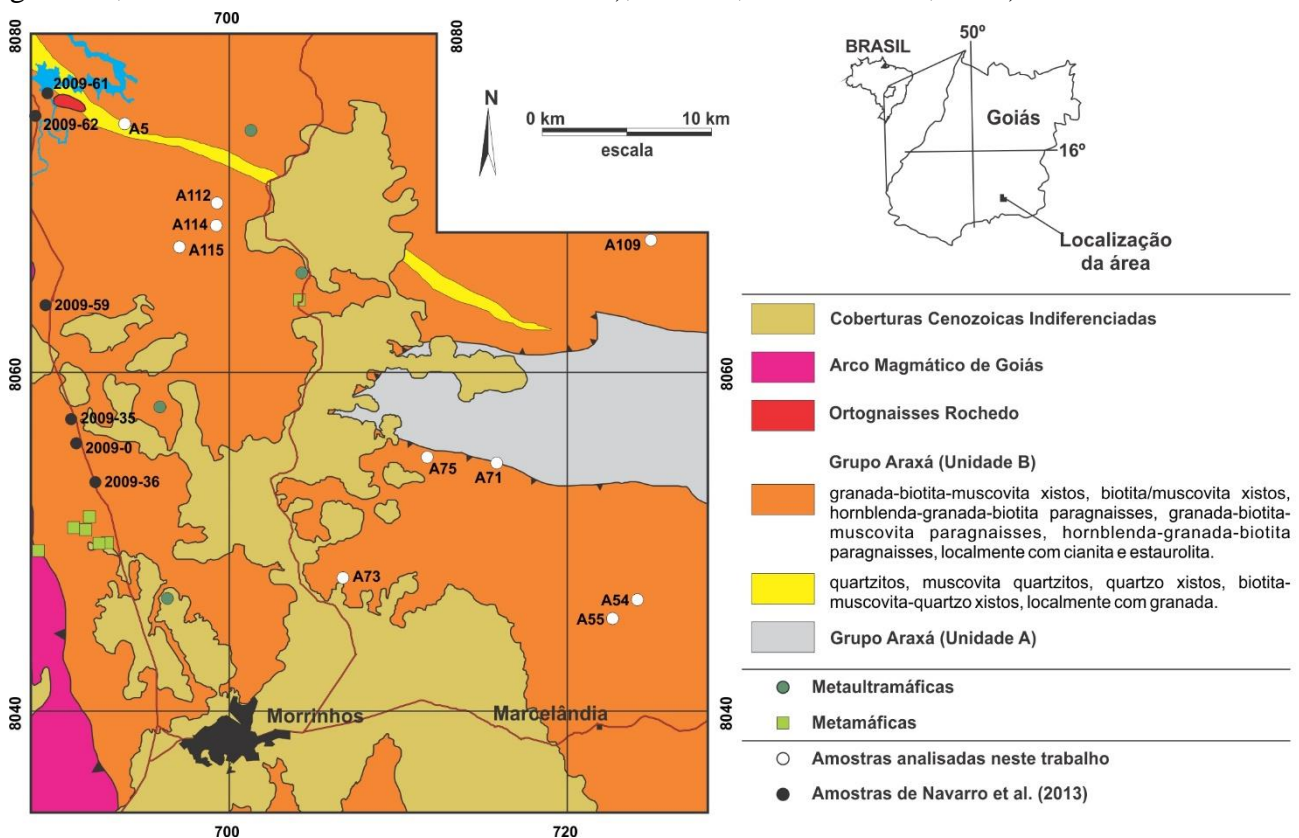


Figura 3. Mapa geológico simplificado da área de estudo, mostrando a localização das amostras analisadas (mod. de Simões, 2005; Moreira et al., 2008).

Corpos graníticos intrusivos no Grupo Araxá (Figura 3), denominados informalmente de ortognaisses Rochedo (Navarro et al., 2014), ocorrem na porção NW da área. São corpos ovalados com orientação geral E-W, representados por biotita-muscovita ortognaisse e muscovita ortognaisse, com composição variando entre tonalito e granodiorito. Quimicamente estes

corpos graníticos são peraluminosos, cálcio-alcálicos e são classificados como do tipo-S e/ou MPG (Muscovite-bearing Peraluminous Granitoids). As características químicas sugerem que estes corpos graníticos derivam da fusão parcial de rochas metassedimentares do Grupo Araxá (Navarro et al., 2014).

Associações minerais relacionadas ao pico

metamórfico nas rochas metassedimentares do Grupo Araxá na área de estudo são típicas da fácies anfibolito médio a superior, caracterizadas por biotita + oligoclásio/andesina + granada + hornblenda; biotita + plagioclásio + granada e/ou granada + oligoclásio/andesina + biotita ± cianita, todas contendo quartzo e muscovita, sendo rutilo e ilmenita os principais óxidos associados. O pico metamórfico registrado nas rochas do Grupo Araxá é correlacionável à fase deformacional pré- a sin-Dn (regional). Dados termobarométricos mostram que o pico metamórfico ocorreu a 610°C e ~10 kbar, em condições de fácies anfibolito, zona da cianita, e sugerem trajetória P-T horária, típica de cinturões colisionais (Navarro et al., 2009, 2011).

Idades modelo de rochas metassedimentares

MÉTODOS ANALÍTICOS

Foram selecionadas 10 amostras de rochas metassedimentares do Grupo Araxá que ocorrem entre Morrinhos –Marcelândia (GO) para estudos litogeoquímicos de elementos maiores, menores e traços. As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório Acme (Analytical Laboratories LTD, Vancouver, Canadá).

Os elementos maiores foram analisados por Espectrômetro de Emissão em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-ES) e os elementos traço foram analisados no Espectrômetro de Massa em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS). Os resultados das análises geoquímicas são apresentados na Tabela 1 (Apêndice, ao final do artigo), e a localização das amostras, na Figura 3.

Seis amostras (A5, A54, A55, A73, A109, A115) foram selecionadas para análises isotópicas Sm/Nd. As análises isotópicas foram feitas no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos (LAGIR), da Faculdade de Geologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, segundo o método descrito por

do Grupo Araxá entre Mairipotaba – Morrinhos variando entre 1,25 – 1,51 Ga e entre 1,76 – 2,26 Ga (Navarro et al., 2012, 2013), sugerem que a fonte das rochas metassedimentares do Grupo Araxá são rochas neoproterozoicas (Arco Magmático de Goiás) e rochas mais antigas (terrenos paleoproterozoicos), como observado em outras regiões da Faixa Brasília (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003; Simões, 2005; Klein, 2008).

Dados isotópicos U/Pb (análise LA-ICP-MS em cristais de zircão detríticos) em uma amostra do Grupo Araxá, na região de Morrinhos (Navarro et al., 2013), também sugerem que a sedimentação do Grupo Araxá ocorreu durante o neoproterozoico, entre 0,64 – 0,9 Ga como sugerido por outros autores (Pimentel et al., 2001; Piuzana et al., 2003; Hasui, 2012).

Valeriano et al. (2009). As leituras das razões foram realizadas utilizando o espectrômetro de massa por ionização térmica TRITON-TI. A razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ foi normalizada em função da razão $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ de 0,7219 (La Jolla). Os valores de TDM foram calculados usando o modelo de De Paolo (1981). Os resultados das análises são mostrados na Tabela 2 (Apêndice, ao final do artigo).

Quatro amostras (A54, A73, A109, A115) foram selecionadas para estudos de proveniência (idades U/Pb em cristais de zircão detríticos por LA-ICP-MS). As análises isotópicas U/Pb foram feitas no Laboratório de Geocronologia, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal de Brasília (UnB), segundo o método descrito por Bühn et al. (2009).

As leituras das razões foram realizadas por espectrômetro de massa multicoletor com ablação a laser (LA-ICP-MS), modelo Finnigan MAT 262 em modo estático. Os resultados das análises de cristais de zircão são mostrados na Tabela 3 (Apêndice, ao final do artigo).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As rochas metassedimentares do Grupo Araxá analisadas correspondem a xistos (muscovita-biotita xistos com granada) e paragneisses (biotita-muscovita paragneisse com ou sem granada e hornblenda, granada-biotita gnaiss e granada-muscovita-gnaiss com ou sem cianita). Possuem grande variação nos teores de SiO_2 , variando entre 58,29% e 73,53%, de Al_2O_3 entre 12,70% e 18,76%, de $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$ entre 4,29% e 10,22% e de K_2O

entre 1,20% e 4,79%. O conteúdo de MgO varia entre 1,20% a 3,66%, o de CaO entre 0,10% a 5,10%, o de TiO_2 entre 0,52% a 1,10%, o de MnO entre 0,06% a 0,17%, o de P_2O_5 entre 0,10% a 0,21% e o de Na_2O varia entre 0,07% a 3,18%. Nos diagramas tipo Harker (Figura 4) observa-se correlações negativas de Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$, MgO e P_2O_5 em relação a SiO_2 , enquanto TiO_2 , MnO, CaO, Na_2O e K_2O não apresentam correlações.

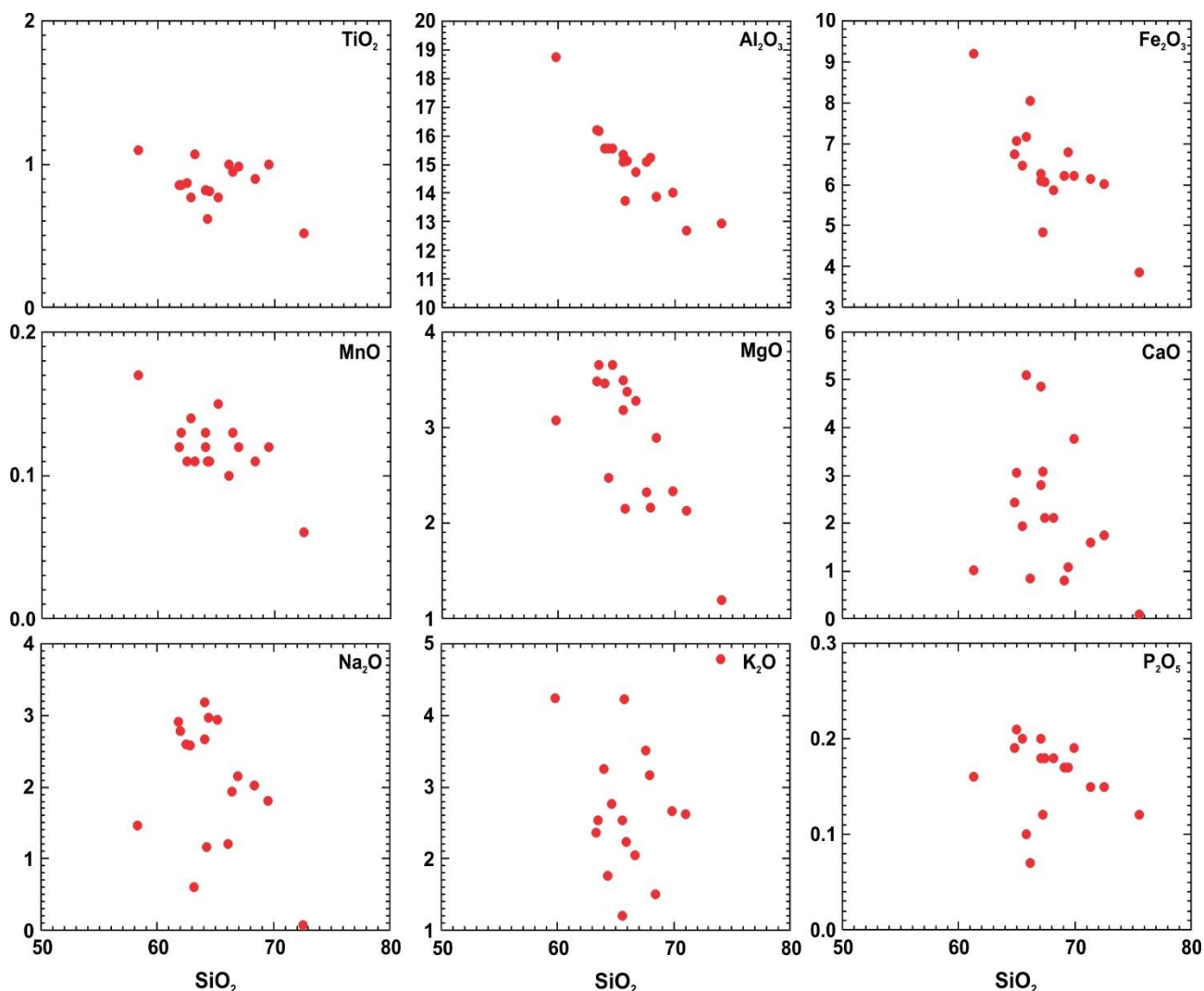


Figura 4. Diagramas do tipo Harker para elementos maiores (% óxidos) x SiO₂.

Possuem pequena variação no conteúdo de Hf (4,4 – 7,8 ppm), Nb (7,5 – 18,5 ppm), Ta (0,5 – 1,3 ppm), Ga (14,3 – 25,8 ppm) e U (1,1 – 2,7 ppm), grande variação nos teores de V (58,0 – 159,0 ppm), Rb (34,1 – 249,7 ppm), Sr (25,5 – 305,6 ppm), Ba (280,0 – 1084,0 ppm), Zr (156,9 – 282,5 ppm), Cr (54,74 – 205,26 ppm) e Ni (10,4 a 69,7 ppm). Os teores de Cs variam de 1,3 a 9,1 ppm, de Y variam entre 23,4 a 124,3 ppm, de Th varia entre 3,4 a 15,1 ppm, de Sc entre 8,0 a 23 ppm e de Pb varia entre 1,3 a 13,4 ppm. Nos diagramas tipo Harker (Figura 5) não se observam *trends* em relação a Ba, Rb, Sr, Nb, Ta, Zr, Hf, Y, Th, U e Pb em relação ao teor de SiO₂, e observam-se fracas correlações negativas em relação a Sr e Ga.

O padrão de distribuição de elementos traço (Cs, Ba, Rb, Th, U, Nb, Ta, Pb, Sr, Zr, Hf e Y), elementos terras raras (ETR), K (em ppm), P (em ppm) e Ti (em ppm), quando normalizados pelo manto primitivo (Taylor & McLennan,

1985), mostram que estas rochas metasedimentares são enriquecidas em Cs, K, Ba, Rb, Th, U, Pb e ETRL (elementos terras raras leves) em relação ao manto primitivo, mostrando fracas a médias anomalias negativas de Nb, Ta, Sr, P, Eu e Ti (Figura 6A).

A distribuição dos ETRP apresenta um padrão pouco inclinado a sub-horizontal, indicando fraco fracionamento entre os ETRP ($Gd_N/Lu_N = 1,14 - 2,05$). A relação entre ETRL e ETRP mostra forte fracionamento ($La_N/Lu_N = 4,40 - 14,15$), exibindo discretas a fortes anomalias negativas de Eu ($Eu^* = 0,43 - 0,81$) (Figura 6B).

As rochas metasedimentares do Grupo Araxá na região possuem razões $La_{(N)}/Lu_{(N)}$ (4,40 – 14,15), La/Sc (0,89 – 11,67), Th/Sc (0,155 – 1,875), La/Co (0,944 – 11,13), Th/Co (0,199-1,948) e Cr/Th (4,984 – 30,186) que sugerem que a principal fonte destes sedimentos são rochas ígneas félsicas (Rahman & Suzuki, 2007; Raza et al., 2010).

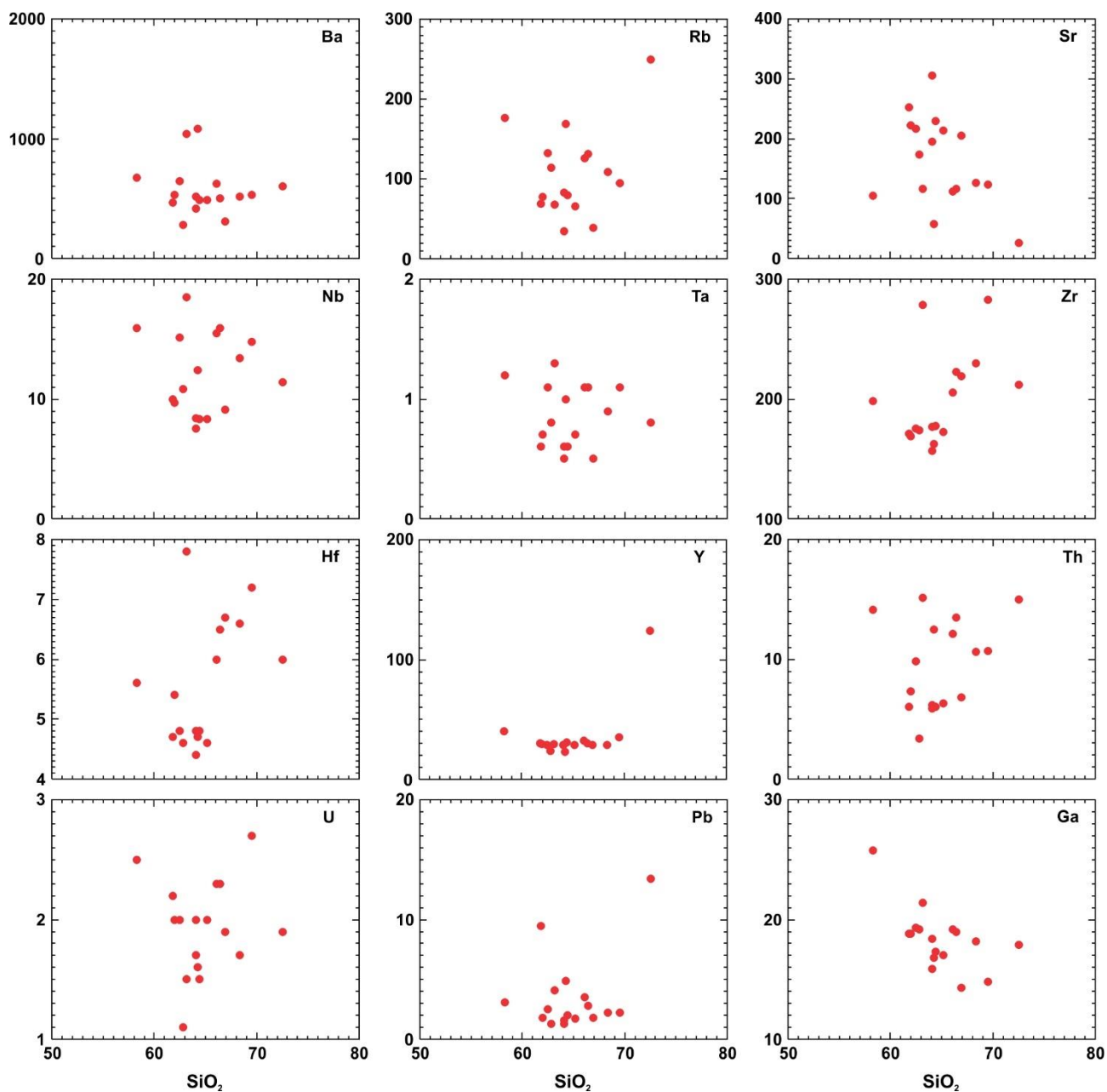


Figura 5. Diagramas do tipo Harker para elementos traços (Ba, Rb, Sr, Nb, Ta, Zr, Hf, Y, Th, U, Pb, Ga em ppm) \times SiO₂.

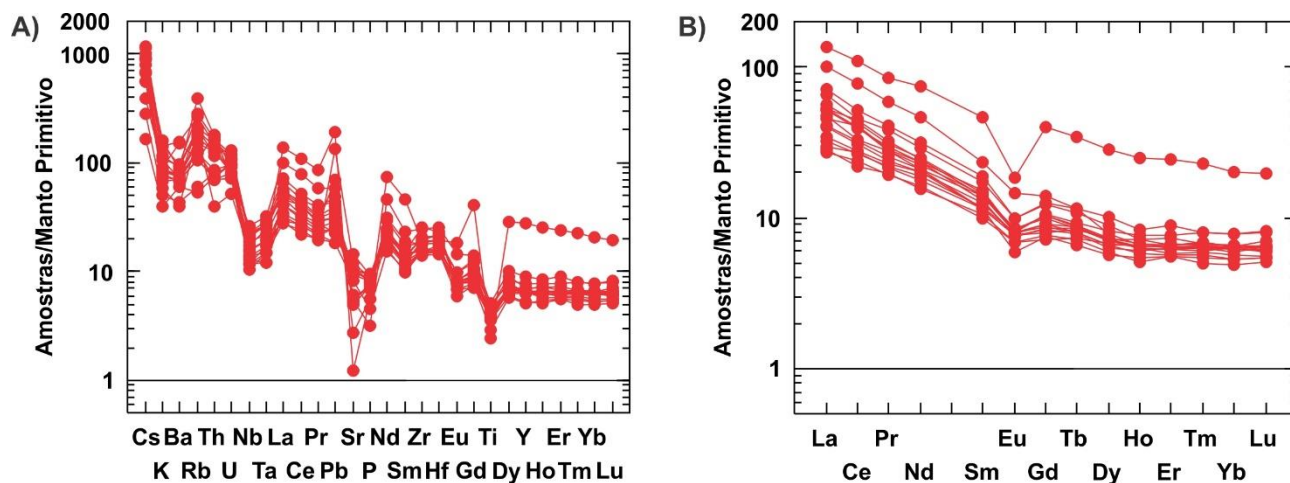


Figura 6. (A) Padrão de distribuição de elementos menores/traços, maiores (K, P, Ti em ppm) e ETR normalizados pelo Manto Primitivo (Taylor & McLennan, 1985) para as amostras analisadas; (B) Padrão de distribuição de ETR normalizados pelo Manto Primitivo (Taylor & McLennan, 1985) para as amostras analisadas.

No diagrama Th/Sc versus Zr/Sc (Figura 7) as amostras analisadas concentram-se próximo ao limite proposto por McLennan et al. (1993) para a mudança de uma tendência de variação composicional da rocha fonte dos sedimentos, relacionada com processos ígneos e o início de um processo de reciclagem sedimentar, preservando, contudo, o *trend* associado a rochas ígneas.

Segundo Taylor & McLennan (1985), rochas sedimentares com razão Th/Sc > 1 sugerem que a fonte de sedimentos são rochas ígneas bastante evoluídas, enquanto a razão Th/Sc < 0,8 refletem contribuições de fontes máficas. Razões Zr/Sc > 10 e Th/U > 4 sugerem uma fonte matura ou reciclagem de sedimentos (Tripathi & Rajamani, 2003) (Figura 7).

Estas razões aplicadas aos metassedimentos do Grupo Araxá sugerem uma fonte matura de

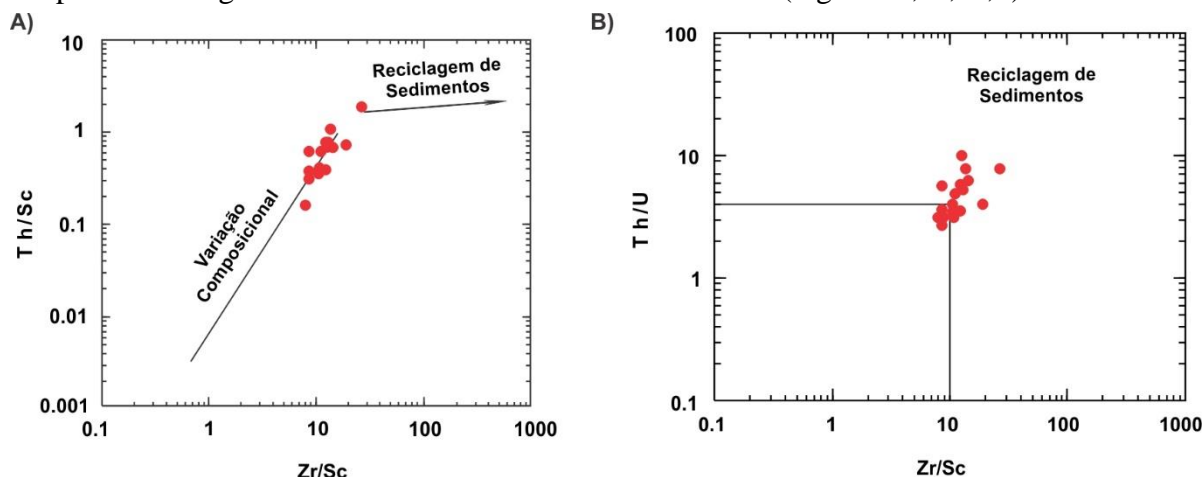


Figura 7. A) Diagrama Th/Sc x Zr/Sc (McLennan et al., 1993); B) Diagrama Th/U x Zr/Sc (modificado de Taylor & McLennan, 1985) das amostras analisadas.

As razões isotópicas $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$ (Tabela 2) obtidas para as amostras de rochas metassedimentares do Grupo Araxá na região de Morrinhos – Marcelândia revelam idades T_{DMNd} variando entre 1,25 e 1,93 Ga, $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ entre -12,87 e -5,15, razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ variando entre 0,1215 – 0,140 e de $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$ variando entre 0,51198 – 0,512374.

Os resultados são semelhantes a dados isotópicos em rochas metassedimentares do Grupo Araxá em outras regiões do Estado de Goiás (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003; Simões, 2005; Klein, 2008; Navarro et al., 2013), que mostram valores $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,079 – 0,234 e $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ entre 0,511397 – 0,512446, além de T_{DMNd} variando entre 1,00 – 2,26 Ga, distribuindo-se em dois conjuntos, um com T_{DMNd} entre 1,00 e 1,46 Ga e outro com T_{DMNd}

rochas félsicas de composição intermediária.

Bhatia & Crook (1986) propuseram a utilização de diagramas binários (Ti/Zr versus La/Sc e La/Y versus Sc/Cr) e ternários (La-Th-Sc, Th-Co-Zr/10 e Th-Sc-Zr/10) para caracterizar a proveniência de sedimentos e determinar o ambiente tectônico de sedimentação.

A utilização destes diagramas para as amostras analisadas sugere que a fonte das rochas metassedimentares são rochas formadas em arcos magmáticos (Figura 8A, B, C, D, E).

Os diagramas discriminantes TiO_2 versus $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}} + \text{MgO}$, $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2)$ versus $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}} + \text{MgO}$, $(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ versus $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}} + \text{MgO}$, $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O})$ versus $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}} + \text{MgO}$ (Bhatia, 1983) também sugerem similaridades químicas com sedimentos de ambientes de arcos de ilha continentais (Figura 8F, G, H, I).

entre 1,76 e 2,26 Ga (Figura 9). A presença marcante de rochas metassedimentares com T_{DMNd} variando entre 1,1 – 1,3 Ga no Grupo Araxá sugere uma fonte neoproterozoica para a origem dos sedimentos, provavelmente rochas relacionadas ao Arco Mágmató de Goiás. As idades mais antigas teriam como fonte rochas relacionadas ao Cráton do São Francisco (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003; Klein, 2008; Navarro et al., 2013).

As razões isotópicas $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$ (Tabela 2) obtidas para as amostras de rochas metassedimentares do Grupo Araxá na região de Morrinhos – Marcelândia revelam idades T_{DMNd} variando entre 1,25 e 1,93 Ga, $\epsilon\text{Nd}_{(0)}$ entre -12,87 e -5,15, razões $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ variando entre 0,1215 – 0,140 e de $^{143}\text{Nd}/^{147}\text{Nd}$ variando entre 0,51198 – 0,512374.

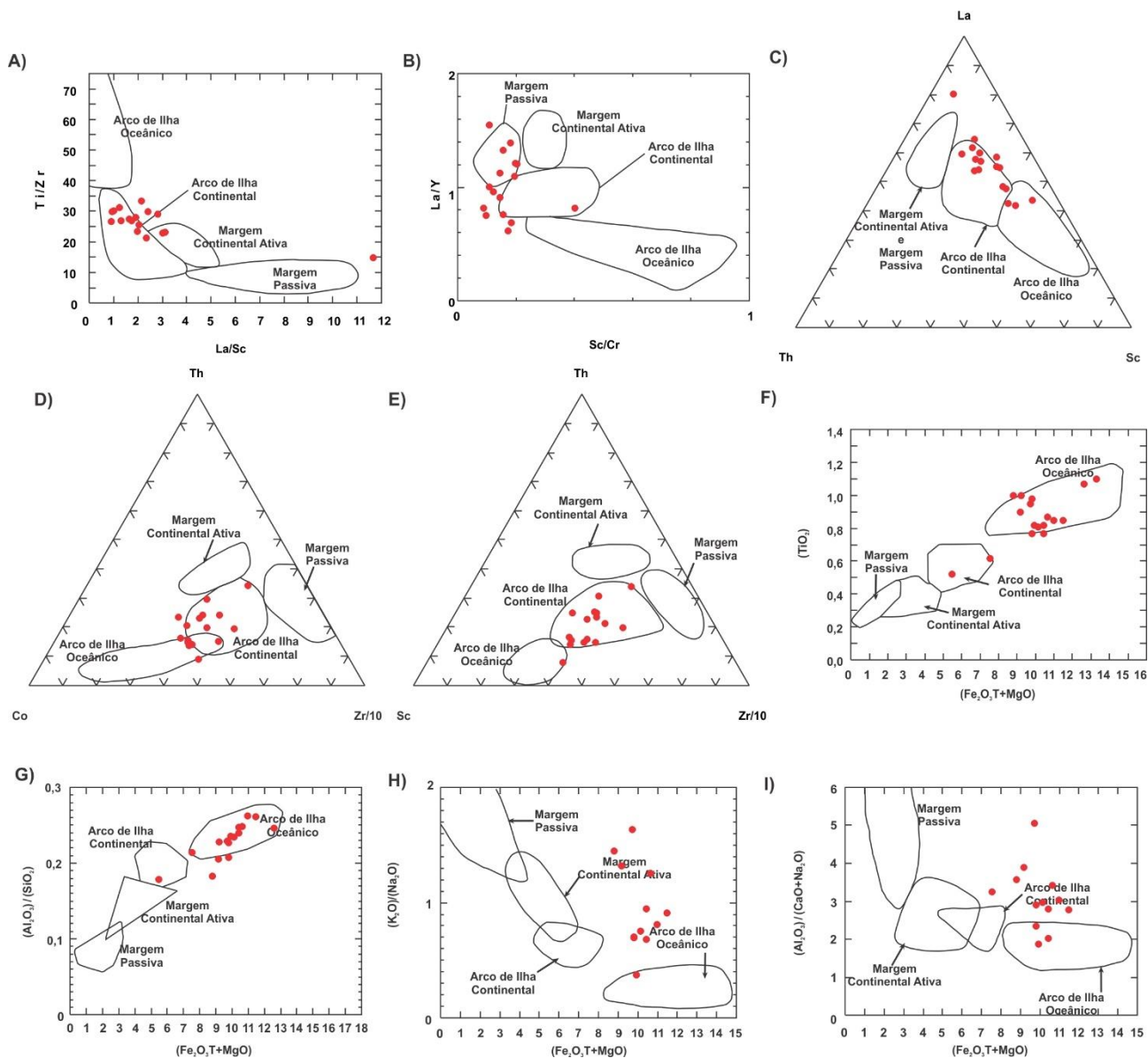
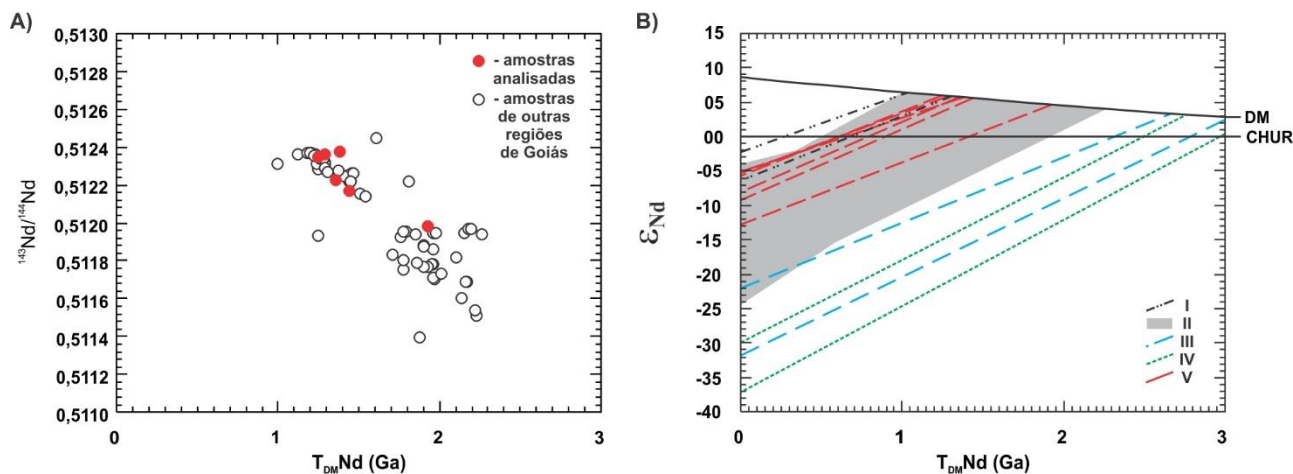


Figura 8. Diagramas discriminantes das amostras analisadas. A), B), C), D) e E) Bhatia & Crook (1986), F), G), H) e I) Bhatia (1983).



- I - Composição isotópica de rochas do Arco Magmático de Goiás (Pimentel e Fuck, 1992)
- II - Composição isotópica de rochas metassedimentares do Grupo Araxá, na porção sul do Estado de Goiás (Pimentel et al., 1999, 2001; Piuzana et al., 2003; Simões, 2005; Klein, 2008; Navarro et al., 2013)
- III - Composição isotópica de rochas do Cráton do São Francisco (Pimentel et al., 2001)
- IV - Composição isotópica de rochas do Maciço Mediano de Goiás (Pimentel et al., 1996)
- V - Composição isotópica das amostras analisadas neste trabalho

Figura 9. A) Composição isotópica $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e idades modelo das amostras analisadas. B) Variação dos valores de ϵNd no tempo geológico das amostras analisadas (modificado de Navarro et al., 2013).

Foram analisados 224 grãos de cristais de zircão (41 cristais de zircão da amostra A54, 61 cristais de zircão da amostra A73, 61 cristais de zircão da amostra A109, 61 cristais de zircão da amostra A115), por LA-ICP-MS. As idades obtidas variam em 3 conjuntos (Figura 10): o primeiro grupo variando entre ~600 a ~1100 Ma (129 cristais de zircão), o segundo grupo variando entre >1100 e

~1500 Ma (60 cristais de zircão), e o terceiro com idades maiores que 1,7 Ga (38 cristais de zircão, com idades entre 1715 a 2731).

As idades obtidas mostram que os cristais de zircão de idade neoproterozoica são os mais abundantes (< 900 Ma), indicando que a principal fonte desses sedimentos são rochas neoproterozoicas (Figura 10).

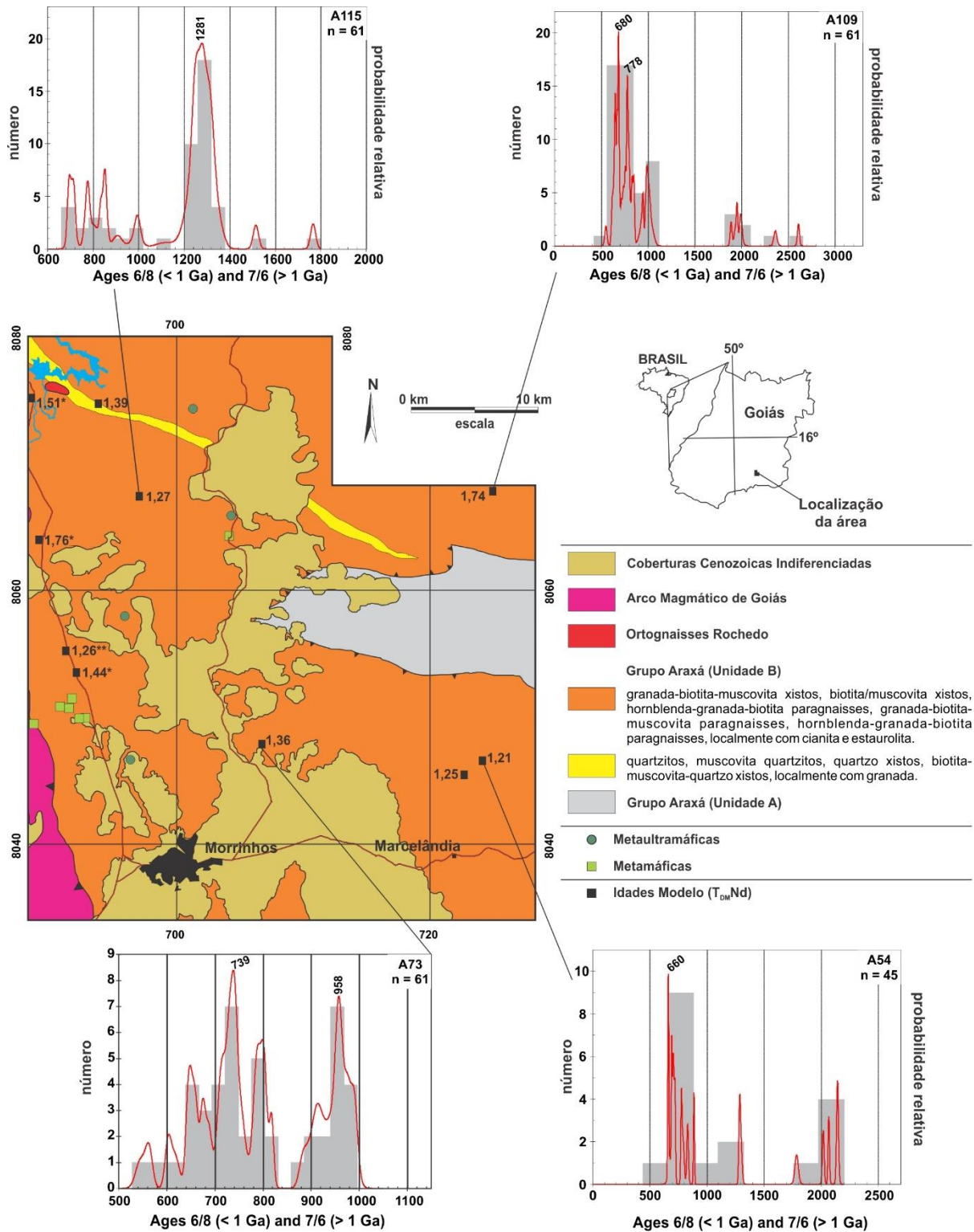


Figura 10 - Mapa geológico simplificado com a localização das amostras analisadas, idades modelo e os respectivos histogramas das idades dos cristais de zircão detríticos analisados. * idades compiladas de Navarro et al. (2013). ** idade compilada de Pimentel et al. (2000)

CONCLUSÃO

As razões $La_{(N)}/Lu_{(N)}$, La/Sc , Th/Sc , La/Co , Th/Co , Cr/Th e Th/U obtidas para as amostras de rochas metassedimentares do Grupo Araxá na região de Morrinhos – Rochedo – Marcelândia, sugerem que estas rochas são derivadas de rochas ígneas félsicas. As idades modelo T_{DMNd} obtidas possuem valores entre 1,21 e 1,76 Ga, sugerindo duas fontes para as rochas metassedimentares, uma fonte neoproterozoica (Arco Magmático de Goiás) e outra mais antiga relacionada a rochas meso-paleoproterozoicas. As idades U/Pb em cristais de zircão também sugerem a contribuição de uma fonte neoproterozoica (<1,0 Ga) e uma contribuição de outra fonte mais antiga mesoproterozoica (>1,0 Ga). A congruência destes dados geocronológicos com as assinaturas geoquímicas das rochas analisadas permite afirmar que grande parte das rochas metassedimentares do Grupo Araxá na região tem como fonte rochas formadas em arcos magmáticos neoproterozoicos.

As idades U/Pb obtidas em cristais de zircão para as rochas metassedimentares da *Nappe* de Passos (Valeriano et al., 2004) são predominantemente mesoproterozoicas ou mais antigas (>1,2 Ga),

enquanto as idades obtidas para as fontes das rochas metassedimentares do Grupo Araxá na região de Morrinhos – Marcelândia são predominantemente neoproterozoicas (<1,0 Ga), com contribuições restritas de fontes mais antigas (>1,0 Ga), sugerindo duas fontes distintas e/ou provavelmente ambientes deposicionais diferentes, para as rochas metassedimentares da “Bacia Araxá”.

Para Dardenne (2000), Trouw et al. (2000) e Valeriano et al. (2004) as rochas metassedimentares da *Nappe* de Passos são parte de uma sequência sedimentar de margem passiva que se estabeleceu no entorno do Cráton do São Francisco durante o Neoproterozoico. Entretanto, as rochas metassedimentares da região de Morrinhos – Marcelândia possuem assinaturas químicas de sedimentos derivados de rochas formadas em arcos magmáticos.

Como as características químicas/mineralógicas dos sedimentos são influenciadas pela proximidade com a área fonte e com o tipo de litologias que compõem essa área, os dados apresentados indicam que os sedimentos do Grupo Araxá foram depositados em bacias tipo *fore arc*, durante o neoproterozoico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2013/04235-2.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, V.A.; GODOL, P.V.B.; ARAUJO, H.O.; MORETON, E.S.; SILVA, L.C.; SA, M.A.D.; MARTINS, A.M.; MATOS, E.G.; ANDRADE, S.H.S.; SALES, R.; BEBERT, C.O.; OLIVATTI, O. **Projeto Pontalina – Fase I**. Goiânia: SURGEO/GO, DNPM, CPRM. 1980, 7v.
- ARMSTRONG-ALTRIN, J.S. Provenance of sands from Cazonas, Acapulco, and Bahía Kino beaches, México. **Rev. Mex. Cienc. Geol.**, v. 26, n. 3, p. 764–782, 2009.
- ARMSTRONG-ALTRIN, J.S. & VERMA, S.P. Critical evaluation of six tectonic setting discrimination diagrams using geochemical data of Neogene sediments from known tectonic settings. **Sedimentary Geology**, v. 177, p. 115–129, 2005.
- BAKKIARAJ, D.; NAGENDRA, R.; NAGARAJAN, R.; ARMSTRONG-ALTRIN, J.S. Geochemistry of sandstones from the Upper Cretaceous Sillakkudi Formation, Cauvery Basin, southern India: implication for provenance. **J. Geol. Soc. India**, n. 76, p. 453–467, 2010.
- BARBOSA, O. Guia de excursão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, IX, Araxá, 1955. **Noticiário...** Araxá: Sociedade Brasileira de Geologia, nº 3, p. 1-7.
- BARBOSA, O.; BRAUN, O.P.G.; CARTNER-DYER, R.; CUNHA, C.A.B. **Geologia da Região do Triângulo Mineiro**. Ministério das Minas e Energia (MME), Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Divisão de Fomento da Produção Mineral (DFPM). Rio de Janeiro, Boletim 136, 210p, 1970a.
- BARBOSA, O.; BAPTISTA, M. B.; INDA, H.; MARCHETTO, M.; ARAÚJO, A.G.; BRAUN, O.P.C.; MARTIN, O.; CARTNER-DYER, R., REN, C.; MENEGUETTO, G.; ANDRADE, R.; SEIXAS, S.R.M.; REIS, A.; COTTA, J.C.; SILVA, W.G.; DUTRA, C.V. **Projeto Goiânia – Relatório Preliminar**. Ministério das Minas e Energia (MME), Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), 6º Distrito Centro-Oeste, Prospec S.A. 74p., 1970b.
- BARBOSA, O.; SORIANO, C.R.; ARRUDA, M.; BAPTISTA, M.B.; CARTNER-DYER, R.; BRAUN, O.P.G.; INDA, H.; MARCHETTO, M.; FRATIN, O.; SEIXAS, S.R.M.; MENEGUETTO, G.; REN, C.; COTTA, J.C. **Projeto Brasília – Goiás**. Ministério das Minas e Energia (MME), Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Prospec S.A. 225 p., 1969.
- BASSON, I.J.; PERRITT, S.; WATKEYS, M.K.; MENZIES, A.H. Geochemical Correlation Between Metasediments of the Mfongosi Group of the Natal Sector of the Namaqua-Natal Metamorphic Province, South Africa and the Ahlmannryggen. Group of the Grunehogna Province, Antarctica. **Gondwana Research**, v. 7, p. 1, p. 57-73, 2004.
- BHATIA, M.R. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. **The Journal Of Geology, Chicago**, v. 91, n. 6, p. 611-627, 1983.
- BHATIA, M.R. & CROOK, K.A.W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 92, p. 181-193, 1986.
- BROD, J.A.; LEONARDOS, O.H.; MENESES, P.R.; ALMEIDA, R.; ARAÚJO, R.N.J.; BLANCO, S.B.; CARDOSO, F.B.F.; CARVALHO Jr., O.A.; JUNQUEIRA, F.F.; RIEHL Jr, W.; SOUZA, J.C.F.; TALLARICO, F.H.T.; THOMSEM, F.P.R.; ALBUQUERQUE, M.A.C.; BERBET, M.L.C.; CERQUEIRA, M.R.S.; CHAGAS, M.A.; DIAS, R.R.; LIMA, C.V.; NAKAMURA, E.T.; PORTO S. G.; ROMÃO, P.A.; SANTOS, P.C.V. Tectono-estratigrafia da Faixa Brasília na região do Alto Paranaíba. In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, III, Cuiabá, 1991. **Anais...** Cuiabá: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 3, p. 155-168, 1991.

- BÜHN, B.; PIMENTEL, M.M.; MATTEINI, M.; DANTAS, E.L. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81, n° 1, p. 99-114, 2009.
- CAMPO, M. & GUEVARA, S.R. Provenance analysis and tectonic setting of late Neoproterozoic metasedimentary successions in NW Argentina. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 19, p. 43–153, 2005.
- CAMPOS NETO, M.C., BASEI, M.A.S., JANASI, V.A., MORAES, R. Orogen migration and tectonic setting of the Andrelândia Nappe system: An Ediacaran western Gondwana collage, south of São Francisco craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, p. 393-406, 2011.
- CULLERS, R.L. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian – Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies. **Lithos**, v. 51, p. 181–203, 2000.
- CULLERS, R.L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. **Chemical Geology**, v. 191, p. 305–327, 2002.
- CULLERS, R.L.; YEH, L.T.; CHAUDHURI, S.; GUIDOTTI, C.V. Rare earth elements in Silurian pelitic schists from N.W. Maine. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 38, p. 389–400, 1974.
- DARDENNE, M.A. The Brasília fold belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (Eds.), **Tectonic Evolution of South America** (231-264). Thirty-first International Geological Congress, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000.
- DE PAOLO, D.J. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc-alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges, Califórnia. **Journal of Geophysical Research**, v. 86, p. 10470-10488, 1981.
- DRAKE Jr., A.A. The Serra de Caldas windows. **Tectonic Studies in the Brazilian shield**. U. S. Geological Survey, **Professional Paper**, 1999-A, B. p. A1 – A11, 1980.
- ETEMAD-SAEED, N.; HOSSEINI-BARZI, M.; ARMSTRONG-ALTRIN, J.S. Petrography and geochemistry of clastic sedimentary rocks as evidence for provenance of the Lower Cambrian Lalun Formation, Posht-ebadam block, Central Iran. **Journal of African Earth Sciences**, v. 61, p. 142–159, 2011.
- FATIMA, S. & KHAN, M.S. Petrographic and geochemical characteristics of Mesoproterozoic Kumbalgarh clastic rocks, NW Indian shield: implications for provenance, tectonic setting, and crustal evolution. **International Geology Review**, v. 54, n. 10, p. 1113–1144, 2012.
- FENG, R.; KERRICH, R.; MAAS, R. Geochemical, oxygen, and neodymium isotope compositions of metasediments from the Abitibi greenstone belt and Pontiac Subprovince, Canada: Evidence for ancient crust and Archean terrane juxtaposition. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 57, p. 641-658, 1993.
- FLOYD, P.A., WINCHESTER, J.A., PARK, R. G. Geochemistry and Tectonic Setting of Lewisian Clastic Metasediments from the Early Proterozoic Loch Maree Group of Gairloch, NW Scotland. **Precambrian Research**, v. 45, p. 203-214, 1989.
- FU, X.; WANG, J.; ZENG, Y.; TAN, F.; FENG, X. REE geochemistry of marine oil shale from the Changshe Mountain area, northern Tibet, China. **International Journal of Coal Geology**, v. 81, p. 191–199, 2010.
- FUCK, R.A. Dobramentos neoproterozoicos da margem Ocidental do Cráton do São Francisco: revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXXVI, Natal, 1990. **Anais...Natal: Sociedade Brasileira de Geologia**, 1990, v. 1, 288-289.
- FUCK, R.A. & MARINI, O.J. O Grupo Araxá e unidades homotaxiais. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIAS, I, Salvador, 1981. **Anais...Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia**, p. 118-130.
- GUO, Q.; XIAO, W.; WINDLEY, B. F.; MAO, Q.; HAN, C.; QU, J.; AO, S.; LI, J.; SONG, D.; YONG, Y. Provenance and tectonic settings of Permian turbidites from the Beishan Mountains, NW China: implications for the Late Paleozoic accretionary tectonics of the Southern Altaids. **Journal of Asian Earth Sciences**, v. 49, p. 54–68, 2011.
- HASUI, Y. Sistema Orogênico Tocantins. In: Y. Hasui, C.D.R. Carneiro, F.F.M. Almeida, A. Bartorelli (Eds.), **Geologia do Brasil** (289-325). São Paulo: Beca, 2012.
- KLEIN, P.B.W. **Geoquímica de rocha total, geocronologia de U - Pb e geologia isotópica de Sm – Nd das rochas ortognaissicas e unidades litológicas associadas da região de Ipameri – Catalão (Goias)**. Brasília, 2008. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2008.
- LACERDA FILHO, J.V.; REZENDE, A.; SILVA, A. **Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. 1:500.000. 2ª edição. Goiânia: conv. CPRM – Superintendência Regional de Goiânia/METAGO S.A./UnB., 217 p., 1999.
- MCLENNAN, S.M.; HEMMING, S.; MCDANIEL, D.K.; HANSON, G.N. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. **Geological Society of America, Special Paper**, v. 284, p. 21-40, 1993.
- MOREIRA, M.L.O.; MORETON, L.C.; ARAÚJO, V.A.; LACERDA FILHO, J.V.; COSTA, H.F. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. 1:500.000**. Goiânia: CPRM/SIC – FUNMINERAL. Programa Geologia do Brasil: Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Programa Geologia e Mineração do Estado de Goiás: Geração e Disponibilização de Informações Geológicas e do Potencial Mineral de Goiás. 143 p., 2008.
- NAVARRO, G.R.B.; MORAES, R.; ZANARDO, A.; SIMÕES, L.S.A.; CONCEIÇÃO, F.T. Trajetória P-T e condições do metamorfismo usadas como ferramenta para a compartimentação tectônica da Faixa Brasília em Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 3, p. 544-559, 2009.
- NAVARRO, G.R.B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F.T.; MORAES, R.; SIMÕES, L.S.A. Química Mineral e Estimativas de Pressão e Temperatura em Rochas Metasedimentares do Grupo Araxá na Região de Morrinhos, Sul do Estado de Goiás. **Geologia USP, Série Científica**, v. 11, n. 2, p. 3-20, 2011.
- NAVARRO, G.R.B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F.T. Grupo Araxá em Goiás, um exemplo de bacia tipo fore arc neoproterozoica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XLVI, Santos, 2012. **Anais...Santos: Sociedade Brasileira de Geologia**, 2012.
- NAVARRO, G.R.B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F.T. O Grupo Araxá na Região Sul-Sudoeste do Estado de Goiás. **Geologia USP, Série Científica**, v. 13, n. 2, p. 5-28, 2013.
- NAVARRO, G.R.B.; ZANARDO, A.; CONCEIÇÃO, F.T. Ortognaisses peraluminosos associados ao Grupo Araxá na região de Rochedo, Goiás. **Geociências**, v. 33, n. 4), p. 672-685, 2014.
- PE-PIPER, G.; TRIANTAFYLIDIS, S.; PIPER, D. J. W. Geochemical identification of clastic sediment provenance from known sources of similar geology: the Cretaceous Scotian Basin, Canada. **Journal of Sedimentary Research**, v. 78, p. 595-607, 2008.
- PIMENTEL, M.M., FUCK, R.A., FISCHER, D.P. Estudo isotópico Sm-Nd regional da porção central da Faixa Brasília: implicações para idade e origem dos granulitos do Complexo Anápolis-Itaçu e sedimentos do Grupo Araxá. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, v. 2, p. 271-276, 1999.
- PIMENTEL, M.M.; FUCK, R.A.; JOST, H.; FERREIRA FILHO, C.F.; ARAÚJO, S.D. The basement of the Brasília fold belt and the Goiás magmatic arc. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (Eds.), **Tectonic Evolution of South America** (195-229). Thirty-first International Geological Congress, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000.
- PIMENTEL, M.M.; DARDENNE, M.A.; FUCK, R.A.; VIANA, M.G., JUNGES, S.L.; SEER, H.J.; FISCHER, D.P. Nd isotopes

- and the provenance of sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, p. 571-585, 2001.
- PIMENTEL, M.M.; RODRIGUES, J.B.; DELLAGIUSTINA, M.E.S.; JUNGES, S.; MATTEINI, M.; ARMSTRONG, R. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U -Pb sedimentary provenance data: A review. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 31, p. 34-357, 2011.
- PIUZANA, D.; PIMENTEL, M.M.; FUCK, R. A.; ARMSTRONG, R. SHRIMP U-Pb and Sm-Nd data for the Araxá Group and associated magmatic rocks: constraints for the age of sedimentation and geodynamic context of the southern Brasília Belt, central Brazil. **Precambrian Research**, v. 125, p. 139-160, 2003.
- RADAMBRASIL, Projeto. **Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro, 1983, 780 p.
- RAHMAN, M.J.J. & SUZUKI, S. Geochemistry of sandstones from the Miocene Surma Group, Bengal Basin, Bangladesh: Implications for Provenance, tectonic setting and weathering. **Geochemical Journal**, v. 41, p. 415-428, 2007.
- RAZA, M.; BHARDWAJ, V.R.; AHMAD, A.H.M.; MONDAL, M.E.A.; KHAN, A.; KHAN, M.S. Provenance and weathering history of Archaean Naharmagra quartzite of Aravalli craton, NW Indian Shield: Petrographic and geochemical evidence. **Geochemical Journal**, n. 44, p. 331-345, 2010.
- RAZA, M.; AHMAD, A.H.M.; KHAN, M.S.; KHAN, F. Geochemistry and detrital modes of Proterozoic sedimentary rocks, Bayana Basin, north Delhi fold belt: implications for provenance and source-area weathering. **International Geology Review**, v. 54, n. 1, p. 111-129, 2012.
- ROSER, B. P.; COOPER, R.A.; NATHAN, S.; TULLOCH, A.J. Reconnaissance sandstone geochemistry, provenance, and tectonic setting of the Lower Paleozoic terranes of the West Coast and Nelson, New Zealand. **New Zealand Journal of Geology and Geophysics**, n. 39, p. 1-16, 1996.
- RYAN, K.M. & WILLIAMS, D.M. Testing the reliability of discrimination diagrams for determining the tectonic depositional environment of ancient sedimentary basins. **Chemical Geology**, v. 242, p. 103-125, 2007.
- SANTOS, M.N.; CHEMALE JR., F.; DUSSIN, I.A.; MARTINS, M.S.; QUEIROGA, G.; PINTO, R.T.R.; SANTOS, A.N.; ARMSTRONG, R. Provenance and paleogeographic reconstruction of a mesoproterozoic intracratonic sag basin (Upper Espinhaço Basin, Brazil). **Sedimentary Geology**, v. 318, p. 40-57, 2015.
- SELVARAJ, K. & CHEN, C.T.A. Moderate chemical weathering of subtropical Taiwan: Constraints from solid-phase geochemistry of sediments and sedimentary rocks. **The Journal of Geology**, v. 114, v. 1, p. 101-116, 2006.
- SIMÕES, L.S. A. **Compartmentos Crustais do Domínio Interno da Faixa Brasília no sul do estado de Goiás**. Rio Claro, 2005. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- SLACK, J.F. & STEVENS, B.P.J. Clastic metasediments of the Early Proterozoic Broken Hill Group, New South Wales, Australia: Geochemistry, provenance, and metallogenic significance. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 58, p. 17, p. 3633-3652, 1994.
- STRIEDER, A.J. & NILSON, A.A. Melange ofiolítica nos metassedimentos Araxá de Abadiânia (GO) e implicações tectônicas regionais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 2, p. 204-215, 1992.
- TAYLOR, S.R. & MCLENNAN, S.M. The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. **Philosophical Transactions of The Royal Society**, v. 301, p. 381-399, 1981.
- TAYLOR, S.R. & MCLENNAN, S.M. **The continental crust: its composition and evolution**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 312p, 1985.
- TRIPATHI, K.J. & RAJAMANI, V. Geochemistry of Proterozoic Delhi quartzite: Implications for the provenance and source area weathering. **Journal Geological Society of India**, v. 62, p. 215-226, 2003.
- TROUW, R.A.J., HEILBRON, M., RIBEIRO, A., PACIULLO, F.V.P., VALERIANO, C.M., ALMEIDA, J.C.H., TUPINAMBÁ, M., ANDREIS, R.R. The central segment of the Ribeira belt. In: U. G. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz Filho, D. A. Campos (Eds.), **Tectonic Evolution of South America** (287-310). Thirty-first International Geological Congress, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000.
- UGARKAR, A.G. & NYAMATI, R.C. Geochemical Characteristics of Archean Clastic Metasediments of Gadag Gold Field, Southern India: Implications for Provenance and Tectonic Setting. **Gondwana Research**, v. 5, n. 1, p. 245-255, 2001.
- VALENTE, C.R. **Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais - Folha Morrinhos, SE.22-X-D**. Brasília: DNPM/CPRM/SRG, 18 p, 1986.
- VALERIANO, C.M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, A.; VALLADARES, C.S.; SEER, H.J.; SIMÕES, L.S.A. U-Pb geochronology of the southern Brasília belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West Gondwana. **Precambrian Research**, v. 130, p. 27-55, 2004.
- VALERIANO, C.M.; MEDEIROS, S.R.; VAZ, G.S., NETO, C.C. Sm-Nd isotope dilution TIMS analyses of BCR-1, AGV-1 and G-2 USGS rock reference materials: first results from the LAGIR Laboratory at UERJ, Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO 45 ANOS DE GEOCRONOLOGIA NO BRASIL, São Paulo, 2009. Atas...São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2009, v. 1, 146-148.
- VON EYNATTEN, H. & DUNKL, I. Assessing the sediment factory: the role of single grain analysis. **Earth-Science Reviews**, v. 115, p. 97-120, 2012.
- WELTJE, G.J. Quantitative models of sediment generation and provenance: state of the art and future developments. **Sedimentary Geology**, v. 280, p. 4-20, 2012.
- WELTJE, G.J. Ternary sandstone composition and provenance: an evaluation of the Dickinson Model. In: A. Buccianti, G. Mateu-Figueras, V. Pawlowsky-Glahn (Eds.), **Compositional Data Analysis in the Geosciences: From Theory to Practice** (v. 264, 79-99, 2006), London: The Geological Society London, Special Publications.
- WESTIN, A. & CAMPOS NETO, M.C. Provenance and tectonic setting of the external nappe of the Southern Brasília Orogen. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p. 220-239, 2013.
- ZAID, S.M. Provenance, diagenesis, tectonic setting and geochemistry of Rudies sandstone (Lower Miocene), Warda Field, Gulf of Suez, Egypt. **Journal African Earth Science**, v. 66-67, p. 56-71, 2012.
- ZANARDO, A. **Análise petrográfica, estratigráfica e microestrutural da região de Guaxupé-Passos-Delfinópolis (MG)**. Rio Claro, 1992. 288p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP).
- ZANARDO, A.; OLIVEIRA, M.A.F.; DEL LAMA, E.A.; CARVALHO, S.G. Geologia do Grupo Araxá de Passos-São Sebastião do Paraíso, sul de Minas Gerais. **Geociências**, v. 15, n. 1, p. 253-278, 1996.

Submetido em 06 de outubro de 2017

Aceito em 20 de setembro de 2019

APÊNDICE

Tabela 1. Teores de elementos maiores (em %), elementos traço (em ppm) e ETR (em ppm) das amostras analisadas.

Amostra	A5	A54	A55	A71	A73	A75	A109	A112	A114
SiO ₂	62,5	65,13	64,45	64,28	69,54	72,53	66,11	62,81	58,29
TiO ₂	0,87	0,77	0,81	0,62	1	0,52	1	0,77	1,1
Al ₂ O ₃	15,54	14,75	15,12	13,74	12,7	12,93	15,08	15,54	18,76
Fe ₂ O ₃ T	7,18	6,52	6,75	5,38	6,67	4,29	6,91	7,96	10,22
MnO	0,11	0,15	0,11	0,11	0,12	0,06	0,1	0,14	0,17
MgO	3,46	3,28	3,38	2,15	2,13	1,2	2,32	2,47	3,07
CaO	1,94	2,12	2,12	3,07	1,75	0,1	0,79	5,1	1,01
Na ₂ O	2,59	2,94	2,97	1,16	1,81	0,07	1,2	2,58	1,46
K ₂ O	3,25	2,05	2,23	4,23	2,62	4,79	3,51	1,76	4,24
P ₂ O ₅	0,2	0,18	0,18	0,12	0,15	0,12	0,17	0,1	0,16
LOI	2,1	1,9	1,6	4,9	1,3	3,2	2,6	0,6	1,3
Total	99,75	99,78	99,78	99,77	99,79	99,78	99,79	99,83	99,75
Sc	16	16	17	12	15	8	16	22	23
V	113	132	146	63	114	58	118	136	159
Cr	102,63	130,00	116,31	109,47	136,84	82,10	88,94	54,73	116,31
Co	20,5	19,4	19	13,7	15,9	7,7	19,7	17,1	26,6
Ni	53,1	50,4	54,1	25,3	42,4	10,4	42,1	12,7	61,2
Cu	21,7	34,9	46,2	0,8	14,7	25,7	57,1	16,2	57,9
Zn	88	84	84	46	87	40	77	66	109
Rb	131,8	66,2	79,6	169,2	95,1	249,7	125,9	114,5	176,3
Cs	9,1	4,4	5,4	7	5,3	7,1	7,1	7,9	8,9
Sr	217,1	213,2	229,2	58,1	123	25,5	111,8	173,4	105,4
Ba	647	491	485	1084	533	602	627	280	676
Y	29	28,8	30,8	23,4	35,1	124,3	32,5	23,9	40,5
Zr	175,2	172,4	177,6	162,5	282,5	211,5	205,7	173,8	198
Hf	4,8	4,6	4,8	4,7	7,2	6	6	4,6	5,6
Nb	15,1	8,3	8,3	12,4	14,8	11,4	15,5	10,8	15,9
Ta	1,1	0,7	0,6	1	1,1	0,8	1,1	0,8	1,2
Pb	2,5	1,7	2	4,9	2,2	13,4	3,5	1,3	3,1
Th	9,8	6,3	6	12,5	10,7	15	12,1	3,4	14,1
U	2	2	1,5	1,6	2,7	1,9	2,3	1,1	2,5
Ga	19,3	17	17,3	16,8	14,8	17,9	19,2	19,2	25,8
La	38,5	27,6	28	36,3	35,3	93,4	45,1	19,6	49,2
Ce	74,9	54,5	57	71,5	68,7	195,1	80,5	39	91,7
Pr	8,58	6,57	6,95	7,71	8,11	23,46	10,59	5,44	11,32
Nd	33,7	27	28,3	28,4	31,6	100,4	39,6	21	42,5
Sm	6,48	5,51	6,19	5,15	6,7	20,47	7,7	4,64	8,42
Eu	1,39	1,31	1,42	1	1,35	3,1	1,67	1,16	1,67
Gd	6,13	5,46	5,89	4,44	6,31	23,97	7,27	4,61	7,54
Tb	0,95	0,87	0,93	0,71	1,01	3,71	1,16	0,77	1,23
Dy	5,32	4,86	5,3	4,18	5,98	21,06	6,53	4,33	7,39
Ho	1,03	1,07	1,18	0,89	1,26	4,12	1,17	0,83	1,38
Er	2,81	3,12	3,17	2,64	3,71	11,62	3,49	2,66	4,27
Tm	0,44	0,47	0,5	0,4	0,59	1,68	0,5	0,37	0,59
Yb	2,77	2,93	3,25	2,61	3,85	10,01	3,21	2,41	3,82
Lu	0,41	0,48	0,48	0,4	0,6	1,45	0,47	0,38	0,59
ΣETR	183,41	141,75	148,56	166,33	175,07	513,55	208,96	107,2	231,62
ΣETRL	163,55	122,49	127,86	150,06	151,76	435,93	185,16	90,84	204,81
ΣETRP	19,86	19,26	20,7	16,27	23,31	77,62	23,8	16,36	26,81
La _(N) /Eu _(N)	6,77	5,15	4,82	8,88	6,39	7,37	6,60	4,13	7,20
Gd _(N) /Lu _(N)	1,86	1,41	1,52	1,38	1,31	2,05	1,92	1,51	1,59
La _(N) /Lu _(N)	10,11	6,19	6,28	9,78	6,34	6,94	10,34	5,56	8,98
Eu*	0,67	0,72	0,71	0,62	0,63	0,43	0,67	0,76	0,63
La/Sc	2,41	1,73	1,65	3,03	2,35	11,68	2,82	0,89	2,14
Th/Sc	0,61	0,39	0,35	1,04	0,71	1,88	0,76	0,15	0,61
La/Co	1,88	1,42	1,47	2,65	2,22	12,13	2,29	1,15	1,85
Th/Co	0,48	0,32	0,32	0,91	0,67	1,95	0,61	0,20	0,53
Cr/Th	10,47	20,63	19,39	8,76	12,79	5,47	7,35	16,10	8,25

Tabela 1. Teores de elementos maiores (em %), elementos traço (em ppm) e ETR (em ppm) das amostras analisadas (continuação)

Amostra	A115	2009-0*	2009-35*	2009-36*	2009-59*	2009-60*	2009-61*	2009-62*
SiO ₂	64,04	61,94	66,91	64,11	66,45	68,39	63,15	62,96
TiO ₂	0,82	0,85	0,98	0,82	0,95	0,9	1,07	0,86
Al ₂ O ₃	15,33	16,16	13,89	15,08	15,23	14,03	15,55	16,89
Fe ₂ O ₃ T	6,96	7,85	6,9	6,76	7,56	6,83	8,94	7,54
MnO	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,11	0,11	0,11
MgO	3,49	3,65	2,89	3,18	2,16	2,33	3,66	2,9
CaO	2,8	3,05	3,77	4,85	1,08	1,59	0,84	0,94
Na ₂ O	2,67	2,78	2,15	3,18	1,94	2,02	0,6	1,29
K ₂ O	2,53	2,53	1,51	1,2	3,17	2,67	2,77	4,06
P ₂ O ₅	0,18	0,21	0,19	0,2	0,17	0,15	0,07	0,19
LOI	0,8	0,6	0,5	0,3	1	0,8	2,9	2
Total	99,78	99,75	99,82	99,81	99,81	99,8	99,7	99,74
Sc	17	20	18	18	18	16	22	20
V	145	159	137	126	124	123	129	144
Cr	116,31	109,47	205,26	116,31	88,94	82,10	75,26	95,79
Co	19,8	21,4	16,2	17,8	20,4	19,8	19,5	59,2
Ni	60,2	69,7	46,8	41,4	45	45,4	25,6	72,8
Cu	36,5	42,4	30,5	14	33,1	52,5	1,5	43,6
Zn	91	100	69	50	79	78	87	106
Rb	83,4	77,8	38,5	34,1	131,1	108,7	67,9	147,7
Cs	5,2	4,4	2,2	1,3	7,3	6,3	3,1	7,1
Sr	194,7	222,2	205,3	305,6	115,8	126,7	115,8	131,7
Ba	514	530	306	419	500	519	1039	712
Y	28,9	29,2	28,7	29	30,3	28,8	29,3	33,2
Zr	176,5	169,1	218,7	156,9	222,4	229,9	278,5	199
Hf	4,8	5,4	6,7	4,4	6,5	6,6	7,8	5,9
Nb	8,4	9,7	9,1	7,5	15,9	13,4	18,5	13,4
Ta	0,5	0,7	0,5	0,6	1,1	0,9	1,3	1
Pb	1,6	1,8	1,8	1,3	2,8	2,2	4,1	4
Th	5,9	7,3	6,8	6,2	13,5	10,6	15,1	12,1
U	1,7	2	1,9	2	2,3	1,7	1,5	3,2
Ga	18,4	18,8	14,3	15,9	19	18,2	21,4	22,4
La	32,5	20,2	23,4	22	36,5	31,5	68,3	33,9
Ce	58,9	47,7	49,6	47	78,6	72,4	138,1	73,6
Pr	7,6	5,88	6,28	6,11	8,83	7,79	16,22	8,35
Nd	30,2	23,9	27	25,6	33	31,5	62,7	33,5
Sm	6,31	5,1	5,16	5,18	6,23	5,83	10,32	6,3
Eu	1,37	1,28	1,28	1,35	1,35	1,26	2,45	1,32
Gd	6,16	4,79	4,98	5,15	5,47	5,1	8,26	5,63
Tb	0,96	0,9	0,84	0,86	0,95	0,93	1,24	0,97
Dy	5,37	5,39	4,66	4,83	5,28	5,16	5,78	5,7
Ho	1,02	1,1	0,99	0,95	1,06	1,04	1,08	1,13
Er	2,97	3,13	3,01	2,75	3,21	2,95	3	3,31
Tm	0,45	0,51	0,49	0,42	0,49	0,47	0,47	0,51
Yb	3,1	3,2	3,07	2,6	3,14	3,05	3,16	3,29
Lu	0,44	0,47	0,48	0,4	0,49	0,45	0,52	0,52
ΣETR	157,35	123,55	131,24	125,2	184,6	169,43	321,6	178,03
ΣETRL	136,88	104,06	112,72	107,24	164,51	150,28	298,09	156,97
ΣETRP	20,47	19,49	18,52	17,96	20,09	19,15	23,51	21,06
La _(N) /Eu _(N)	5,80	3,86	4,47	3,99	6,61	6,11	6,82	6,28
Gd _(N) /Lu _(N)	1,74	1,27	1,29	1,60	1,39	1,41	1,97	1,34
La _(N) /Lu _(N)	7,96	4,63	5,25	5,92	8,02	7,54	14,15	7,02
Eu*	0,66	0,78	0,76	0,79	0,69	0,69	0,79	0,66
La/Sc	1,91	1,01	1,30	1,22	2,03	1,97	3,10	1,69
Th/Sc	0,35	0,37	0,38	0,34	0,75	0,66	0,69	0,60
La/Co	1,64	0,94	1,44	1,24	1,79	1,59	3,50	0,57
Th/Co	0,30	0,34	0,42	0,35	0,66	0,54	0,77	0,20
Cr/Th	19,71	15,00	30,19	18,76	6,59	7,75	4,98	7,91

* - amostras de Navarro et al. (2013)

Tabela 2. Resultados das análises Sm/Nd em rocha total de rochas metassedimentares do Grupo Araxá.

	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	($\pm 2\text{SE}$)	$^{147}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon\text{Nd}(0)$	TDM
2014-5	6,4	32,0	0,512167	0,000005	0,1215	-9,2	1,39
2015-54	5,3	24,7	0,512350	0,000007	0,1296	-5,6	1,21
2015-55	7,0	31,5	0,512362	0,000007	0,1339	-5,4	1,25
2015-73	6,0	28,8	0,512227	0,000006	0,1261	-8,0	1,36
2015-109	8,1	39,1	0,511978	0,000005	0,13	-12,9	1,74
2015-115	6,2	27,5	0,512374	0,000008	0,14	-5,2	1,27

Tabela 3. Resultados das análises U/Pb (LA-ICP-MS) em cristais de zircão das amostras A54, A73, A109 e A115.

Amostra	²⁰⁴ Pb cps	²⁰⁶ Pb mV ¹	Tb/U	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	1s %	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1s %	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1s %	Rho	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2s abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	2s abs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	2s abs	% U-Pb disc ^f
A54																	
049-Zir34	363	0,0171	0,037	4164	11,26	3,878	2,29	0,2367	1,28	0,56	1938	66	1369	31	1609	37	29,36
029-Zir19	835	0,0140	0,264	1024	3,93	5,052	5,76	0,2970	4,82	0,84	2005	109	1676	142	1828	95	16,40
058-Zir40	431	0,0161	0,125	3335	10,02	5,603	1,47	0,3169	1,36	0,92	2074	16	1775	42	1917	25	14,43
014-Zir07	1759	0,0148	0,569	749	14,57	6,096	3,24	0,3329	2,00	0,62	2135	87	1852	64	1990	56	13,25
059-Zir41	100	0,0097	0,376	6335	8,58	8,699	1,12	0,3940	0,91	0,81	2457	18	2142	33	2307	20	12,82
040-Zir28	50	0,0107	0,417	85866	33,52	5,627	0,97	0,3223	0,70	0,72	2052	20	1801	22	1920	17	12,23
028-Zir18	236	0,0196	0,153	6563	10,49	5,804	0,92	0,3287	0,62	0,67	2072	20	1832	20	1947	16	11,57
015-Zir08	82	0,0098	0,413	16699	39,89	5,602	1,72	0,3269	1,62	0,94	2019	16	1823	51	1916	29	9,67
056-Zir39N	58	0,0108	0,499	54991	46,35	2,323	1,27	0,2002	1,10	0,87	1296	20	1176	24	1219	18	9,22
005-Zir02N	21	0,0045	0,424	124567	39,16	6,731	0,81	0,3659	0,59	0,72	2144	15	2010	20	2077	14	6,24
006-Zir02B	19	0,0207	0,337	448764	24,53	6,492	0,78	0,3686	0,58	0,75	2067	13	2023	20	2045	14	2,14
057-Zir39B	25	0,0116	0,359	195477	26,92	2,222	0,77	0,2186	0,57	0,75	1285	14	1275	13	1278	11	0,78
027-Zir17	132	0,0095	0,412	5114	9,57	7,597	1,09	0,4128	0,86	0,79	2144	19	2228	32	2184	19	-3,89
046-Zir31	49	0,0033	0,701	43897	35,90	5,068	1,59	0,3368	1,32	0,83	1785	29	1871	43	1831	27	-4,83
047-Zir32	49	0,0052	0,555	32174	41,85	1,060	0,95	0,1178	0,72	0,76	783	21	718	10	734	10	8,29
033-Zir21	78	0,0126	0,309	18399	29,05	1,210	1,44	0,1302	1,28	0,89	849	23	789	19	805	16	7,08
054-Zir37	18	0,0040	0,457	119615	19,97	1,034	1,28	0,1160	0,83	0,65	763	38	707	11	721	13	7,33
018-Zir11	382	0,1659	0,640	70440	22,77	0,969	3,10	0,1108	2,68	0,86	723	64	677	34	688	31	6,29
007-Zir03N	18	0,0098	0,133	243283	19,04	0,930	0,85	0,1080	0,67	0,79	691	16	661	8	668	8	4,35
004-Zir01	25	0,0168	0,173	387622	25,80	1,411	0,80	0,1470	0,57	0,71	916	17	884	9	893	9	3,43
008-Zir03B	22	0,0110	0,085	324218	26,80	0,921	0,89	0,1075	0,65	0,73	680	20	658	8	663	9	3,24
020-Zir13	12	0,0064	0,159	209903	16,82	0,973	0,86	0,1128	0,57	0,67	693	22	689	7	690	9	0,65
048-Zir33	16	0,0028	0,240	73397	23,59	1,139	1,28	0,1275	0,72	0,56	768	42	774	10	772	14	-0,80
017-Zir10	14	0,0043	0,406	124902	17,56	0,986	1,14	0,1146	0,83	0,72	688	30	699	11	697	11	-1,73
045-Zir30	41	0,0049	0,107	109147	24,99	1,229	1,28	0,1372	0,93	0,72	773	33	829	14	814	14	-7,24
030-Zir20	3513	0,0215	0,421	716	15,11	0,727	21,15	0,0297	21,10	1,00	2629	47	189	78	555	173	92,82
026-Zir16	968	0,0078	0,325	628	10,11	1,603	4,99	0,0652	3,69	0,74	2637	109	407	29	971	61	84,56
036-Zir24	8869	0,0351	0,115	260	3,45	1,833	2,38	0,0720	2,25	0,94	2696	23	448	19	1057	31	83,58
013-Zir06	4880	0,0139	0,375	179	1,48	1,345	2,86	0,0599	2,30	0,81	2484	55	375	17	865	33	84,90
044-Zir29	607	0,0015	0,581	148	2,59	2,614	3,70	0,1071	2,10	0,57	2626	99	656	26	1305	54	75,03
038-Zir26	5355	0,0121	0,750	144	2,97	1,907	2,51	0,0888	0,94	0,38	2409	77	549	10	1083	33	77,22
025-Zir15	4383	0,0149	0,347	215	2,37	1,432	2,89	0,0803	1,97	0,68	2090	72	498	19	902	34	76,18
053-Zir36	2081	0,0132	0,260	436	5,14	1,854	2,74	0,1059	1,68	0,61	2057	74	649	21	1065	36	68,46
037-Zir25	1132	0,0112	0,692	743	5,81	1,426	1,85	0,0984	1,25	0,67	1715	48	605	14	900	22	64,73
035-Zir23	276	0,0041	0,173	970	3,20	1,101	1,46	0,0976	1,25	0,86	1240	26	600	14	754	16	51,58
050-Zir35	269	0,0043	0,861	1063	4,51	1,279	2,93	0,1094	2,20	0,75	1312	73	669	28	837	33	48,98
016-Zir09	1801	0,0044	0,653	147	6,40	0,809	6,22	0,0785	1,50	0,24	1062	233	487	14	602	56	54,14
019-Zir12	851	0,0083	0,562	698	7,19	1,362	4,00	0,1158	1,36	0,34	1322	142	706	18	873	46	46,59
010-Zir05	797	0,0107	0,216	817	2,63	1,449	1,61	0,1230	1,29	0,80	1325	34	748	18	909	19	43,57
024-Zir14B	2371	0,0116	0,466	319	4,41	1,126	2,32	0,1052	0,93	0,40	1137	82	645	11	766	25	43,30
055-Zir38	193	0,0027	0,547	882	6,20	1,502	3,48	0,1299	2,68	0,77	1290	84	787	40	931	42	38,96
034-Zir22	427	0,0052	0,366	737	8,22	1,040	3,30	0,1013	1,72	0,52	1053	110	622	20	724	34	40,89
023-Zir14N	550	0,0095	0,410	1074	2,62	1,275	1,28	0,1181	0,78	0,61	1154	37	720	11	835	15	37,65
039-Zir27	31	0,0016	0,334	53556	20,32	0,798	6,24	0,1071	1,42	0,23	371	262	656	18	595	55	-76,93
009-Zir04	862	0,0089	0,419	679	9,73	0,725	3,88	0,1073	1,15	0,30	146	169	657	14	553	33	-350,73

Tabela 3. Resultados das análises U/Pb (LA-ICP-MS) em cristais de zircão das amostras A54, A73, A109 e A115 (cont.)

034-Zr23	43	0,0094	0,247	114360	32,21	1,033	1,40	0,1174	1,27	0,91	734	19	716	17	720	14	2,50
073-Zr51	125	0,0118	0,161	9229	19,39	1,130	2,39	0,1171	2,24	0,94	928	31	714	30	768	26	23,06
063-Zr43	44	0,0042	0,185	24868	41,05	0,988	1,39	0,1166	1,02	0,74	655	37	711	14	698	14	-8,44
076-Zr54	12	0,0028	0,523	91112	21,23	0,969	1,44	0,1124	0,96	0,67	691	43	687	13	688	14	0,53
082-Zr58	89	0,0078	0,337	6263	9,15	0,962	0,98	0,1103	0,79	0,80	716	20	675	10	684	10	5,80
036-Zr25	29	0,0052	0,307	104972	22,98	0,947	2,12	0,1101	2,00	0,94	687	26	673	26	676	21	1,98
065-Zr45	37	0,0073	0,309	52476	40,11	0,937	1,02	0,1076	0,85	0,83	714	18	659	11	671	10	7,73
061-Zr41	44	0,0292	0,045	197574	50,78	0,918	1,86	0,1068	1,65	0,89	686	33	654	21	661	18	4,63
066-Zr03	51	0,0063	0,445	38854	69,65	0,938	0,98	0,1060	0,78	0,80	747	19	649	10	672	10	13,14
006-Zr46	56	0,0139	0,377	815263	82,77	0,881	0,96	0,1048	0,77	0,80	636	19	643	9	641	9	-1,09
026-Zr18	41	0,0109	0,579	87875	40,76	0,860	1,66	0,1004	1,50	0,90	679	26	617	18	630	16	9,14
027-Zr19	45	0,0060	0,253	52338	34,96	0,864	1,27	0,0979	1,11	0,87	742	21	602	13	632	12	18,80
060-Zr40	85	0,0115	0,213	34998	66,21	0,818	1,50	0,0912	1,36	0,91	777	21	563	15	607	14	27,59
019-Zr14	155	0,0093	0,545	4796	13,59	0,764	2,13	0,0882	1,92	0,90	700	35	545	20	576	19	22,16
A109																	
067-ZR47	128	0,0040	0,221	5852	27,06	1,214	4,39	0,1244	1,52	0,35	949	164	736	22	807	48	20,36
066-ZR46	2351	0,0096	1,159	520	11,76	2,453	16,28	0,1321	4,45	0,27	2160	501	800	67	1258	222	62,97
028-ZR20	35	0,0064	0,175	91141	30,01	5,902	5,46	0,3584	4,61	0,84	1948	102	1975	156	1962	93	-1,40
023-ZR15	27	0,0004	0,715	9699	20,20	1,772	5,36	0,1414	3,71	0,69	1444	143	833	59	1035	68	40,96
077-ZR55	6	0,0049	0,610	206441	12,91	11,395	1,82	0,4380	1,43	0,79	2731	35	2342	56	2356	34	14,24
029-ZR21	18	0,0009	0,931	17754	31,72	1,176	3,65	0,1446	2,10	0,58	567	126	871	34	790	40	-53,54
068-ZR48	16	0,0023	0,580	56412	19,94	9,731	1,54	0,4655	1,14	0,74	2364	33	2464	47	2410	28	-4,24
039-ZR29	16	0,0046	0,504	99372	22,17	10,917	1,21	0,4510	0,94	0,77	2611	22	2400	37	2516	22	8,10
026-ZR18	126	0,0223	0,341	12892	10,57	6,358	1,47	0,3763	1,25	0,86	1994	23	2059	44	2026	26	-3,27
020-ZR14	11	0,0032	0,545	226164	42,61	6,138	1,59	0,3639	0,96	0,61	1991	43	2000	33	1996	28	-0,49
079-ZR57	9	0,0038	0,704	193771	23,82	5,341	1,01	0,3350	0,74	0,73	1889	21	1863	24	1875	17	1,40
033-ZR23	91	0,0197	0,242	61437	54,40	5,190	1,96	0,3174	1,77	0,90	1935	27	1777	55	1831	33	8,19
037-ZR39	32	0,0226	1,096	173509	45,05	5,209	1,35	0,3152	1,23	0,91	1954	15	1766	38	1834	23	9,59
018-ZR12	15	0,0062	0,450	213230	26,50	1,885	1,67	0,1875	1,53	0,91	1012	23	1108	31	1076	22	-9,44
027-ZR19	5	0,0012	1,198	52931	10,86	1,868	1,94	0,1827	1,48	0,76	1045	48	1082	29	1070	26	-3,46
061-ZR43	11	0,0021	0,373	78516	20,42	1,796	1,55	0,1786	1,20	0,77	1012	37	1059	23	1044	20	-4,71
016-ZR10	15	0,0011	0,495	42621	17,09	1,756	1,87	0,1735	1,26	0,67	1025	54	1031	24	1029	24	-0,64
034-ZR24	12	0,0082	0,341	307268	23,17	1,697	1,39	0,1712	1,18	0,85	982	26	1019	22	1007	18	-3,69
045-ZR32	21	0,0019	0,580	37576	20,80	1,733	1,72	0,1670	1,34	0,78	1076	41	996	25	1021	22	7,46
049-ZR36	13	0,0010	0,932	37676	14,84	1,649	2,10	0,1645	1,48	0,70	1006	58	982	27	989	26	2,36
071-ZR51	14	0,0022	0,449	63962	20,27	1,623	1,74	0,1645	1,26	0,72	974	46	982	23	979	22	-0,77
048-ZR35	49	0,0049	0,366	9118	17,42	1,531	1,20	0,1578	0,80	0,66	939	33	944	14	943	15	-0,58
005-ZR02	20	0,0061	0,099	419564	69,55	1,526	1,49	0,1557	1,32	0,89	960	24	933	23	941	18	2,87
010-ZR06	11	0,0007	0,572	24149	28,92	1,429	3,26	0,1517	2,48	0,76	878	85	911	42	901	39	-3,71
017-ZR11	20	0,0043	0,284	71617	19,92	1,303	1,24	0,1406	0,94	0,76	843	29	848	15	847	14	-0,59
004-ZR01	21	0,0047	0,200	81642	37,14	1,252	1,37	0,1398	1,10	0,80	772	30	844	17	824	15	-9,36
040-ZR30	9	0,0028	0,587	92346	17,98	1,277	1,25	0,1370	0,82	0,65	835	36	828	13	835	14	3,20
080-ZR58	7	0,0006	0,415	23246	14,55	1,256	3,12	0,1367	2,27	0,73	827	87	826	35	826	35	0,14
035-ZR25	9	0,0004	0,340	16525	14,78	1,250	4,98	0,1334	3,48	0,70	869	143	807	53	824	55	7,10
075-ZR53	14	0,0005	0,660	14348	19,01	1,174	4,28	0,1318	2,96	0,69	762	127	798	44	789	46	-4,65
081-ZR59	8	0,0012	0,784	40078	17,86	1,183	2,35	0,1315	1,59	0,68	782	70	796	24	792	26	-1,89
069-ZR49	9	0,0014	0,439	54517	16,72	1,148	1,52	0,1306	1,11	0,73	735	41	791	17	776	16	-7,68
062-ZR44	21	0,0069	0,453	117891	28,45	1,129	1,76	0,1293	1,50	0,85	719	36	784	22	767	19	-8,99

Tabela 3. Resultados das análises U/Pb (LA-ICP-MS) em cristais de zircão das amostras A54, A73, A109 e A115 (cont.)

019-ZR13	13	0,0007	0,479	23220	17,97	1,178	3,35	0,1290	2,39	0,71	812	96	782	35	790	36	3,65
060-ZR42	17	0,0070	0,206	139506	26,29	1,129	1,00	0,1279	0,75	0,75	742	23	776	11	767	11	-4,48
038-ZR28	22	0,0042	0,186	125866	22,14	1,163	1,25	0,1278	0,90	0,72	807	32	775	13	784	14	3,99
013-ZR07	15	0,0056	0,368	192656	31,10	1,153	1,30	0,1278	1,11	0,85	789	24	775	16	779	14	1,71
009-ZR05	14	0,0006	0,366	155556	19,52	1,151	3,69	0,1245	2,77	0,75	839	99	756	39	778	40	9,91
082-ZR60	15	0,0052	0,166	164935	17,92	1,100	1,83	0,1243	0,94	0,51	747	64	755	13	753	19	-1,15
076-ZR54	21	0,0028	0,661	37975	25,45	1,120	1,90	0,1231	1,45	0,76	805	49	749	21	763	20	6,96
065-ZR45	18	0,0124	0,388	411864	40,21	1,023	1,34	0,1204	1,13	0,84	662	27	733	16	716	14	-10,74
036-ZR26	63	0,0018	0,971	17377	41,40	1,141	4,08	0,1186	2,28	0,56	922	135	723	31	773	44	21,62
008-ZR04	88	0,0074	0,430	82820	30,68	1,119	1,82	0,1169	1,19	0,65	910	54	713	16	762	19	21,69
024-ZR16	13	0,0017	0,178	57701	14,41	0,971	1,68	0,1132	1,19	0,71	683	48	691	16	689	17	-1,15
038-ZR40	22	0,0199	0,454	485566	29,19	0,951	1,00	0,1118	0,82	0,82	662	19	683	11	679	10	-3,20
030-ZR22	132	0,0053	1,410	3491	19,30	1,091	1,23	0,1117	0,75	0,61	952	37	682	10	749	13	28,34
056-ZR38	49	0,0135	0,355	210757	24,99	0,968	1,74	0,1115	1,64	0,94	705	19	682	21	687	17	3,35
059-ZR41	12	0,0022	0,799	63370	18,55	0,933	1,30	0,1111	0,92	0,71	636	36	679	12	669	13	-6,73
044-ZR31	14	0,0008	0,975	47368	67,15	0,938	3,43	0,1103	2,39	0,69	663	103	674	31	672	33	-1,66
047-ZR34	15	0,0009	0,582	23675	17,26	0,918	2,97	0,1096	1,93	0,65	631	94	670	25	661	29	-6,15
050-ZR37	15	0,0021	0,725	59681	16,94	0,933	2,04	0,1092	1,63	0,80	672	50	668	21	669	20	0,55
025-ZR17	10	0,0008	0,300	30536	17,13	0,929	3,28	0,1090	2,31	0,71	667	97	667	29	667	32	-0,02
007-ZR03B	30	0,0121	0,337	464688	47,66	0,935	0,98	0,1087	0,75	0,77	687	21	665	9	670	10	3,15
078-ZR56	10	0,0023	0,542	75736	16,74	0,907	1,50	0,1059	1,08	0,72	679	41	649	13	656	14	4,52
070-ZR50	22	0,0031	0,235	52804	22,10	0,912	1,25	0,1058	0,92	0,74	692	32	648	11	658	12	6,25
037-ZR27	15	0,0015	0,179	38840	23,60	0,889	1,96	0,1051	1,37	0,69	651	58	644	17	646	19	0,99
046-ZR33	16	0,0033	0,371	95501	22,30	0,885	1,43	0,1049	1,04	0,73	646	39	643	13	644	14	0,50
072-ZR52	17	0,0051	0,520	92666	22,28	0,875	1,29	0,1032	0,95	0,73	655	34	633	11	638	12	3,39
006-ZR03N	18	0,0029	0,612	55247	19,81	0,874	1,57	0,1009	1,34	0,86	702	31	620	16	638	15	11,78
015-ZR09	16	0,0046	0,570	130208	21,54	0,859	2,05	0,0997	1,79	0,87	690	40	613	21	630	19	11,21
014-ZR08	22	0,0011	0,173	20830	28,35	0,797	2,78	0,0886	2,36	0,85	783	58	547	25	595	25	30,18
All5																	
078-ZR57	10	0,0013	0,439	51049	16,49	1,709	2,06	0,1763	1,55	0,75	937	53	1047	30	1012	26	-11,67
075-ZR54	12	0,0002	0,602	11997	43,09	3,002	8,35	0,2465	6,23	0,75	1390	206	1420	158	1408	123	-2,21
074-ZR53	16	0,0014	0,529	41450	21,87	3,168	3,78	0,2723	3,09	0,82	1301	82	1553	85	1449	58	-19,34
065-ZR46	83	0,0012	0,204	1100	8,94	1,311	2,63	0,1233	1,92	0,73	1124	69	749	27	850	30	33,33
057-ZR40	14	0,0019	0,540	59480	18,64	1,891	1,81	0,1700	1,40	0,77	1214	43	1012	26	1078	24	16,65
047-ZR33	28	0,0033	0,242	66117	26,65	2,989	2,14	0,2541	1,59	0,74	1322	53	1460	41	1405	32	-10,37
043-ZR29	48	0,0012	0,321	21930	40,75	3,858	5,38	0,3038	3,13	0,58	1469	161	1710	94	1605	85	-16,38
038-ZR26	1	0,0010	0,385	62667	5,80	2,525	2,45	0,2035	1,80	0,74	1425	61	1194	39	1279	35	16,21
030-ZR20B	1	0,0007	0,233	44568	5,05	2,218	2,47	0,1748	1,87	0,76	1468	59	1038	36	1187	34	29,30
029-ZR20N	16	0,0047	0,869	231203	8,97	2,325	1,57	0,1847	1,24	0,79	1452	34	1093	25	1220	22	24,75
017-ZR11	19	0,0022	0,276	84243	53,94	2,546	1,55	0,2029	1,04	0,67	1447	41	1191	23	1285	22	17,68
009-ZR5B	33	0,0025	0,500	36187	29,66	2,282	4,33	0,1947	4,16	0,96	1316	43	1147	87	1207	60	12,83
018-ZR12	25	0,0080	0,131	180752	26,34	4,858	1,38	0,3263	1,18	0,85	1765	22	1821	37	1795	23	-3,12
055-ZR38	13	0,0060	0,330	170905	16,40	3,525	1,14	0,2711	0,87	0,77	1514	24	1547	24	1533	18	-2,16
063-ZR44	9	0,0021	0,603	72172	16,81	2,747	1,71	0,2405	1,26	0,74	1265	42	1389	31	1341	25	-9,80
044-ZR30	26	0,0030	0,455	98511	58,75	2,849	1,89	0,2381	1,51	0,80	1356	41	1377	37	1369	28	-1,55
010-ZR6	18	0,0025	0,340	66358	18,86	2,746	1,39	0,2344	1,02	0,73	1315	33	1358	25	1341	21	-3,27
070-ZR51	17	0,0018	0,486	45787	21,89	2,656	2,13	0,2307	1,65	0,77	1281	50	1338	40	1316	31	-4,41
046-ZR32	13	0,0016	0,513	59730	15,43	2,642	1,77	0,2295	1,38	0,78	1281	40	1332	33	1312	26	-3,96

Tabela 3. Resultados das análises U/Pb (LA-ICP-MS) em cristais de zircão das amostras A54, A73, A109 e A115 (cont.)

066-ZR47	22	0,0014	0,468	35013	23,16	2,674	1,80	0,2294	1,21	0,67	1305	50	1331	29	1321	27	-2,02
079-ZR58	8	0,0010	0,421	36112	14,39	2,668	2,50	0,2270	1,76	0,70	1321	66	1319	42	1320	37	0,12
039-ZR27	1	0,0017	0,427	108862	3,56	2,652	1,95	0,2269	1,46	0,75	1310	47	1318	35	1315	29	-0,65
049-ZR35	12	0,0022	0,576	80768	14,58	2,614	1,69	0,2256	1,20	0,71	1293	43	1311	28	1305	25	-1,38
058-ZR41	6	0,0012	0,389	73080	24,78	2,619	2,04	0,2255	1,53	0,75	1298	50	1311	36	1306	30	-0,95
004-ZR1	93	0,0052	0,604	7081	36,08	2,642	3,25	0,2248	3,07	0,94	1320	39	1307	72	1312	47	0,98
037-ZR25	1	0,0021	0,352	129839	3,53	2,571	1,49	0,2240	1,25	0,84	1275	28	1303	29	1292	22	-2,22
064-ZR45	11	0,0020	0,451	68971	15,58	2,612	1,45	0,2239	1,02	0,70	1306	37	1303	24	1304	21	0,30
027-ZR19N	1	0,0018	0,435	112830	5,40	2,458	2,74	0,2201	1,43	0,52	1222	89	1282	33	1260	39	-4,98
023-ZR15	1	0,0018	0,424	114863	4,72	2,523	1,42	0,2200	1,01	0,71	1273	36	1282	23	1279	21	-0,65
068-ZR49	18	0,0012	0,554	34450	20,31	2,513	2,02	0,2194	1,49	0,74	1271	51	1278	34	1276	29	-0,60
026-ZR18	1	0,0042	0,608	264028	3,02	2,523	1,13	0,2189	0,89	0,79	1283	23	1276	21	1279	16	0,51
005-ZR2	14	0,0026	0,409	58835	19,67	2,545	1,49	0,2175	1,20	0,81	1312	31	1269	28	1285	22	3,31
069-ZR50	14	0,0018	0,610	52046	17,77	2,479	2,26	0,2171	1,71	0,76	1265	55	1266	39	1266	32	-0,13
020-ZR14	27	0,0031	0,401	95296	32,28	2,465	1,60	0,2164	1,15	0,72	1260	41	1263	26	1262	23	-0,26
016-ZR10	12	0,0041	0,397	142351	19,00	2,452	1,55	0,2157	1,20	0,77	1256	36	1259	27	1258	22	-0,27
060-ZR43	35	0,0013	0,406	25473	26,54	2,471	2,57	0,2157	1,43	0,56	1271	81	1259	33	1264	37	0,94
036-ZR24	1	0,0014	0,420	89476	4,80	2,524	1,83	0,2140	1,30	0,71	1328	47	1250	29	1279	26	5,90
053-ZR36	13	0,0020	0,532	95191	34,79	2,432	1,53	0,2135	1,12	0,73	1261	38	1247	25	1252	22	1,07
077-ZR56	11	0,0014	0,469	47366	14,99	2,491	1,62	0,2128	1,09	0,67	1313	44	1244	25	1269	23	5,27
028-ZR19B	1	0,0017	0,234	108907	10,43	2,383	1,50	0,2112	1,04	0,69	1241	39	1235	23	1237	21	0,49
033-ZR21	1	0,0024	0,500	147380	6,23	2,310	2,09	0,2077	1,69	0,81	1213	46	1216	37	1215	29	-0,28
006-ZR3	18	0,0039	0,368	97282	38,03	2,321	1,55	0,2052	1,36	0,88	1246	25	1203	30	1219	22	3,42
008-ZR5N	12	0,0050	0,434	293057	35,14	2,227	1,61	0,1973	1,42	0,88	1242	26	1161	30	1189	22	6,54
073-ZR52	15	0,0018	0,562	45983	19,97	2,152	1,88	0,1940	1,22	0,65	1209	54	1143	25	1166	26	5,45
007-ZR4	18	0,0026	0,493	53084	21,21	2,200	1,34	0,1937	1,06	0,79	1253	29	1142	22	1181	19	8,92
019-ZR13	16	0,0024	0,414	71350	23,54	2,148	1,57	0,1917	1,21	0,77	1227	36	1131	25	1164	22	7,89
059-ZR42	32	0,0023	3,994	54621	22,59	1,768	1,99	0,1780	1,45	0,73	986	53	1056	28	1034	26	-7,05
056-ZR39	14	0,0006	0,342	19823	17,43	1,791	3,30	0,1694	2,27	0,69	1112	93	1009	42	1042	43	9,28
024-ZR16	1	0,0021	0,448	132055	3,51	1,694	1,91	0,1666	1,31	0,69	1034	54	994	24	1006	24	3,89
076-ZR55	12	0,0005	0,320	60839	67,52	1,342	3,82	0,1508	2,50	0,65	758	118	906	42	864	44	-19,40
045-ZR31	12	0,0022	0,616	67599	18,25	1,303	1,55	0,1418	1,12	0,72	828	42	855	18	847	18	-3,27
034-ZR22	1	0,0090	0,205	563592	3,82	1,255	1,04	0,1409	0,81	0,77	761	23	850	13	826	12	-11,68
014-ZR8	16	0,0027	0,119	74071	21,37	1,250	1,52	0,1381	0,96	0,63	794	47	834	15	823	17	-5,02
035-ZR23	11	0,0074	0,073	298886	13,03	1,267	3,85	0,1346	3,65	0,95	877	48	814	56	831	43	7,10
015-ZR9	18	0,0012	0,436	29817	22,15	1,193	2,98	0,1317	2,45	0,82	798	69	797	37	798	33	0,09
013-ZR7	14	0,0030	0,271	101952	14,89	1,139	1,36	0,1280	1,04	0,77	760	33	776	15	772	15	-2,15
067-ZR48	23	0,0038	0,258	74767	26,98	1,121	1,91	0,1264	1,43	0,75	751	51	767	21	763	20	-2,16
025-ZR17	1	0,0038	0,515	238468	4,00	1,049	1,44	0,1172	1,05	0,73	772	38	714	14	728	15	7,46
054-ZR37	9	0,0009	0,299	29356	14,74	0,971	3,46	0,1159	2,52	0,73	631	99	707	34	689	34	-11,99
048-ZR34	23	0,0016	1,305	39533	20,58	1,085	1,94	0,1150	1,29	0,67	882	57	701	17	746	20	20,50
040-ZR28	1	0,0029	0,064	183774	4,37	0,979	1,56	0,1132	1,06	0,68	699	46	691	14	693	16	1,12