

GEOCROLOGIA U-Pb (SHRIMP) E Sm-Nd DE XISTOS VERDES BASÁLTICOS DO ORÓGENO ARAÇUAÍ: IMPLICAÇÕES PARA A IDADE DO GRUPO MACAÚBAS

MARLY BABINSKI¹, RAFAEL JAUDE GRADIM², ANTÔNIO CARLOS PEDROSA-SOARES³, FERNANDO FLECHA DE ALKMIM², CARLOS MAURÍCIO NOCE³ & DUNYILIU⁴

Resumo No vale do Rio Preto, setor ocidental do Orógeno Araçuaí (ca. 60 km a NE de Diamantina), ocorrem xistos verdes de filiação basáltica, cuja idade e posição estratigráfica foram motivo de controvérsia, pois os autores dividiram-se naqueles que os atribuíram ao Grupo Macaúbas (Neoproterozóico) e naqueles que os correlacionaram ao Supergrupo Espinhaço inferior (ca. 1,7 Ga). Entretanto, estudos detalhados demonstram que os xistos verdes representam derrames basálticos submarinos, sedimentação vulcanoclástica e vulcanismo relacionado a fontes de alta produtividade, relacionados à deposição da Formação Chapada Acauã do Grupo Macaúbas (Gradim *et al.*, 2005). Os dados geoquímicos indicam que os protólitos dos xistos verdes evoluíram em ambiente continental intraplaca. Análises isotópicas U-Pb (SHRIMP) foram realizadas em doze cristais de zircão extraídos de uma amostra de xisto verde, cujo pó de rocha-total foi utilizado para análise Sm-Nd. A idade-modelo Sm-Nd (ca. 1,52 Ga) sugere que os protólitos dos xistos verdes são mais novos que o magmatismo do rifte Espinhaço. A maioria dos cristais de zircão analisados mostra-se como grãos detríticos. As idades mais antigas indicam grãos herdados do embasamento arqueano-paleoproterozóico e de rochas magmáticas do rifte Espinhaço. Os cristais mais jovens limitam a idade máxima dos protólitos dos xistos verdes em ca. 1,16 Ga.

Palavras-chave: vulcanismo básico, Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuaí, Neoproterozóico

Abstract *U-Pb (SHRIMP) AND Sm-Nd GEOCROLOGY OF BASALTIC GREEN SCHISTS OF THE ARAÇUAÍ OROGEN: IMPLICATIONS FOR THE AGE OF THE MACAÚBAS GROUP* The age and stratigraphic position of the basaltic greenschists of the Rio Preto valley, located in the western part of the Araçuaí Belt (ca. 60 km north of Diamantina, Minas Gerais) were a matter of controversy in the geologic literature, because several authors correlated them to the Neoproterozoic Macaúbas Group but others to the lower Espinhaço Supergroup (ca. 1.7 Ga). However, detailed studies demonstrate that these greenschists represent an interplay of submarine basaltic volcanism, volcanoclastic sedimentation and fire fountaining, and that they belong to the Chapada Acauã Formation of the Macaúbas Group (Gradim *et al.*, 2005). Geochemical studies indicate that the greenschist protoliths evolved in a continental intraplate environment. Zircon crystals were separated from a greenschist sample and analyzed by the U-Pb SHRIMP method. A Sm-Nd whole-rock isotopic analysis was obtained from the same sample. The Sm-Nd model age of ca. 1.52 Ga suggests that the greenschist protoliths are younger than the magmatism of the Espinhaço rift. Most analyzed zircon crystals show features of detrital grains. The older ages indicate zircon grains inherited from the Archean-Paleoproterozoic basement and from magmatic rocks of the Espinhaço rift. The younger U-Pb values constrain the maximum age of the greenschist protoliths at ca. 1.16 Ga.

Keywords: basic volcanism, Macaúbas Group, Araçuaí Orogen, Neoproterozoic

INTRODUÇÃO Os xistos verdes do vale do Rio Preto, situado cerca de 60 km a nordeste de Diamantina, na porção centro-ocidental do Orógeno Araçuaí (Fig. 1), tiveram sua posição estratigráfica, derivação petrogenética, ambiente vulcânico e significado tectônico abordados detalhadamente por Gradim (2005).

A idade e posição estratigráfica destes xistos verdes foi motivo de controvérsia na literatura geológica, pois os autores se dividiram naqueles que os atribuíram ao Grupo Macaúbas (Neoproterozóico; e.g., Hettich 1973, Schrank *et al.* 1978, Uhlein & Chaves 1989, Uhlein 1991) e naqueles que os correlacionaram ao Supergrupo Espinhaço Inferior (Estateriano; e.g., Grossi-Sad *et al.* 1997, Souza & Grossi-Sad 1997; Almeida-Abreu & Renger 2002). A unanimidade é a interpretação dos protólitos dos xistos verdes como produtos de vulcanismo básico (ver sínteses em Gradim

2005 e Gradim *et al.* 2005).

Este trabalho apresenta resultados de estudos isotópicos realizados pelos métodos U-Pb (SHRIMP) e Sm-Nd, que indicam a idade máxima dos xistos verdes e corroboram sua origem durante a fase rifte da Bacia Macaúbas, confirmando as interpretações decorrentes do mapeamento geológico e estudos geoquímicos realizados por Gradim (2005).

CONTEXTO REGIONAL No setor do Orógeno Araçuaí onde estão expostos os xistos verdes aqui abordados (Fig. 1), as unidades geológicas são o embasamento de idade arqueana-paleoproterozóica, o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Macaúbas (Grossi-Sad *et al.* 1997, Noce *et al.* 1997, COMIG-CPRM 2003).

O Supergrupo Espinhaço é uma espessa seqüência de rochas

1 - Centro de Pesquisas Geocronológicas, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, 05508-080, São Paulo, SP. babinski@usp.br

2 - Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro, 35400-000, Ouro Preto, MG. rafaelgradim@gmail.com, alkmim@degeo.ufop.br

3 - Universidade Federal de Minas Gerais, CPMTC-IGC, Campus Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, MG. pedrosa@igc.ufmg.br, noce@ufmg.br

4 - Beijing SHRIMP Laboratory, Chinese Academy of Geological Sciences, 100037 Beijing, China

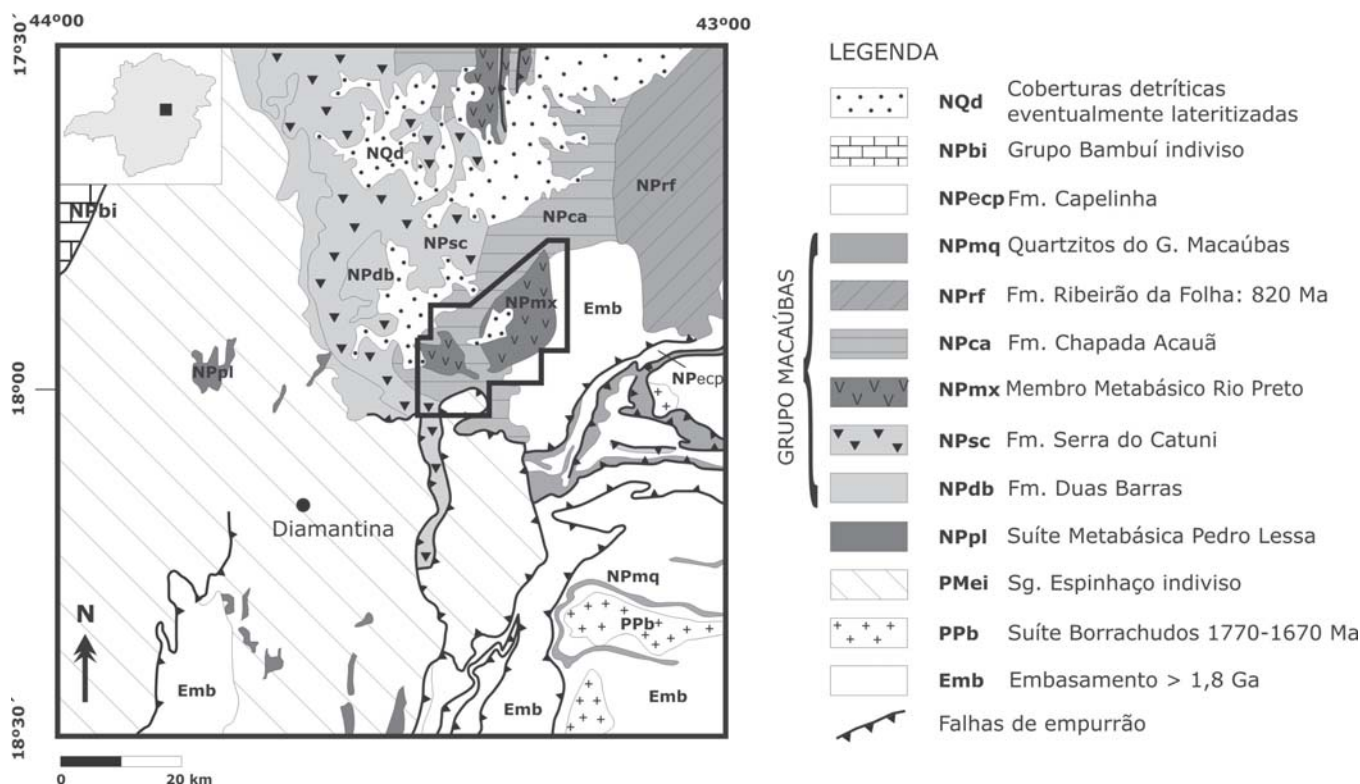


Figura 1 - Mapa geológico da porção central do Orógeno Araçuai (COMIG-CPRM 2003) com indicação da área de estudo.

clásticas dominada por quartzitos, com contribuições subordinadas de rochas vulcânicas e carbonatos, metamorfisada na fácies xisto verde. Este supergrupo registra a evolução de uma bacia ensiálica (rifte-sinéclise), nucleada por volta de 1,75 Ga (e.g., Babinski *et al.* 1994, Dussin & Dussin 1995, Uhlein *et al.* 1998, Martins-Neto *et al.* 2001).

O Grupo Macaúbas registra o desenvolvimento de uma bacia neoproterozóica que evoluiu de rifte continental para margem passiva (Noce *et al.* 1997, Pedrosa-Soares *et al.* 1998, 2001, Uhlein *et al.* 1999, Martins-Neto *et al.* 2001, Lima *et al.* 2002). Este grupo é constituído por uma sucessão de unidades proximais, dominada por depósitos glaciogênicos, e uma seqüência distal que encerra turbiditos de margem passiva e restos ofiolíticos. Considerada a contraparte da bacia Macaúbas hoje situada na Faixa Congo Ocidental, o rifteamento continental teve lugar entre *ca.* 1000 e 880 Ma (Tack *et al.* 2001, Silva *et al.* 2002) e os registros da oceanização da bacia têm idade em torno de 800 Ma (Pedrosa Soares *et al.* 1998, 2001).

OS XISTOS VERDES Sínteses dos estudos anteriores sobre os xistos verdes do vale do Rio Preto se encontram em Gradim (2005) e Gradim *et al.* (2005). Adiante são resumidos apenas os resultados apresentados por Gradim (2005):

- os xistos verdes do vale do Rio Preto estão intercalados em pilha de metadiamicritos, metapelitos e quartzitos pertencentes à Formação Chapada Acauã do Grupo Macaúbas (Noce *et al.* 1997, COMIG-CPRM 2003).

- o acervo estrutural impresso nas rochas metassedimentares é também observado nos xistos verdes e registra a deformação brasileira que afetou a região.

- os xistos verdes são agrupados em epidoto-tremolita-clorita

xistos, quartzo-epidoto fels e clorita-carbonato-quartzo xistos. As associações mineralógicas destas rochas revelam que o re-equilíbrio nas condições metamórficas da fácies xisto verde foi quase completo.

- as feições primárias observadas são acamamento, amígdalas, estruturas em almofadas (*pillow lavas*) e disjunções poliedrais. As litofácies identificadas são xistos verdes com estruturas em almofadas (*pillow lavas*) e disjunções poliedrais, xistos verdes acamadados, brechas e xistos verdes destituídos de estruturas primárias.

- a assinatura geoquímica predominante dos xistos verdes do vale do Rio Preto indica ambiente de rifte continental (Uhlein 1991, Gradim 2005).

GEOCRONOLOGIA U-Pb (SHRIMP) E Sm-Nd Para a amostragem destinada aos estudos isotópicos foi selecionado um afloramento da litofácies xistos verdes com estruturas em almofadas e disjunções poliedrais, em zona de baixa intensidade de deformação. Este afloramento situa-se à margem do Rio Preto, cerca de 1,6 km ao sul da saída de São Gonçalo do Rio Preto pela estrada que leva ao Parque Municipal do Rio Preto (ponto 14, UTM 671211W e 8006947S; mapa de pontos de Gradim 2005).

Os concentrados de zircão foram obtidos no LOPAG-DEGEO-UFOP, por métodos convencionais. As análises isotópicas U-Pb foram realizadas em cristais de zircão pelo método SHRIMP (*Sensitive High Resolution Ion Microprobe*) no Beijing SHRIMP Laboratory, China. Procedimentos analíticos estão descritos em Compston *et al.* (1992). As idades foram calculadas através do software ISOPLOT (Ludwig, 2001). A análise isotópica de rocha total pelo método Sm-Nd foi realizada no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP, de acordo com o procedimento analítico

apresentado por Sato *et al.* (1995).

Doze grãos de zircão com morfologias diversas foram selecionados para análise por SHRIMP (Fig. 2). Alguns cristais mostram-se incipientemente arredondados, evidenciando seu caráter detrítico. As idades obtidas variaram entre *ca.* 1,16 Ga e 2,67 Ga (Tabela 1). A grande maioria das datações individuais é muito pouco discordante (Tabela 1, Fig. 3). Em função das correções de Pb comum nas razões isotópicas obtidas durante as análises dos minerais datados, as idades ^{238}U - ^{206}Pb melhor representariam a época de cristalização de grãos mais jovens que 1,5 Ga, enquanto para os cristais mais antigos as idades ^{207}Pb - ^{206}Pb são mais apropriadas (marcadas em negrito na Tabela 1).

Dos doze *spots* analisados (um em cada cristal de zircão), onze apresentam discordância absoluta menor ou igual a 5%, mas oito apresentam discordância inversa, porém pequena (módulo menor ou igual a 3). Apenas a idade obtida no *spot* 3 apresenta discordância acima desta faixa (34%) e não será considerada nas interpretações. As idades mais jovens do conjunto, obtidas nos *spots* 1 e 5, apresentam discordância negativa de 2 e 3%, respectivamente.

Os cristais de zircão analisados são todos de origem magmá-

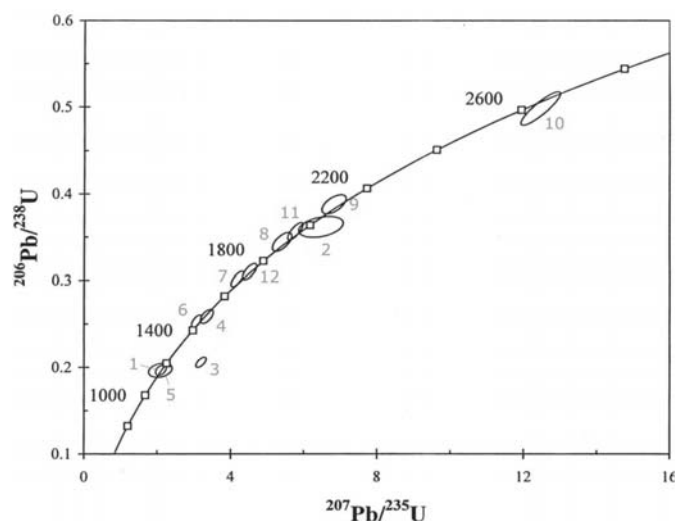


Figura 3 - Diagrama U-Pb concórdia com os dados obtidos nos cristais analisados. O número dos *spots* datados é indicado em cinza.

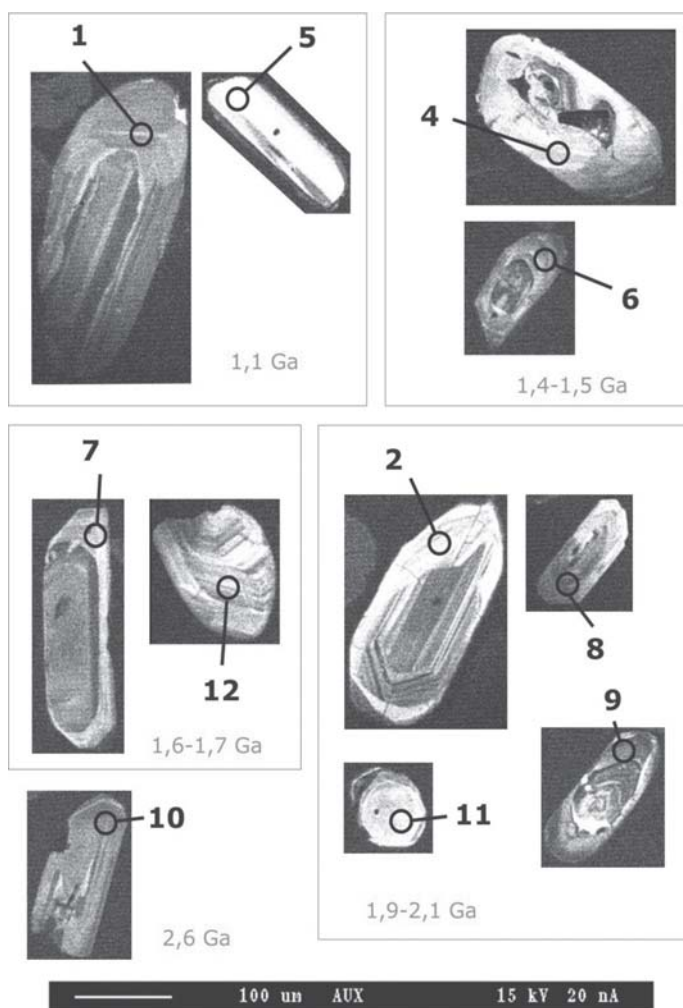


Figura 2 - Imagens de catodoluminescência dos grãos de zircão e respectivos *spots* analisados (indicados com círculo e numerados), separados por grupos de idades.

tica, conforme indicado por suas razões $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ relativamente altas (Tabela 1). Imagens de catodoluminescência corroboram esta evidência geoquímica, mostrando zoneamento oscilatório tipicamente magmático, presente em núcleos e/ou sobrecrecimentos magmáticos em muitos cristais (Fig. 2). Nenhum dos cristais analisados apresenta sobrecrecimento metamórfico. Isto seria de se esperar em decorrência de que o metamorfismo causado pela Orogenia Brasileira nas rochas do Grupo Macaúbas e do Supergrupo Espinhaço é de fácies xisto verde, na região abordada.

Os grãos de zircão analisados foram separados por idade ou intervalos de idade, a fim de facilitar a identificação de possíveis relações entre idade e morfologia (Fig. 2). As idades obtidas nos *spots* foram agrupadas também com vistas a correlações com eventos geológicos conhecidos. Enfatiza-se que, como os cristais de zircão são originalmente magmáticos e livres de bordas metamórficas, esses intervalos de idades apontam somente episódios magmáticos (*i.e.*, nenhum deles sugere evento metamórfico).

O conjunto de idades mais jovem (*ca.* 1,16 Ga) é o mais importante no contexto desta investigação, pois define a idade máxima do protólito do xisto verde datado. Neste grupo, o cristal de zircão do *spot* 1 apresenta zoneamento oscilatório tipicamente magmático e idade de *ca.* 1,16 Ga. O zircão do *spot* 5, com idade similar, apresenta zoneamento localizado, mas sua razão $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ (= 0,42) é muito próxima do valor dado pelo *spot* 1 (= 0,46) e também indica origem magmática.

O conjunto do intervalo 1,6-1,7 Ga pode ser relacionado ao magmatismo félsico da abertura do rifte Espinhaço. A idade do *spot* 12 (*ca.* 1,72 Ga) é próxima da idade do meta-riolito de Planalto de Minas (Machado *et al.* 1989) e está dentro da gama de idades (1,77-1,67 Ga) da Suíte Borrachudos (Silva *et al.* 2002, Noce *et al.* 2003).

O conjunto 1,9-2,1 Ga pode ser relacionado à Orogenia Transamazônica que produziu grande volume de rochas magmáticas bem representadas no embasamento do Orógeno Araçuai.

Os outros valores de idades não apresentam correlações tão diretas. A idade arqueana do *spot* 10 é mais jovem que as idades de

Tabela 1 – Dados analíticos obtidos nos cristais de zircão do xisto verde basáltico da Formação Chapada Acauã.

Spot	% ²⁰⁶ Pb _c	ppm U	ppm Th	²³² Th/ ²³⁸ U	ppm ²⁰⁶ Pb*	Idade ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Ma	Idade ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb Ma	% Disc.	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	±%
1.1	1,70	174	77	0,46	29,9	1158 ± 21	1137 ± 83	-2	2,106	4,6	0,1968	2,0
2.1	1,81	73	28	0,39	23,2	1991 ± 38	2092 ± 100	5	6,460	6,3	0,3618	2,2
3.1	2,81	443	427	0,99	80,5	1204 ± 20	1838 ± 39	34	3,183	2,9	0,2054	1,9
4.1	0,97	103	56	0,57	23,0	1483 ± 27	1507 ± 53	2	3,350	3,4	0,2586	2,0
5.1	2,84	37	15	0,42	6,36	1158 ± 29	1124 ± 200	-3	2,090	10	0,1967	2,7
6.1	0,93	262	221	0,87	57,5	1453 ± 25	1382 ± 43	-5	3,068	2,9	0,2529	1,9
7.1	0,44	193	100	0,53	50,2	1699 ± 29	1631 ± 34	-4	4,170	2,7	0,3016	2,0
8.1	1,02	86	113	1,36	25,7	1908 ± 35	1860 ± 45	-3	5,400	3,3	0,3444	2,1
9.1	2,42	225	254	1,17	76,7	2115 ± 34	2064 ± 45	-2	6,830	3,2	0,3883	1,9
10.1	0,97	126	52	0,43	54,3	2608 ± 54	2665 ± 22	2	12,46	2,9	0,499	2,5
11.1	1,03	220	103	0,49	68,2	1967 ± 32	1914 ± 27	-3	5,76 0	2,4	0,3568	1,9
12.1	0,82	157	92	0,60	42,2	1741 ± 30	1723 ± 37	-1	4,510	2,8	0,3101	2,0

Erros são 1 sigma. Pb_c e Pb* representam chumbo comum e radiogênico, respectivamente. Idades em negrito representam a idade de cristalização do mineral. % Disc = percentual de discordância.

cristalização obtidas nos complexos Gouveia e Guanhões, o primeiro com datação em *ca.* 2,84 Ga (Machado *et al.* 1989) e o segundo com idades de *ca.* 2,87 e 2,71 Ga (Silva *et al.* 2002, Noce *et al.* 2003). O conjunto 1,4-1,5 Ga não encontra uma concentração equivalente bem estabelecida na literatura, mas valores similares foram obtidos para a cristalização magmática do protólito de anfíbolito associado ao Complexo Pocrane (Silva *et al.* 2002), do embasamento do arco magmático do Orógeno Araçuai, e em um *sill* associado aos arenitos da Formação Mangabeira da Chapada Diamantina, Bahia (Babinski *et al.*, 1999).

Os cristais de zircão analisados são considerados como xenocristais provenientes de rochas magmáticas de idades variadas. Essa interpretação é sugerida pelo freqüente zoneamento oscilatório, pelas altas razões ²³²Th/²³⁸U, ausência de sobrecrecimento metamórfico e morfologias diversas. Tais rochas magmáticas poderiam ter servido como fonte para sedimentos associados à atividade vulcânica que originou os protólitos dos xistos verdes. Essa contribuição sedimentar estaria representada nos depósitos tufáceos e material inter-almofadas. Adicionalmente ou alternativamente, cristais de zircão poderiam ter sido assimilados de rochas encaixantes, durante a ascensão do magma máfico que originou o vulcanismo subaquático.

Os dados Sm-Nd da análise de rocha total da amostra estudada são: Sm = 1,119 ppm; Nd = 4,751 ppm; ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd = 0,1424; ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd = 0,5123. Estes dados fornecem uma idade-modelo (T_{DM}) de *ca.* 1,52 Ga e ε_{Nd(0)} = -6. Considerando-se o valor de 900 Ma como idade máxima da sedimentação glaciogênica (Buchwaldt *et al.* 1999, Pedrosa-Soares *et al.* 2000), o parâmetro ε_{Nd(900Ma)} resulta no valor de +0,23. Entretanto, como a amostra analisada contém grãos de zircão detrítico, é muito provável que outros minerais tenham sido incorporados à lava original. Ademais, parte dos xenocristais de zircão e outras contaminações podem ter sido con-

tribuições do material detrítico inter-almofadas que não se conseguiu eliminar totalmente da amostra. Desta forma, a idade-modelo Sm-Nd apenas sugere uma idade máxima para a cristalização dos protólitos magmáticos e o valor do parâmetro ε_{Nd} precisa ser avaliado com cautela.

CONCLUSÃO A idade U-Pb de *ca.* 1,16 Ga, obtida em cristais de zircão, limita a idade máxima do protólito ígneo do xisto verde datado. A idade-modelo Sm-Nd (T_{DM}) em *ca.* 1,52 Ga corrobora a afirmativa acima. Desta forma, a unidade de xistos verdes do vale do Rio Preto é definitivamente mais nova que o magmatismo do rifte Espinhaço (1,77-1,67 Ga). De fato, as relações estabelecidas no campo, os dados geoquímicos e as evidências geocronológicas embasam a inserção dos xistos verdes no Membro Rio Preto da Formação Chapada Acauã, Grupo Macaúbas (Gradim 2005, Gradim *et al.* 2005).

Os cristais de zircão com idade de *ca.* 1,16 Ga podem ser provenientes de rochas geradas nos estágios iniciais do rifteamento continental Macaúbas, por exemplo, de rochas félsicas que foram erodidas ao serem alçadas nas ombreiras do rifte ou em *horsts* internos (Gradim *et al.* 2005). Vale lembrar que grãos de zircão detrítico extraídos de quartzito da Formação Chapada Acauã apresentam idades em torno de 1,0 – 0,9 Ga (Pedrosa-Soares *et al.* 2000), assim como granitos e vulcanitos anorogênicos da contraparte da Bacia Macaúbas que se situa na Faixa Congo Ocidental (Tack *et al.* 2001).

Agradecimentos Agradecemos ao CNPq e à FAPEMIG pelo financiamento do projeto de pesquisa e bolsas de produtividade em pesquisa de M. Babinski, A.C. Pedrosa-Soares, F.F. Alkmim e C.M. Noce, à CAPES pela bolsa de mestrado concedida a R.J. Gradim e aos revisores da RBG pelas sugestões ao manuscrito.

Referências

- Almeida-Abreu P.A. & Renger F.E. 2002. Serra do Espinhaço meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozóico. *Rev. Bras. Geoc.*, **32**(1):1-14.
- Babinski M., Brito-Neves B.B., Machado N., Noce C.M., Uhlein A., Van Schmus W.R. 1994. Problemas da metodologia U-Pb em rochas vulcânicas continentais: Caso do Grupo Rio dos Remédios, Supergrupo Espinhaço, no Estado da Bahia. *In: SBG, Congr. Bras. Geol.*, **38**, *Resumos Expandidos*, v. 2, p. 409-410.
- Babinski M., Pedreira A., Brito-Neves B.B., Van Schmus W.R. 1999. Contribuição à geocronologia da Chapada Diamantina. *In: SBG, Simp. Nac. Est. Tect.*, **7**, *Anais*, p. 118-120.
- Buchwaldt R., Toulkeridis T., Babinski M., Santos R., Noce C.M., Martins-Neto, M.A., Hercos C.M. 1999. Age determination and age related provenance analysis of the Proterozoic glaciation event in

- central-eastern Brazil. In: Servicio Geológico Minero Argentino, South American Symposium on Isotope Geology, *Actas*, **2**: 387-390.
- COMIG-CPRM 2003. *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000*. CODEMIG, Belo Horizonte, CD-ROM.
- Compston W., Williams I.S., Kirschvink J.L. 1992. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time-scale. *J. Geol. Soc. London*, **149**:171-184
- Dussin I.A. & Dussin T.M. 1995. Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos*, **3**(1):19-26.
- Gradim R.J. 2005. *Geologia estrutural e significado tectônico dos xistos verdes do Alto Araçuaí, Faixa Araçuaí, MG* Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Contribuições às Ciências da Terra, Série M, vol. 22, 151 p.
- Gradim R.J., Alkmim F.F., Pedrosa-Soares A.C., Babinski M., Noce C.M. 2005. Xistos verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: Vulcanismo básico do rifte neoproterozóico Macaúbas. *Rev. Bras. Geoc.* (submetido).
- Grossi-Sad J.H., Roque, N.C., Knauer L.G., Noce C.M., Fonseca E. 1997. Geologia da Folha Carbonita. In: J.H. Grossi-Sad, L.M. Lobato, A.C. Pedrosa-Soares, B.S. Soares-Filho (eds) *Projeto Espinhaço em CD-ROM*. Belo Horizonte, CODEMIG, pp. 1251-1371.
- Hettich M. 1973. *Zur Stratigraphie und Genese des Macaúbas nördlich der Serra Negra, Espinhaço-Zone (Minas Gerais, Brasilien)*. Tese de Doutorado, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg, 42 p.
- Lima S.A.A., Martins-Neto M.A., Pedrosa-Soares A.C., Cordani U.G., Nutman A. 2002. A Formação Salinas na área-tipo, NE de Minas Gerais: Uma proposta de revisão da estratigrafia da Faixa Araçuaí com base em evidências sedimentares, metamórficas e idades U-Pb SHRIMP. *Rev. Bras. Geoc.*, **32**:491-500.
- Ludwig, K. R. 2001. User's manual for Isoplot/Ex Version 2.49 A geochronological toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley Geochronological Center Special Publication 1a*, 1-55.
- Machado N., Schrank A., Abreu F.R., Knauer L.G., Almeida-Abreu, P.A. 1989. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional, In: SBG, Simp. Geol. MG 5, *Anais*, p. 171-174.
- Martins-Neto M.A., Pedrosa-Soares A.C., Lima S.A.A. 2001. Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil. *Sedim. Geol.*, **141-142**:343-370.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Grossi-Sad J.H., Baars F.J., Guimarães M.L.V., Mourão M.A.A., Oliveira M.J.R., Roque N.C. 1997. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: O registro de uma bacia neoproterozóica. In: SBG, Simp. Geol. MG 9, *Anais*, 14:29-31.
- Noce C.M., Silva L.C., Pedrosa-Soares A.C., Alkmim F.F., Peres, G.G. 2003. O embasamento da Faixa Araçuaí no Bloco Guanhães: Dados geocronológicos e evolução. In: SBG, Simp. Geol. MG 12, *Anais*, p. 90.
- Pedrosa-Soares A.C., Vidal P., Leonardos O.H., Brito-Neves B.B. 1998. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: Further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo Orogen. *Geology*, **26**:519-522.
- Pedrosa-Soares A.C., Cordani U.G., Nutman A. 2000. Constraining the age of Neoproterozoic glaciation in eastern Brazil: First U-Pb SHRIMP data of detrital zircons. *Rev. Bras. Geoc.*, **30**:58-61.
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedemann C.M., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Prec. Res.*, **110**:307-323.
- Sato K., Tassinari C.C.G., Kawashita K., Petronilho, L.A. 1995. O método geocronológico Sm-Nd no IGC-USP e suas aplicações. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, **3**(67):313-336.
- Schrank A., Dourado B.C.V., Biondi J.C. 1978. Estudo preliminar dos meta-vulcanitos do Grupo Macaúbas na região do alto Jequitinhonha – MG. In: SBG, Congr. Bras. Geol., **30**, *Anais*, **3**:1323-1335.
- Silva L.C., Armstrong R., Noce C.M., Carneiro M.A., Pimentel M., Pedrosa-Soares A.C., Leite C.A., Vieira V.S., Silva M.A., Paes V.J.C., Filho J.M.C. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton do São Francisco Meridional. *Rev. Bras. Geoc.*, **32**(4):513-528.
- Souza, M.A.T.A. & Grossi-Sad, J.H. 1997. Geologia da Folha Rio Vermelho. In: Grossi-Sad J.H., Lobato L.M., Pedrosa-Soares A.C., Soares-Filho B.S. (coords. e eds.). *Projeto Espinhaço em Cd-Rom (textos, mapas e anexos)*. Belo Horizonte, COMIG. p.:1251-1371.
- Tack L., Wingate M.T.D., Liégeois J.P., Fernandez-Alonso M., Deblond A. 2001. Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian groups (Bas-Congo): Onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton. *Prec. Res.*, **110**:277-306.
- Uhlein A. 1991. *Transição cráton-faixa dobrada: Exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais: Aspectos estratigráficos e estruturais*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 295 p.
- Uhlein A. & Chaves, M.L.S.C. 1989. Geologia da borda nordeste da Serra do Espinhaço Meridional (Região de Mendanha a São Gonçalo do Rio Preto, MG). In: SBG, Simp. Geol. MG 5, *Anais*, **10**:277-280.
- Uhlein A., Trompette R.R., Egydio-Silva M. 1998. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, **11**:191-203.
- Uhlein A., Trompette R.R., Alvarenga C.J.S. 1999. Neoproterozoic glacial and gravitational sedimentation on a continental rifted margin: The Jequitaiá-Macaúbas sequence (Minas Gerais, Brazil). *J. South Am. Earth Sci.*, **12**:435-451.

Manuscrito A-1602

Recebido em 02 de junho de 2005

Revisão dos autores em 15 de novembro de 2005

Revisão aceita em 20 de dezembro de 2005