

DATAÇÃO DA SUÍTE ALCALINA E DO MAGMATISMO TOLEÍTICO ALTO-K DE GOUVEIA (MG): JUNTOS NO ESPAÇO MAS DISTANTES NO TEMPO

Alexandre de Oliveira CHAVES^{1*}, Ricardo SCHOLZ², Cristiano LANA², Friedrich Ewald RENGER¹, Raphael Martins COELHO¹, Tania Mara DUSSIN¹, Maria do Rosário Mascarenhas de Almeida AZEVEDO³, Sara Monteiro RIBEIRO³

(1) Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, MG – Brasil, CEP: 31270-901. Endereço eletrônico: alex2010@ufmg.br.

(2) Escola de Minas - Universidade Federal de Ouro Preto. Campus do Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, MG – Brasil, CEP - 35400-000.

(3) Departamento de Geociências - Universidade de Aveiro. Campus de Santiago, Aveiro – Portugal. CEP 3810-193.

Introdução
Arcabouço geológico
Métodos
Resultados
Discussões e conclusões
Agradecimentos
Referências bibliográficas

RESUMO - Em Gouveia (MG) está localizada a primeira suíte magmática alcalina Orosiriana pós-colisional descrita na região do Espinhaço Meridional, denominada Suíte Gouveana. Com base em datação U-Pb em titanita, ela foi formada há 1,95 Ga a partir de um magma lamprofírico que se diferenciava para os demais termos monzoníticos e sieníticos da suíte, ao longo de porções transtensionais de falhas transcorrentes regionais. Esta suíte foi termalmente aquecida acima de 600 °C no período Estateriano há 1,73 Ga e guarda também registros da imposição metamórfica Brasileira por volta de 0,5-0,45 Ga. Vizinha a esta suíte, uma rocha traqui-andesítica porfírica rica em K, aparentemente proveniente da diferenciação de um magma basáltico toleítico contaminado pela crosta continental, possivelmente cristalizou-se a 1,16 Ga (fase tardi-orogênica do evento Grenvilleano?) e foi discretamente foliado ao longo das referidas falhas transcorrentes durante sua reativação na fase metamórfica Brasileira datada pelo método Sm-Nd em cerca de 0,45 Ga, método este que mostra ainda uma idade T_{DM} de 1,25 Ga para esta rocha. Assim, a Suíte Gouveana e o traqui-andesito, apesar de aflorarem em um restrito espaço geográfico, teriam sua gênese distanciada no tempo geológico em pelo menos 0,7 a 0,8 Ga.

Palavras-chave: magmatismo alcalino e toleítico, pós-colisional Orosiriano, tardi-orogênico Grenvilleano, Brasileiro, Gouveia.

ABSTRACT - In Gouveia town (MG-Brazil) is located the first post-collisional Orosirian alkaline magmatic suite already described in the Southern Espinhaço region, named Gouveana Suite. Based on U-Pb dating in titanite, it was formed at 1.95 Ga from a lamprophyric magma which differentiated forward to the other monzonitic and syenitic terms of the suite along the transtensional portions of the regional strike-slip faults. This suite was thermally heated above 600 °C in Statherian period at 1.73 Ga and also records the Brasileiro metamorphism around 0.5-0.45 Ga. Neighbor to this suite, a porphyritic trachy-andesitic rock, apparently formed from the differentiation of a tholeiitic basaltic magma contaminated by continental crust, possibly crystallized at 1.16 Ga (tardi-orogenic phase of the Grenvillian event?) and was slightly foliated along the same strike-slip faults during its reactivation in Brasileiro metamorphic phase around 0.45 Ga, according to Sm-Nd isotopic data, which also show a T_{DM} model age of 1.25 Ga for this rock. Thus, Gouveana Suite and trachy-andesite, although outcropping in a same small geographical area, would have their genesis separated in geological time by at least 0.7 to 0.8 Ga.

Keywords: Alkaline and tholeiitic magmatism, Orosirian post-collisional, Grenvillian tardi-orogenic, Brasileiro, Gouveia.

INTRODUÇÃO

Segundo Chaves et al. (2014), nos arredores da cidade de Gouveia (MG), embutida nos granitoides e gnaisses do Complexo de Gouveia, é identificada uma rocha subvulcânica traqui-andesítica porfírica discretamente foliada mas com textura ígnea perfeitamente preservada, guardando fenocristais de plagioclásio e sanidina e matriz também rica em feldspatos, com biotita, epidoto magmático e quartzo. Ela aflora na forma de corpos irregulares e diques subverticalizados. De

ocorrência adjacente ao traqui-andesito, aparecem lajedos de rochas essencialmente plutônicas com textura ígnea parcialmente preservada, levemente metamorfasadas na facies xisto-verde, com termos variando desde lamprófiros melanocráticos (ricos em flogopita e anfibólio, com microclina intersticial), monzonitos melanocráticos (com anfibólio, biotita, microclina e plagioclásio), sienitos mesocráticos até quartzo-sienitos leucocráticos (com microclina, biotita e quartzo).

Litoquimicamente, todas as rochas são metaluminosas, porém os traqui-andesitos subvulcânicos são toleíticos (subalcalinos) de alto-K e tardi-orogênicos, enquanto que as rochas plutônicas compõem uma suíte magmática alcalina saturada em sílica, denominada Suíte Gouveana. Os litotipos desta suíte estão geneticamente inter-relacionados por processos de fracionamento magmático ocorrido durante episódio pós-colisional (Chaves et al., 2014).

Com base na petrografia e litoquímica destas rochas, os referidos autores sugerem que, apesar de estarem em contato geológico entre si no campo, os traqui-andesitos e a suíte

Gouveana sejam oriundos de fontes mantélicas distintas (razões contrastantes Ti/P 4,1-7,8 *versus* 1,3-3,4, Th/Hf 0,5-2,0 *versus* 1,7-6,4, K/Ti 2,3-3,5 *versus* 5,1-17,5, La_N/Lu_N 9,0-15,6 *versus* 15,6-56,3) e não sejam necessariamente contemporâneos, devendo estar tectonicamente associados às transcorrências regionais. O objetivo do presente manuscrito é apresentar as idades U-Pb de titanita do monzonito melanocrático da Suíte Gouveana e Sm-Nd (isócrona interna) do traqui-andesito de Gouveia (MG) com o intuito de verificar se há ou não a contemporaneidade entre a Suíte Gouveana e o traqui-andesito.

ARCABOUÇO GEOLÓGICO

A área investigada encontra-se na chamada depressão de Gouveia, uma janela estrutural do embasamento cristalino embutida na Serra do Espinhaço Meridional, em Minas Gerais (Figura 1). Considerando-se toda a sua extensão, a Serra do Espinhaço prolonga-se por cerca de 1.200 km desde o norte do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais até o extremo norte do Estado da Bahia. A principal unidade litoestratigráfica que sustenta o espigão de serras é o Supergrupo Espinhaço. Essa unidade, depositada a partir do final do Paleoproterozóico (~1,7 Ga), é constituída principalmente por quartzitos com intercalações de filitos e metaconglomerados, e com intrusões de rochas metavulcânicas em sua porção basal (Schöll & Fogaça, 1979, Machado et al., 1989, Dossin et al., 1990). No Espinhaço Meridional, o Supergrupo Espinhaço é sobreposto por metassedimentos do Supergrupo São Francisco, do Neoproterozóico (0,85-0,6 Ga), integrado pelos grupos Macaúbas e Bambuí, o último aflorando exclusivamente a oeste da serra.

Em termos geotectônicos, essas megassequências integram a Faixa de Dobramentos Araçuaí, que margeia o Craton São Francisco a leste. A Orogenia Araçuaí desenvolveu-se durante o Ciclo Brasileiro entre 650 e 450 Ma (Pedrosa-Soares et al., 2001), gerando na Serra do Espinhaço grandes dobramentos de eixos norte-sul com assimetria em direção ao cráton e foliações plano-axiais a

tais dobramentos, com mergulhos altos para leste. O metamorfismo superimposto varia de fácies xisto-verde a anfíbolito, de oeste para leste.

Rochas da infra-estrutura ocorrem na porção central serrana (região de Gouveia) e na margem leste da mesma (Figura 1). Gnaisses migmatíticos do Complexo de Gouveia (Hoffmann, 1983) apresentam idade de 2839 +/- 14 Ma, tendo sofrido anatexia após a Orogenia Riachão-Orosiriana (2,2-2,0 Ga), por volta de 1844 +/- 15 Ma (U-Pb em zircão, Machado et al., 1989). Esta anatexia gerou um grande volume de granitóides peraluminosos a duas micas com granada neste complexo, muitas vezes porfiríticos, com cristais centimétricos de feldspato potássico (Chaves & Coelho, 2013). Tais rochas apresentam-se localmente deformadas, com texturas que variam de protomiloníticas a ultramiloníticas, representadas por xistos feldspáticos e sericita-quartzo xistos e sericita filonitos. Nos xistos sericíticos, ocorre intensa venulação de quartzo, contendo por vezes cianita e turmalina. Hoffmann (1983) definiu ainda uma sequência de quartzo-muscovita filitos e xistos que gradam a quartzitos micáceos, interposta entre o Complexo de Gouveia e o Supergrupo Espinhaço, denominando-a de Grupo Costa Sena. Segundo Machado et al. (1989), zircões de rochas por eles interpretadas como metavulcânicas desse grupo apresentaram idade U-Pb de cristalização de 2,05 Ga.

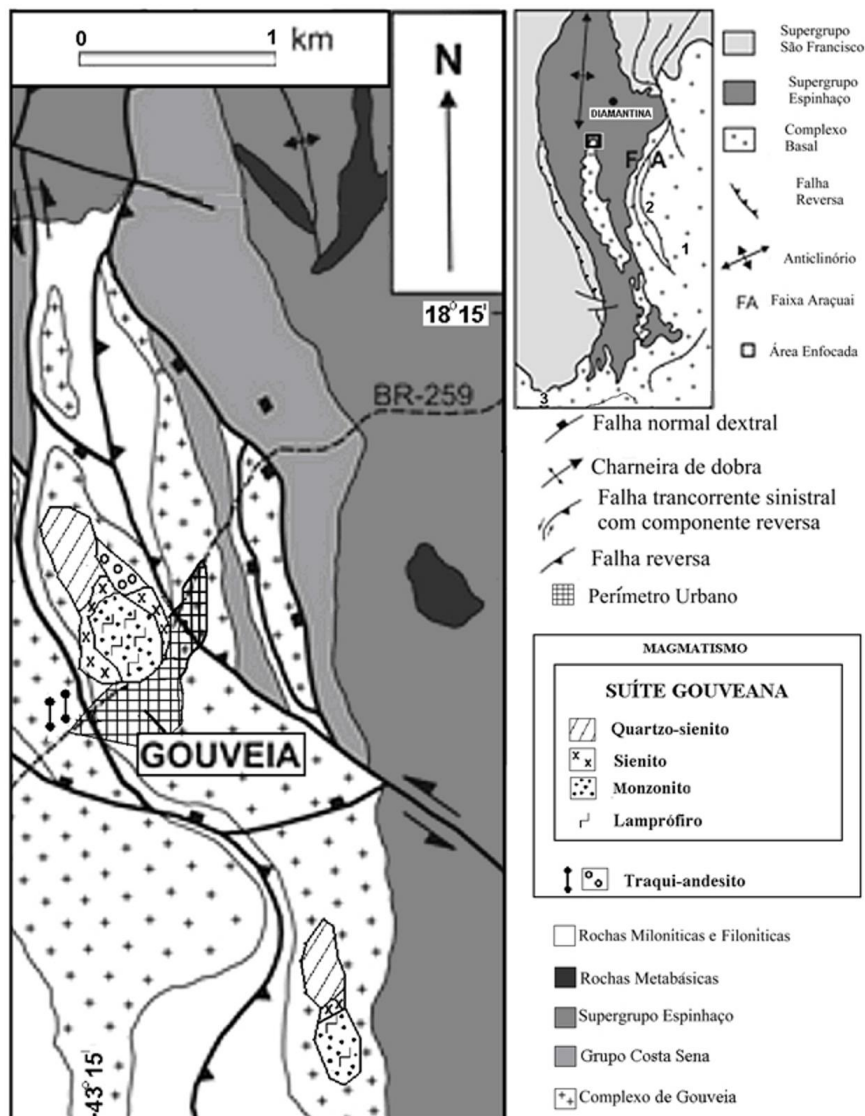


Figura 1. Arcabouço geológico do entorno de Gouveia-MG, onde estão situados os litotipos investigados (Chaves et al., 2014). Os números do interior da figura menor (geologia regional) correspondem à localização de granitoides anorogênicos (1), vulcânicas ácidas (2) e diques máficos (3) de cerca de 1,7-1,77 Ga relacionados ao magmatismo bimodal da Tafrogênese Estateriana regional.

Análises estruturais desenvolvidas na região (Dussin et al., 1992, Alkmim, 1995) mostraram que a faixa de dobramentos e cavalgamentos no Espinhaço Meridional representa uma culminação antiformal com vergência tectônica para oeste e idades de deformação principalmente neoproterozóicas. Entretanto, Cruz et al. (2005) afirmam que a deformação no embasamento de Gouveia ocorreu por meio da nucleação de zonas de cisalhamento dúctil-rúpteis. Tais zonas são constituídas por uma associação de rochas miloníticas e filoníticas com mergulhos subverticais, diferentemente da sua continuação na cobertura (Figura 1). Indicadores cinemáticos de vários tipos revelam duas fases principais de deformação. A

primeira, com cinemática transcorrente sinistral e componente reverso, com eventuais falhas normais associadas, foi responsável pela nucleação das zonas de cisalhamento. A segunda possui vergência para oeste e desenvolveu-se por meio da reativação das zonas anteriormente nucleadas.

Dussin et al. (1993), detalharam os metadiabásios que cortam todos os litotipos supra-citados, exibindo texturas ofítica a sub-ofítica localmente preservadas, e predomínio de augita, transformada para actinolita-tremolita e clorita, e de plagioclásio (anortita 25-60) alterado para albita, epidoto e sericita. Apresentam foliação metamórfica incipiente dada pelos minerais secundários formados em

baixa temperatura (tremolita-actinolita, clorita, epidoto). A idade dessas rochas varia em torno de 900 Ma (Machado et al., 1989), com metamorfismo relacionado ao evento tectonothermal Brasileiro (650-450 Ma).

Situadas nos arredores da cidade de Gouveia (Figura 1), as rochas investigadas neste trabalho tratam-se não só de subvulcânicas traquiandesíticas porfíricas toleíticas de alto-K, levemente metamorfisada na facies xisto-verde mas com textura ígnea praticamente preservada, como também de lamprófiros, monzonitos,

sienitos e quartzo-sienitos geneticamente inter-relacionados em uma série magmática alcalina saturada em sílica (Suíte Gouveana), também metamorfisados. Com uma exposição de cerca de 1 Km², elas aparentam ter intrusão associada ao desenvolvimento transtensional de zonas de cisalhamento subverticais locais, já que se encontram embutidas nos granitoides e gnaisses do Complexo de Gouveia, os quais eventualmente mostram milonitização verticalizada com orientação preferencial N-S.

MÉTODOS

Após a separação de uma titanita de cerca de 1,5 mm do monzonito melanocrático da Suíte Gouveana alcalina saturada em sílica pós-colisional, ela foi montada em epóxi e devidamente polida. A seguir, foi analisada pela metodologia U-Pb através da técnica LA-ICPMS (espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado e sistema de ablação a laser) no Laboratório de Geocronologia da Universidade Federal de Ouro Preto - MG (Lana et al., 2013, Romano et al., 2013). Pontos de borda e núcleo do cristal de titanita foram ablacionados por 40 segundos cada com feixes de laser 213 nm e 40 µm de diâmetro, sob energia de 8 J/cm² e frequência de 10 Hz. O material ablacionado foi arrastado por fluxo de gás He/Ar até o espectrômetro de massas, onde as razões isotópicas de chumbo e urânio foram obtidas. Medidas sistemáticas nos padrões de titanita BLR e OLT (Aleinikoff et al. 2007, Kennedy et al. 2010) acompanharam o processo de análise. As massas 202 Hg e 204 (Hg+Pb) foram medidas para efetuar correções de Pb comum conforme Storey et al. (2006), em consonância com o *two stage model* de Stacey & Kramers (1975).

Na busca de uma idade isocrônica interna Sm-Nd para o traqui-andesito subvulcânico tardi-orogênico toleítico alto-K de Gouveia, foram preparadas amostras de rocha total, dos concentrados de minerais máficos (biotita e epidoto) e félsicos (plagioclásio e sanidina) e da fração restante após a separação, por meio do separador magnético Frantz, dos concentrados máfico e félsico. No Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade de Aveiro (Portugal),

estas amostras foram analisadas pela técnica de espectrometria de massas com diluição isotópica.

Após a pesagem e ataque químico de cada amostra com os ácidos nítrico e fluorídrico (1:2), a solução resultante foi evaporada e o resíduo redissolvido em ácido clorídrico 2,5 N. A seguir, em uma coluna de troca iônica foi coletado o conjunto das terras-raras utilizando ácido clorídrico 0,26 N e numa segunda coluna preenchida com pó de teflon, o Sm e Nd foram separados do restante das terras-raras. Nesta última coluna, utilizou-se ácido clorídrico 0,26 N para a coleta do Nd e ácido clorídrico 0,55 N para a coleta do Sm. O resíduo de cada amostra, após secagem, foi então encaminhado para a espectrometria de massas. Os valores ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd foram normalizados pela razão ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd = 0,7219 (Hawkesworth & Van Calsteren, 1984). Para obter a razão ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd utilizou-se a equação ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd = 0,60847 x [Sm(ppm)/Nd(ppm)]. O padrão utilizado foi o Nd Jndi (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd = 0,5121025, conf. lim.= 95%; N = 11). As constantes adicionalmente utilizadas no cálculo da idade T_{DM} e do parâmetro Epsilon-Nd foram: λ = 6,54 x 10⁻¹² anos⁻¹; (¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd)_{CHUR atual} = 0,1967; (¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd)_{DM atual} = 0,222; (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_{CHUR atual} = 0,512638 e (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_{DM atual} = 0,513114 (Rollinson, 1993).

Os diagramas e idades U-Pb e Sm-Nd foram alcançados com o auxílio do software ISOPLOT 3.00 de Ludwig (2003).

RESULTADOS

Os resultados isotópicos U-Pb obtidos após a ablação de 12 pontos do cristal de titanita, sendo 4 deles na porção central do cristal e 8 na sua parte periférica, encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Concentração de U e Pb, razões isotópicas Pb/U, Pb/Pb, idades pontuais e seus respectivos erros analíticos para os pontos ablacionados no cristal de titanita do monzonito da Suíte alcalina Gouveana.

Ponto	U (pp)	Pb (ppm)	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2s$ (%)	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2s$ (%)	rhoe	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 2s$ (%)	^{206}Pb (Ma)	$\pm 2s$ (Ma)	^{207}Pb (Ma)	$\pm 2s$ (Ma)	^{206}Pb (Ma)	$\pm 2s$ (Ma)	conc (%)
NÚCLEO DA TITANITA																
S064	76.9	25.88	4.6024	1.3789	0.2877	1.2323	0.8936	0.1160	0.6188	1630	18	1750	12	1896	11	0.16
S065	75.3	25.02	4.5038	1.1137	0.2831	0.9466	0.8500	0.1153	0.5866	1607	13	1732	9	1886	11	0.15
S045	109.	41.88	5.3183	1.3356	0.3274	1.2136	0.9086	0.1177	0.5577	1826	19	1872	11	1923	10	0.17
S075	57.4	23.40	5.8097	2.5537	0.3520	2.4957	0.9773	0.1197	0.5408	1944	42	1948	22	1952	10	0.18
BORDA DA TITANITA																
S068	68.6	25.61	4.7832	3.2772	0.3239	3.1728	0.9681	0.1070	0.8206	1809	50	1782	28	1750	15	0.17
S056	105.	48.82	4.9846	1.5048	0.3379	1.1846	0.7872	0.1069	0.9279	1877	19	1817	13	1748	17	0.15
S081	49.4	18.29	4.7131	2.2687	0.3200	1.8426	0.8121	0.1068	1.3236	1790	29	1770	19	1746	24	0.17
S080	48.8	19.03	4.8812	1.9059	0.3279	1.3135	0.6891	0.1079	1.3810	1828	21	1799	16	1765	25	0.23
S067	71.3	24.62	4.3302	1.8893	0.2977	1.4229	0.7531	0.1054	1.2428	1680	21	1699	16	1723	23	0.16
S076	54.9	19.25	4.3832	1.7323	0.3025	1.2454	0.7189	0.1050	1.2040	1704	19	1709	14	1716	22	0.17
S072	65.8	23.59	4.5454	3.5112	0.3146	3.1837	0.9067	0.1047	1.4806	1764	49	1739	30	1710	27	0.18
S073	62.1	22.18	4.5412	1.9993	0.3079	1.5517	0.7761	0.1069	1.2607	1730	24	1739	17	1748	23	0.16

Com os dados da tabela 1, surgiram duas discórdias U-Pb no diagrama da figura 2. Uma delas, correspondente aos pontos da região central do cristal de titanita, forneceu intercepto superior de 1948 +/- 11 Ma e intercepto inferior de 447 +/- 83 Ma.

A outra discórdia, gerada a partir dos pontos ablacionados na borda do cristal, produziu um intercepto superior de 1731 +/- 12 Ma e intercepto inferior de 499 +/- 270 Ma.

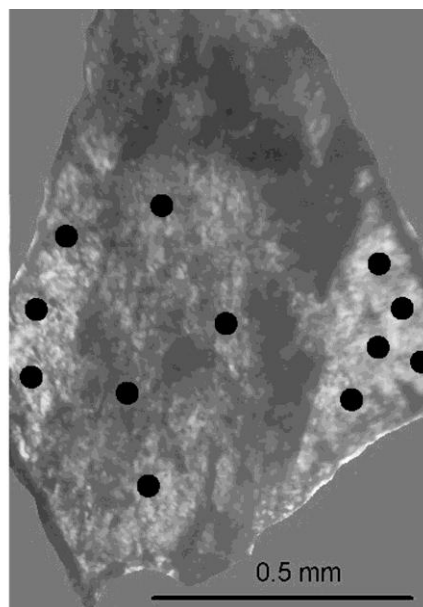
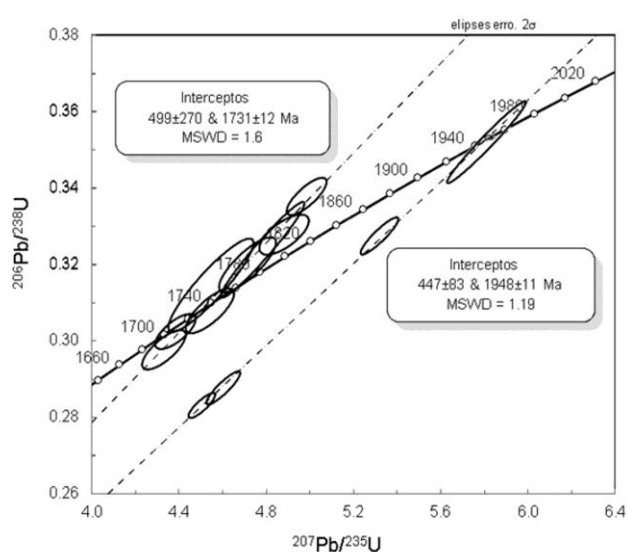


Figura 2. Diagrama $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ e as duas discórdias encontradas para as porções de núcleo e borda do cristal de titanita do monzonito da Suíte Gouveana. Os pontos ablacionados estão assinalados pelos círculos pretos na imagem do cristal analisado.

Os resultados isotópicos Sm-Nd obtidos para as amostras de rocha total, dos concentrados de

minerais máficos (biotita e epidoto) e félsicos (plagioclásio e sanidina) e da fração residual do

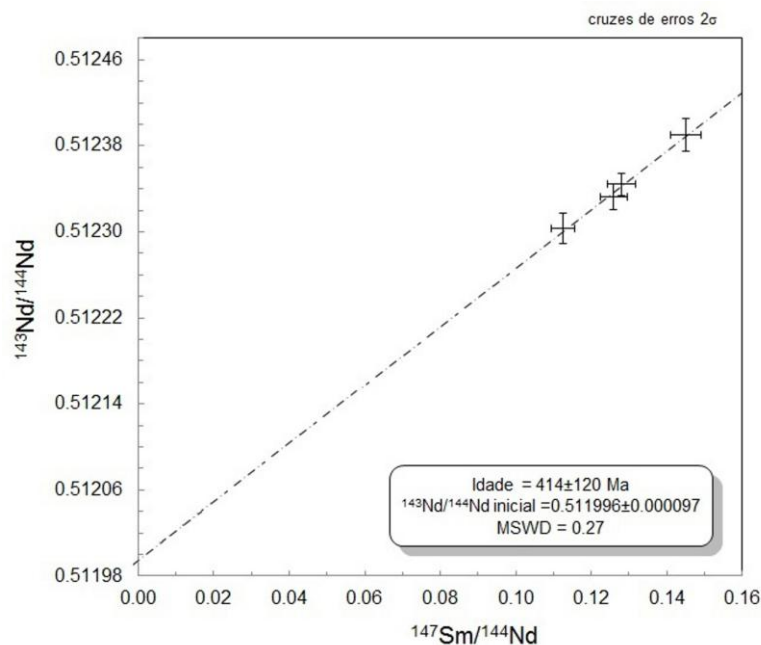
traqui-andesito de Gouveia encontram-se na tabela 2, que também apresenta as concentrações de Sm e Nd (ppm) de cada uma, a idade modelo T_{DM} (*depleted mantle*) da rocha

total e o ϵ_{Nd} calculado a partir da idade isocrônica interna obtida. A isócrona interna Sm-Nd desta rocha aparece na figura 3.

Tabela 2. Concentrações de Sm e Nd e as razões isotópicas $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (e seus respectivos erros analíticos) do material preparado a partir do traqui-andesito de Gouveia. A idade T_{DM} da rocha total e o ϵ_{Nd} (0,41 Ga) estão também apresentados.

Ref Lab	Ref amostra	Material	ppm Nd	ppm Sm	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	Erro (2s)	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Erro (2s)	T (DM)	ϵ_{Nd} (0,41 Ga)
12/167	AG-Rocha	Traqui-Andesito (rocha total)	64.6	13.7	0.128	0.004	0.512344	0.000010	1.25 Ga	-2.1
12/168	AG-Resto	Fração Resto	48.5	10.1	0.126	0.004	0.512332	0.000012	-	-
12/169	AG-Máficos	Fração Máficos (biotita + epidoto)	107	25.7	0.145	0.004	0.512390	0.000015	-	-
12/170	AG-Félsicos	Fração Félsicos (plagioclásio + sanidina)	35.2	6.5	0.112	0.003	0.512303	0.000014	-	-

Figura 3. Diagrama $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ versus $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ e a isócrona interna Sm-Nd obtida para a rocha total, os concentrados máfico e félsico e a fração residual do traqui-andesito de Gouveia.



A idade isocrônica interna encontrada para o traqui-andesito é de 414 +/- 120 Ma, sendo $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_i$ igual a 0,511996. A idade

modelo T_{DM} calculada para esta rocha é de 1,25 Ga, sendo o ϵ_{Nd} (0,41 Ga) igual a -2,1.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A titanita tem sido reconhecida como um útil geocronômetro por não apenas registrar a cristalização magmática de uma rocha, mas também por poder guardar eventos metamórficos ocorridos após a cristalização magmática, já que é um mineral reativo com

temperatura de fechamento do sistema U-Pb de 600 °C verificada tanto experimentalmente quanto em estudos de geologia de campo (Cherniak, 1993, Verts et al., 1996, Frost et al., 2000).

A discórdia da figura 2 que corresponde aos pontos da região central do cristal de titanita, mostra intercepto superior de 1948 +/- 11 Ma, o qual pode ser interpretado como a idade de cristalização magmática do monzonito da Suíte Gouveana em regime tectônico pós-colisional tal qual já prenunciado pela litoquímica da rocha (Chaves et al., 2014), mais exatamente durante a fase pós-colisional da Orogenia Riachiano-Orosiriana (2,2-2,0 Ga). Seu intercepto inferior de 447 +/- 83 Ma remete à imposição metamórfica Brasiliana. A outra discórdia da figura 2, gerada a partir dos pontos ablacionados na borda do cristal de titanita desta rocha, e que produziu um intercepto superior de 1731 +/- 12 Ma, revela a influência de uma anomalia térmica regional relacionada à Tafrogênese Estateriana, disparada por rifteamento ativo regional que teria promovido o soerguimento das isotermas àquele período, com energia térmica acima de 600 °C, suficiente para interferir no sistema isotópico U-Pb da titanita do monzonito da Suíte Gouveana. Este rifteamento ativo encontra-se registrado pelo magmatismo bimodal Estateriano regional com idade entre 1,70-1,77 Ga, representado por rochas vulcânicas ácidas da base do Supergrupo Espinhaço (Brito Neves et al., 1979), granitos anorogênicos (Fernandes, 2001) e diques máficos (Chaves & Correia Neves, 2005), demarcados no mapa regional da figura 1. O intercepto inferior de 499 +/- 270 Ma desta segunda discórdia mostra novamente a imposição metamórfica Brasiliana sobre o monzonito.

Já com relação ao traqui-andesito de Gouveia, apesar do elevado erro encontrado na idade isocrônica interna Sm-Nd de 414 +/- 120 Ma, este valor é marcador do metamorfismo Brasiliano, responsável pela discreta foliação metamórfica do traqui-andesito, não ficando descartada a hipótese desta idade ser também a da cristalização magmática concomitante à reativação de zonas de cisalhamento locais no Brasiliano. Tal metamorfismo Brasiliano também é percebido nos interceptos inferiores das discórdias da titanita do monzonito de 1,95 Ga da suíte Gouveana adjacente ao traqui-andesito. A idade modelo T_{DM} de 1,25 Ga representaria o momento de extração mantélica do material que se tornaria a rocha traqui-andesítica, ou seja, o momento em que a

amostra estudada ainda tinha a mesma razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ do reservatório DM (*Depleted Mantle*). Esta idade de 1,25 Ga é posterior aos processos paleoproterozóicos relacionados à suíte alcalina Gouveana e leva ao entendimento de que o traqui-andesito toleítico não tem relação genética com a referida suíte alcalina, conforme já sugerido por Chaves et al. (2014), que apontaram fontes mantélicas distintas para eles. O valor de ϵ_{Nd} (0,41 Ga) igual a -2,1, próximo de zero, porém levemente negativo, remete a um protólito basáltico toleítico extraído do manto litosférico, com envolvimento parcial de crosta continental na evolução do magma que se tornaria traqui-andesítico, envolvimento este que poderia também explicar o caráter enriquecido em potássio desta rocha.

Chaves et al. (2013) descrevem rochas vulcanoclásticas traqui-andesíticas nas imediações da área estudada, com idade máxima de deposição de 1,16 Ga obtida a partir da datação de zircões pelo método U-Pb. Estas rochas poderiam ser produtos do mesmo processo geológico que gerou os traqui-andesitos estudados, tendo em vista as suas semelhanças geoquímicas (incluindo padrões de terras-raras), e ambas não mostram afinidade química com os metadiabásios de 0,9 Ga locais (Chaves et al. 2013 e Chaves et al. 2014). A idade Grenvilleana de 1,16 Ga é próxima da idade T_{DM} de 1,25 Ga aqui apresentada para o traqui-andesito e, caso estudos futuros confirmem a sua idade de cristalização magmática em torno de 1,16 Ga, surgiria a questão: esta rocha, classificada geoquimicamente como tardi-orogênica (Chaves et al. 2014), seria tardi-orogênica em relação ao evento Grenvilleano? Regionalmente este evento é assumido como orogênico por Almeida Abreu & Renger (2002) e por eles chamado de Uruçuano A ocorrência deste evento na região é também sugerida por Zalan & Silva (2007), os quais apontam a inversão do rifte Estateriano Espinhaço meridional entre 1,3 Ga e 1,0 Ga, com base em interpretação de perfis sísmicos regionais.

Em suma, pode-se concluir que a Suíte Gouveana representa a primeira suíte magmática alcalina Orosiriana pós-colisional descrita na região do Espinhaço Meridional em Minas Gerais, tendo sido formada há 1,95 Ga a

partir de um magma lamprofírico que se diferenciava para os demais termos monzoníticos e sieníticos da suíte, ao longo de porções transtensionais de falhas transcorrentes regionais. Esta suíte foi termalmente aquecida acima de 600 °C no período Estateriano há 1,73 Ga e guarda ainda registros da imposição metamórfica Brasiliana por volta de 0,5-0,45 Ga. Vizinho a esta suíte na região de Gouveia (MG), o traqui-andesito porfirítico rico em K, aparentemente proveniente da diferenciação de um magma basáltico toleítico contaminado pela crosta continental, possivelmente cristalizou-se

a 1,16 Ga (com base na idade de vulcanoclásticas locais similares – Chaves et al. 2013) e foi discretamente foliado ao longo das referidas falhas transcorrentes durante sua reativação na fase metamórfica Brasiliana por volta de 0,45 Ga. Assim, a Suíte Gouveana e o traqui-andesito, apesar de aflorarem em um restrito espaço geográfico, teriam sua gênese distanciada no tempo geológico em pelo menos 0,7 a 0,8 Ga, levando-se em conta a idade T_{DM} de 1,25 Ga do traqui-andesito toleítico e a idade de 1,95 Ga da suíte alcalina Gouveana.

AGRADECIMENTOS

À PRPq-UFMG pelo apoio financeiro e ao Instituto Casa da Glória-Centro de Geologia Eschwege (Diamantina) pelo apoio logístico. Ao CNPq pela bolsa de produtividade de pesquisa concedida aos três primeiros autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEINIKOFF, J.N., WINTSCH, R., TOLLO, R.P., UNRUH, D.M., FANNING, C.M., SCHMITZ, M.D. Ages and origins of rocks of the Killingworth dome, south-central Connecticut: Implications for the tectonic evolution of southern New England. *American Journal of Sciences*, v. 307, p. 63–118. 2007.
2. ALKMIM, F.F. O Anticlinório de Gouveia: exemplo de culminação antiformal nucleada pelo embasamento. In: Simpósio Geologia Minas Gerais, 8, Diamantina. *Anais*. p.1-2. 1995.
3. ALMEIDA ABREU, P.A. & RENGER, F.E. Serra do Espinhaço Meridional, um orógeno do Mesoproterozóico. *Revista Brasileira de Geociências*, v.32, p. 1-14. 2002.
4. BRITO NEVES, B.B., KAWASHITA, K., DELHAL, J., A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 9, n.1, p. 71–85. 1979.
5. CHAVES, A.O. & CORREIA NEVES, J.M. Magmatism, rifting and sedimentation related to late Paleoproterozoic mantle plume events of central and southeast Brazil. *Journal of Geodynamics*, v. 39, n.3, p. 197-208. 2005.
6. CHAVES, A. O. & COELHO, R. M. Petrografia, geoquímica e geocronologia do leucogranito peraluminoso do Complexo de Gouveia-MG. *Geonomos*, v. 21, n.2, p. 1-12. 2013.
7. CHAVES, A.O., COELHO, R.M., RENGER, F.E., DUSSIN, T.M., AZEVEDO, M.R.M.A., RIBEIRO, S.M. Petrografia e litoquímica do magmatismo tardi-orogênico toleítico alto-K e da suíte pós-colisional alcalina saturada em sílica de Gouveia (MG). *Geochimica Brasiliensis*, v. 28, n. 2, p. 117-130. 2014.
8. CHAVES, M.L.S.C, SILVA, M.C.R, SCHOLZ, R., BABINSKI, M. Grenvillian age magmatism in the Southern Espinhaço Range (Minas Gerais): evidence from U-Pb zircon ages. *Brazilian Journal of Geology*, v.43, n. 3, p. 477-48. 2013.
9. CHERNIAK, D.J. Lead diffusion in titanite and preliminary results on the effects of radiation damage on Pb transport. *Chemical Geology*, v.110, p.177-194. 1993.
10. CRUZ, S.C.P., ALKMIM, F.F., LAGOEIRO, L.E. Zona de cisalhamento do núcleo do anticlinório de Gouveia, Cordilheira do Espinhaço, MG: geometria, cinemática e processos deformacionais. *Revista Brasileira de Geociências*, v.35, p. 441-452. 2005.
11. DOSSIN, I.A., DOSSIN, T.M., CHAVES, M.L.S.C. Compartimentação estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais - os grupos Diamantina e Conselheiro Mata. *Revista Brasileira de Geociências*, v.20, p 178-186. 1990.
12. DUSSIN, I.A., DUSSIN, T.M., CHARVET, J., CHEMALE Jr., F. Tectonique du Protérozoïque Supérieur au sud-est du Craton São Francisco (Minas Gerais, Brésil). *Compte Rendu L'Acad. Sciences*, Serie II, Fascicule II, p.629-636. 1992.
13. DOSSIN, T.M., DOSSIN I.A., CHARVET J., POUCKET A., LAPIERRE H. Late proterozoic mafic dykes swarm from the Espinhaço Range (Minas Gerais, Brazil): geochemistry and tectonical setting. In: Simpósio Cráton São Francisco, 2, Salvador, *Anais*, p.128-130.1993.
14. FERNANDES, M.L.S. **O Granito Borrachudos entre Guanhões e Dores de Guanhões, MG (Plutonito Morro do Urubu): Gênese e evolução**. Tese de Doutorado, IG-UFRJ. 187p. 2001.
15. FROST, B.R., CHAMBERLAIN, K.R., SCHUMACHER, J.C., Sphene (titanite): phase relations and role as a geochronometer: *Chemical Geology*, v. 172, p.131-148. 2000.
16. HAWKESWORTH, C.J. & VAN CALSTEREN, P.W.C. Radiogenic Isotopes – some geological applications. In: HENDERSON, P. (ed). *Rare earth element geochemistry*. Elsevier, Amsterdam: p. 375-421. 1984.
17. HOFFMANN, C. The archaean peraluminous Gouveia granite. Its structure, geochemistry, and phase petrology (Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil). *Neues Jahrbuch Mineralogie, Abhandlungen*, v. 146, p. 151-169. 1983.
18. KENNEDY, ALLEN K., KAMO, S.L., NASDALA, L., TIMMS, N.E. Grenville Skarn Titanite: Potential Reference Material for Sims U–Th–Pb Analysis. *The Canadian Mineralogist*, v. 48, n.6, p. 1423-1443. 2010.
19. LANA, C., ALKMIM, F.F., ARMSTRONG, R., SCHOLZ, R., ROMANO, R., NALINI Jr, HA. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*. v. 231, p.157-173. 2013.

20. LUDWIG, K. R. Isoplot/Ex 3.00: A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, **Special Publication**, n.4, 70 p. 2003.
21. MACHADO, N., SCHRANK, A., ABREU, F.R., KNAUER, L.G., ALMEIDA-ABREU, P.A. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. In: Simposio Geologia Minas Gerais, 5, Diamantina. **Anais**. p.171-174. 1989.
22. PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., WIEDMAN, C.M., PINTO, C.P. The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. **Precambrian Research**, v. 110, p. 307-323. 2001.
23. ROLLINSON, H. R. **Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation**. Longman Sci. Technical. 352p. 1993.
24. ROMANO, R., LANA, C., ALKMIM, F.F., STEVENS, G., ARMSTRONG, R. Stabilization of the southern portion of the São Francisco craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. **Precambrian Research**. v. 224,p.143-159. 2013.
25. SCHÖLL, W.U. & FOGAÇA, A.C.C. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina (MG). In: Simposio Geologia Minas Gerais, 1, Diamantina. **Atas**. p.55-73. 1979.
26. STACEY, J. S. & KRAMERS, J. D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. **Earth and Planetary Science Letters**. v. 26, p. 207-221. 1975.
27. STOREY, C.D., JEFFRIES, T.E., SMITH, M. Common Pb-corrected laser ablation ICP-MS U-Pb systematics and geochronology of titanite. **Chemical Geology** v.227, p. 37-52. 2006.
28. VERTS, L.A., CHAMBERLAIN, K.R., FROST, C.D.. U-Pb sphene dating of contact metamorphism: the importance of sphene growth in the contact aureole of the Red Mountain pluton, Laramie Mountains, Wyoming. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 125, p. 186-199. 1996
29. ZALÁN, P.V. & SILVA, P.C.R. Bacia do São Francisco. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, p. 561-571. 2007.

Manuscrito recebido em: 05 de Agosto de 2014

Revisado e Aceito em: 18 de Junho de 2015