

Magmatismo sideriano e riaciano associado a evolução geológica do Cinturão Mineiro, bordo meridional do Craton do São Francisco

Siderian and Rhyacian magmatism associated with the Mineiro Belt, southern edge of São Francisco Craton

C. A. Ávila^{1*}, W. Teixeira², E. M. Bongioiolo³, I. A. Dussin⁴



Artigo Curto
Short Article

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Resumo: A evolução paleoproterozóica do Cinturão Mineiro é marcada por diversos corpos ígneos, que variam composicionalmente desde tonalitos-trondhjemitos até granitos. As idades U-Pb (SHRIMP, LA-ICPMS e TIMS) desses corpos apontam para a presença de pelo menos cinco picos de crescimento crustal: dois no Sideriano (2,47 a 2,41 Ga e 2,36 a 2,33 Ga) e três no Riaciono (2,25 a 2,20; 2,19 a 2,15 Ga; e 2,14 a 2,10 Ga).

Palavras-chave: Ortognaisses, Sideriano, Riaciono, Paleoproterozóico, Brasil.

Abstract: The evolutionary history of the Paleoproterozoic Mineiro Belt is marked by different igneous bodies that can be classified as tonalite-trondhjemite to granite. The U-Pb zircon ages (SHRIMP, LA-ICPMS and TIMS) of these bodies reveal five peaks of crustal growth: two Siderian (2.47 to 2.41 Ga and 2.36 to 2.33 Ga) and three Rhyacian (2.25 to 2.20; 2.19 to 2.15 Ga; and 2.14 to 2.10 Ga).

Keywords: Orthogneiss, Siderian, Rhyacian, Paleoproterozoic, Brazil.

¹Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

²Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.

³Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

⁴Faculdade de Geologia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

*Autor correspondente / Corresponding author: avila@mn.ufrj.br

Em contexto semelhante, os ortognaisses paleoproterozoicos encontram-se associados à Orogênia Acrecionária Minas, que compreende a evolução geológica dos cinturões Mineiro, Mantiqueira e Juiz de Fora, sendo que o cinturão Mineiro envolve a acreção de pelo menos três arcos magmáticos distintos, designados de Resende Costa, Serrinha e Ritápolis (Ávila *et al.*, 2010, 2014). Em termos gerais, os litótipos associados a estes três arcos magmáticos apresentam componentes desde juvenis até crustais e idades variando do Sideriano ao Riaciono (2,36 a 2,10 Ga).

Os resultados geocronológicos obtidos na última década para os corpos ígneos do Cinturão Mineiro possibilitaram a definição de pelo menos cinco grandes pulsos magmáticos, os quais são representados pelos seguintes intervalos: *i*) 2,47 a 2,41 Ma (Barbosa *et al.*, 2013); *ii*) 2,36 a 2,33 Ga (Teixeira *et al.*, 2012); *iii*) 2,25 a 2,20 Ga (Ávila *et al.*, 2010, 2014); *iv*) 2,19 a 2,15 Ga (Ávila *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 2008); *v*) 2,14 a 2,10 Ga (Ávila, 2000).

Neste trabalho são apresentados dados de campo, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos dos ortognaisses Resende Costa, Brumado de Cima, Fé e Ribeirão dos Mosquitos, bem como a inserção dos mesmos no contexto evolutivo do Cinturão Mineiro.

1. Introdução

O bordo meridional do Craton do São Francisco é considerado como uma área de grande importância para a evolução crustal do continente sul-americano, pois apresenta diversas gerações de ortognaisses, cujas idades variam desde o Mesoarqueano até o Paleoproterozóico. Os corpos arqueanos estão relacionados com as orogênicas Santa Bárbara e Rio das Velhas e são representados pelos ortognaisses tonalíticos a graníticos dos complexos metamórficos Campo Belo, Bonfim, Santa Bárbara, Passa Tempo, Belo Horizonte e Bação, cujas idades estão associadas aos intervalos 3212-3210 Ma, 2930-2895 Ma, 2795-2765 Ma e 2750-2700 Ma (Lana *et al.*, 2013; Romano *et al.*, 2013).

2. Breve síntese sobre o cinturão mineiro

A concepção inicial do cinturão Mineiro é antiga e remonta a identificação na borda meridional do craton do São Francisco de rochas transamazônicas margeando núcleos arqueanos (Teixeira, 1982). Complementando essa proposta, Teixeira & Figueiredo (1991) propuseram que após a sedimentação do Supergrupo Minas (2,6 a 2,2 Ga) teria se formado um arco magmático continental Transamazônico (entre 2,1 e 1,9 Ga) com forte contribuição crustal. Essa proposta foi acompanhada por diversos autores (Teixeira *et al.*, 2000; Noce *et al.*, 2000; Quéméneur & Noce, 2000; Ávila *et al.*, 2006) ou sutilmente modificada por Alkmim (2004), que propôs uma ampliação da abrangência do cinturão Mineiro,

envolvendo neste o embasamento arqueano retrabalhado no Transamazônico, bem como as rochas do Supergrupo Minas. Posteriormente, Ávila *et al.* (2010, 2014) apontaram que os corpos vulcânicos e subvulcânicos das suítes Serrinha e Tiradentes apresentam marcante contribuição juvenil e estariam associados a um ambiente tipicamente de arco magmático oceânico.

Entretanto a grande revolução na concepção do cinturão Mineiro está relacionada ao seu conhecimento geocronológico, que inicialmente foi substanciado por idades Rb-Sr, envolvendo o intervalo entre 2,1 e 1,9 Ga (Teixeira, 1982; Teixeira & Figueiredo, 1991). Porém a partir do final da década de 90, foram obtidas idades ^{207}Pb - ^{206}Pb (por evaporação de monocristais de zircão) mais antigas, entre 2,23 e 2,12 Ga (Ávila, 2000), que foram corroboradas posteriormente por idades U-Pb bastante próximas (Ávila *et al.*, 2006, 2010, 2014; Teixeira *et al.*, 2008). Porém, Seixas *et al.* (2012) e Teixeira *et al.* (2012) encontraram idades de cristalização U-Pb entre 2360 e 2330 Ma em ortognaisses aflorantes entre as cidades de Resende Costa e Lagoa Dourada, que proporcionaram a expansão do intervalo de idades do cinturão Mineiro. Recentemente Barbosa *et al.* (2013) obtiveram idades entre 2,47 e 2,41 Ma para o ortognaisse, cassiterita e corpos correlatos, evidenciando, neste sentido, um amplo intervalo para a evolução paleoproterozoica da região, desde 2,47 a 2,21 Ga.

3. Feições de campo e petrográficas dos ortognaisses

O ortognaisse Resende Costa aflora ao redor da cidade de Resende Costa e é circunscrito por anfibolitos, filitos carbonosos, gonditos, granada xistos e quartzitos da Faixa Rio das Mortes (Teixeira *et al.*, 2012), bem como possui contato tectônico a oeste com o granitoide Ritápolis. Apresenta *clots* máficos adelgaçados e textura anastomosada, marcada pela presença de grãos de plagioclásio e quartzo envolvidos por biotita, revelando composições tonalíticas. Estas rochas são hololeucocráticas, equigranulares desde finas-médias até médias-grossas (1 a 5 mm) e apresentam como minerais acessórios microclina, allanita, zircão, monazita, opacos e apatita. As principais feições metamórficas observadas correspondem a: *i*) substituição do plagioclásio (andesina) por microclina, epidoto, zoisita/clinozoisita, carbonato e sericita; *ii*) sobrecrecimento de epidoto associado à biotita ao redor da allanita; *iii*) substituição dos minerais opacos por titanita. Este corpo é ainda cortado por pegmatitos mineralizados em cassiterita e em columbita - tantalita e por veios félsicos graníticos hololeucocráticos.

O ortognaisse Brumado de Cima encontra-se exposto a oeste da cidade de São João del Rei, apresenta *trend* NEE-SWW e é intrusivo no metaquartzodiorito do Brito e em rochas metamáficas e metassedimentares da faixa Nazareno, apresentando xenólitos destas. Suas rochas variam de hololeucocráticas a leucocráticas, equigranulares finas a médias (0,5 a 2 mm), e têm composições granodioríticas a monzograníticas, sendo compostas de plagioclásio (oligoclásio), quartzo e alcali-

feldspato, enquanto biotita, zircão, apatita, allanita, xenotímio, monazita e minerais opacos são fases acessórias. Epidoto, titanita, mica branca, clorita, carbonato, zoisita e clinozoisita são minerais metamórficos (Ávila *et al.*, 2010). Destaca-se neste corpo a presença das texturas *chessboard*, de fluxo magmático e granofírica, que apontariam para condições de cristalização associada a um nível crustal raso (subvulcânico).

O ortognaisse Fé ocorre ao norte da cidade de São João del Rei, apresenta forma alongada segundo o *trend* NEE-SWW e é delimitado a sul por rochas metaultramáficas da faixa Nazareno e a norte por rochas anfibolíticas da faixa Rio das Mortes (Teixeira *et al.*, 2008). Apresenta xenólitos de gnaisses, anfibolitos e metapiroxenitos, bem como é cortado por diques de metadiabásio e por pegmatitos mineralizados em cassiterita e em columbita-tantalita. Suas rochas são hololeucocráticas, finas a médias (0,2 a 1,5 mm), apresentam textura inequigranular xenoblástica, variam de monzograníticas a sienograníticas e apresentam quartzo, microclina, plagioclásio e biotita, enquanto zircão, allanita, apatita, hornblenda, granada, fluorita, ilmenita, ouro, pirita, calcopirita são minerais acessórios. Epidoto, titanita, mica branca, clorita, carbonato e stilpnomelana são minerais metamórficos.

O ortognaisse Ribeirão do Mosquito encontra-se exposto entre as cidades de Resende Costa e Coronel Xavier Chaves, apresenta forma elíptica segundo o *trend* NEE-SWW e é envolvido por anfibolitos, filitos carbonosos, gonditos e filitos da faixa Rio das Mortes. Suas rochas são leucocráticas, equigranulares médias (1 a 3 mm), granodioríticas e compostas por quartzo, microclina, plagioclásio e biotita. Zircão, allanita, apatita e minerais opacos são acessórios, enquanto epidoto, zoisita, clinozoisita, titanita e mica branca são minerais metamórficos. Este corpo é cortado por diques de diabásio, por pegmatitos mineralizados em cassiterita e em columbita - tantalita e por diques graníticos relacionados ao granitoide Ritápolis.

4. Geoquímica, isótopos e geocronologia

O ortognaisse Resende Costa é enriquecido em SiO_2 e Na_2O , apresenta elevada relação $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ (3,44 a 6,20) e baixo conteúdo de $\text{FeO}^* + \text{MgO}$ (1,84 a 2,59%) e K_2O . Suas amostras são peraluminosas, plotam no campo dos trondhjemitos, apresentam enriquecimento nos ETRL em relação aos ETRP, anomalia levemente negativa de Eu e mostram assinatura química compatível com ambiente de arco magmático. A fácies equigranular fina tem idade de cristalização U-Pb (LA-ICPMS) de 2356 ± 12 Ma, enquanto a fácies equigranular média a grossa tem idade de cristalização U-Pb (LA-ICPMS) de 2358 ± 10 Ma e idade metamórfica (bordas sobrecrecidas nos grãos de zircão) de 2133 ± 32 Ma. Apresenta T_{DM} entre 2,35 e 2,50 Ga e valores de $\varepsilon_{\text{Nd}}(2,4\text{Ga})$ entre +1,6 e +3,4.

O ortognaisse Brumado de Cima apresenta elevado conteúdo de SiO_2 e Na_2O , é peraluminoso e com tendência trondhjemítica. Apresenta enriquecimento nos ETRL em relação aos ETRP, anomalia desde levemente positiva a

negativa de Eu e mostram assinatura química compatível com ambiente de arco magmático. Esse corpo possui idade de cristalização U-Pb (TIMS) de 2227 ± 22 Ma, T_{DM} variando de 2,4 a 2,6 Ga e valores de $\epsilon_{Nd(2,2Ga)}$ de -0,84 e +1,35 (Ávila *et al.*, 2010).

O ortognaisse Fé apresenta grande variação de SiO_2 , elevado conteúdo de K_2O e Na_2O e relação Na_2O/K_2O entre 0,61 e 1,48. Suas rochas são predominantemente peraluminosas, cálcio-alcálicas de alto potássio a shoshoníticas, apresentam pronunciada anomalia negativa de Eu e elevada relação La/Y. Este corpo apresenta idade de cristalização U-Pb (TIMS) de 2191 ± 9 Ma, T_{DM} de 2,68 Ga e valor de $\epsilon_{Nd(2,19Ga)} = -3,8$ (Teixeira *et al.*, 2008).

O ortognaisse Ribeirão do Mosquito mostra sutil variação de SiO_2 , elevado conteúdo de K_2O e Na_2O , é peraluminoso, plota no limite dos campos dos trondhjemitos-granitos e mostram assinatura química compatível com ambiente de arco magmático. Apresenta idade de cristalização U-Pb (LA-ICPMS) de 2146 ± 5 Ma, T_{DM} de 2,4 Ga e valor de $\epsilon_{Nd(2,1Ga)} = -0,6$.

5. Conclusões

A partir dos novos dados geológicos e geocronológicos encontrados, admite-se que a conceituação inicial do cinturão Mineiro (arco magmático continental) tem que ser expandida para envolver também arcos magmáticos oceânicos, conforme proposto por Ávila *et al.* (2010, 2014), bem como a idade do referido cinturão seria mais abrangente do que o intervalo entre 2,1 e 1,9 Ga inicialmente proposto por Teixeira & Figueiredo (1991). Nesse caso envolveria desde o Sideriano (2,36 a 2,30 Ga) até o Riáciano (2,23 a 2,10 Ga), sendo que, diferentemente dos cinturões Mantiqueira e Juiz de Fora, os corpos plutônicos do cinturão Mineiro não apresentam, até o presente momento, idade de cristalização inferior a 2100 Ma.

No contexto do Cinturão Mineiro, os ortognaisses Resende Costa e Brumado de Cima foram gerados em arcos magmáticos juvenis, respectivamente do Sideriano (arco Resende Costa) e do Riáciano (arco Serrinha), enquanto os ortognaisses Fé e Ribeirão dos Mosquitos apresentam gênese com a participação de componente crustal. Nesse sentido reafirma-se a natureza tanto oceânica, quanto continental dos arcos acrescionários paleoproterozoicos que construíram o Cinturão Mineiro.

Referências

Alkmim, F.F., 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C. Dal Ré Carneiro, (Eds). *Geologia do Continente Sul-Americano. Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, 17-35.

Ávila, C.A., 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozoicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João del Rei, Minas Gerais*. Tese, de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro (não publicada), 401 p.

Ávila, C.A., Teixeira, W., Cordani, U.G., Moura, C.A.V., Pereira, R.M., 2010. Rhyacian (2.23-2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences*, **29**, 464-482.

Ávila, C.A., Teixeira, W., Bongioiolo, E.M., Dussin, I.A., Vieira, T.A.T., 2014. Rhyacian evolution of subvolcanic and metasedimentary rocks of the southern segment of the Mineiro Belt, São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, **243**, 221-251.

Ávila, C.A., Teixeira, W., Cordani, U.G., Barrueto, H.R., Pereira, R.M., Martins, V.T.S., Dunyi, L., 2006. The Glória quartz-monzodiorite isotopic and chemical evidence of arc-related magmatism in the central part of the Paleoproterozoic Mineiro belt, Minas Gerais State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **78**, 543-556.

Barbosa, N., Teixeira, W., Ávila, C.A., Bongioiolo, E.M., Dussin, I.A., 2013. Ortognaisses siderianos (2450 a 2410 Ma) na parte sul do cráton do São Francisco: geocronologia e significado para o cinturão Mineiro. *XIV Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Boletim de Resumos Expandidos, Diamantina, Brasil, 4 p.

Lana, C., Alkmim, F.F., Armstrong, R., Scholz, R., Romano, R., Nalini, H.A., 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, **231**, 157-173.

Noce, C.M., Teixeira, W., Quéméneur, J.J.G., Martins, V.T.S., Bolzachini, E., 2000. Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco Craton and implications for the evolution of the Transamazonian orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, **13**, 225-239.

Quéméneur, J.J.G., Noce, C.M., 2000. Geochemistry and petrology of felsic and mafic suites related to the Paleoproterozoic Transamazonian orogeny in Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**, 87-90.

Romano, R., Lana, C., Alkmim, F.F., 2013. Stabilization of the Southern São Francisco Craton, SE Brazil, through a long-lived and episodic period of potassic magmatism. *Precambrian Research*, **224**, 143-159.

Seixas, L.A.R., David, J., Stevenson, R., 2012. Geochemistry, Nd isotopes and U-Pb geochronology of a 2350 Ma TTG suite, Minas Gerais, Brazil: Implications for the crustal evolution of the southern São Francisco craton. *Precambrian Research*, **196-197**, 61-80.

Teixeira, W., 1982. Geochronology of the southern part of the São Francisco Craton. *Revista Brasileira de Geociências*, **12**, 268-277.

Teixeira, W., Ávila, C.A., Nunes, L.C., 2008. Nd-Sr isotopic geochemistry and U-Pb geochronology of Fé granitic gneiss and Lajedo granodiorite: implications for Paleoproterozoic evolution of the Mineiro belt, southern São Francisco Craton. *Geologia USP Série Científica*, **8**, 53-73.

Teixeira, W., Ávila, C.A., Souza, V.H.P., Dussin, I.A., Bongioiolo, E.M., Rigueti, A.L., Pinho, R.E., 2012. Caracterização de arco magmático sideriano no Cinturão Mineiro: evidências isotópicas a partir do ortognaisse Resende Costa e rochas coevas. *XLVI Congresso Brasileiro de Geologia*, Santos, Brasil, 2012, 1 p.

Teixeira, W., Figueiredo, M.C.H., 1991. An outline of Early Proterozoic crustal evolution in the São Francisco region, Brazil: a review. *Precambrian Research*, **53**, 1-22.

Teixeira, W., Sabaté, P., Barbosa, J., Noce, C.M., Carneiro, M.A., 2000. Archean and Paleoproterozoic evolution of the São Francisco Craton. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomas Filho, D.A. Campos, (Eds). *Tectonic Evolution of the South America. XXXI International Geological Congress*, Rio de Janeiro, Brazil, 101-137.