

Geoquímica e isotopia Sr-Nd do Batólito Pinhal-Ipuiúna, Nappe Socorro-Guaxupé, SP-MG

Valdecir de Assis Janasi¹, Regina Clélia Haddad², Horstpeter H.G.J. Ulbrich¹

¹Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 562, São Paulo-SP, 05508-800, vajanasi@usp.br; hulbrich@usp.br;

²Faculdade de Artes, Filosofia e Ciências Sociais, Instituto de Geografia, Universidade de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila 2160, Uberlândia, MG, 38408-100, rchaddad@ig.ufu.br

Abstract

The Pinhal-Ipuiúna Batholith, intrusive in the Guaxupé Domain, Socorro-Guaxupé Nappe, SE Brazil, is made up of a wide compositional variety of granitoid rocks, all dated at ~620 Ma, defining a continuous suite from subordinate ~50 wt% SiO₂ gabbro to ~75wt% SiO₂ leucogranite, and predominant intermediate hornblende-biotite quartz monzonite and monzogranite. Whole-rock geochemistry and Sr-Nd isotope geochemistry show that it was formed by several pulses of magma derived from mixed sources. Wider variation is observed in the felsic rocks, where the crustal component (middle orthogneissic crust) is dominant, while the basic component seems to derive from enriched subcontinental mantle.

Key words: Sr-Nd isotope geochemistry, high-K calc-alkaline granite, magma evolution

Introdução

O principal volume de rochas graníticas presente nas faixas de dobramento neoproterozóicas do Estado de São Paulo e arredores concentra-se em grandes batólitos alongados dominados por suites cálcio-alcálinas potássicas de caráter metaluminoso. O Batólito Pinhal-Ipuiúna (BPI), intrusivo em terrenos de alto grau metamórfico da Nappe Socorro-Guaxupé (NSG), se destaca das demais ocorrências semelhantes por apresentar uma ampla variação composicional, contínua entre gabros e leucogranitos (Haddad, 1995). Este trabalho apresenta uma contribuição da geoquímica de rochas e da isotopia Sr-Nd para a petrogênese do batólito.

Situação geológica: o contexto do magmatismo e evolução tectônica da NSG

O Domínio Guaxupé, porção setentrional da NSG, corresponde à exposição de uma seção da crosta média a inferior, amplamente dominada por rochas ortoderivadas de idade neoproterozóica, granulíticas na base e migmatíticas em direção ao topo. A idade de cristalização magmática dos protólitos plutônicos dessas rochas é definida por poucas datações U-Pb situadas em torno de 640 Ma (Basei et al., 1995; Janasi, 1999). O metamorfismo de alto grau do Domínio Guaxupé foi datado em ~625 Ma, com base na idade de granitos e charnockitos derivados da anatexia de diferentes setores dessa crosta; entretanto, idades U-Pb em monazita indicam um segundo evento metamórfico, ou resfriamento regional abaixo de 700°C, em torno de 610 Ma (Janasi, 1999). A intrusão dos sienitos potássicos Pedra Branca e Capituva em 610 Ma constitui um importante marcador do final do metamorfismo regional.

Geologia e idade do Batólito Pinhal-Ipuiúna

O principal volume do batólito Pinhal-Ipuiúna é formado por hornblenda-biotita quartzo monzonitos e monzogranitos porfiríticos de caráter intermediário, com índices de cor (IC) entre 8 e 15, agrupados na unidade Ipuiúna. Granitos mais félsicos, agrupados na unidade Serra do Pau d'Alho, mostram significativa variação textural e composicional; são geralmente biotita sienogranitos e monzogranitos que variam de porfiríticos de matriz fina a média a inequigranulares grossos. Rochas mais máficas são relativamente expressivas, se comparadas a outros batólitos similares no Estado de São Paulo e adjacências. Na região centro-leste do batólito ocorrem rochas com IC mais elevado (15-25), agrupadas na unidade São José da Prata, que têm composição predominante monzodiorítica, variando localmente para monzonítica. Gabros formam pequenos corpos dentro da unidade Ipuiúna, extremo leste do batólito, próximo à cidade homônima. No extremo oeste do batólito, ocorre um corpo de composição monzonítica (Monzonito Maravilha; Haddad et al., 1997).

Datações U-Pb em zircão sugerem que o batólito se formou em um intervalo curto. Um monzogranito da unidade Ipuiúna (região de Pinhal) foi datado em 622 ± 2 Ma, enquanto um granito félsico situado a leste desta cidade tem 619 ± 2 Ma, e o Monzonito Maravilha tem 620 ± 2 Ma (V.A. Janasi, dados inéditos). Essas idades indicam que a formação do BPI é contemporânea ao metamorfismo principal da NSG, e precedeu em ca. 10 milhões de anos a intrusão do Sienito Pedra Branca e as idades U-Pb em monazita em granitos e migmatitos regionais, que marcam o deslocamento da SGN para níveis crustais mais rasos e o resfriamento regional.

Geoquímica de rochas

A *geoquímica de elementos maiores e traços* mostra que as diferentes unidades do BPI definem tendências contínuas por um amplo intervalo composicional (50-75% SiO₂), consistente com variações modais. Para muitos elementos as tendências de variação típicas de séries magmáticas cálcio-alcálinas são lineares, sugerindo caráter comagmático de todo o conjunto. Contudo, para as rochas félsicas (>68 % SiO₂) da unidade Serra do Pau d'Alho observa-se importante

dispersão para alguns elementos ou índices, indicativa da existência de pulsos independentes, gerados sob distintas condições físico-químicas e/ou derivados de fontes diferentes. Assim, os granitos félsicos que ocorrem a oeste de Pinhal (SPA-1) se distinguem por seu caráter mais rico em K e Ba, enquanto os outros dois grupos de granitos félsicos têm geralmente menor mg# e maior Na/K; os granitos félsicos que ocorrem a leste de Pinhal (SPA-2), em particular, exibem como característica diagnóstica teores mais altos de Na e mais baixos de Sr (cf. Fig. 1).

Entre as rochas intermediárias da unidade Ipuíúna, a despeito da notável identidade química independente da posição geográfica, teores ligeiramente mais baixos de Sr distinguem as amostras da porção oriental do batólito (arredores da cidade de Ipuíúna), que tendem a seguir a mesma tendência definida pelos termos mais máficos, enquanto as rochas da porção ocidental (região de Pinhal) se destacam por teores mais altos, que as relacionam aos granitos félsicos geograficamente relacionados, situados a oeste de Pinhal. Os pequenos corpos de gabro localizados nos arredores de Ipuíúna não se alinham com a tendência geral para alguns elementos (Al, Na, Ba, Ti, P), descartando a hipótese de que correspondem a um membro-final máfico de um processo de mistura magmática com termos félsicos que teria gerado as rochas intermediárias. O Monzonito Maravilha foge sistematicamente à tendência geral por seu caráter rico em feldspato potássico (K, Al, Ba, Sr) e mais pobre em minerais máficos que rochas de teor de SiO₂ equivalente; é notável seu enriquecimento em Zr, que alcança 500 ppm.

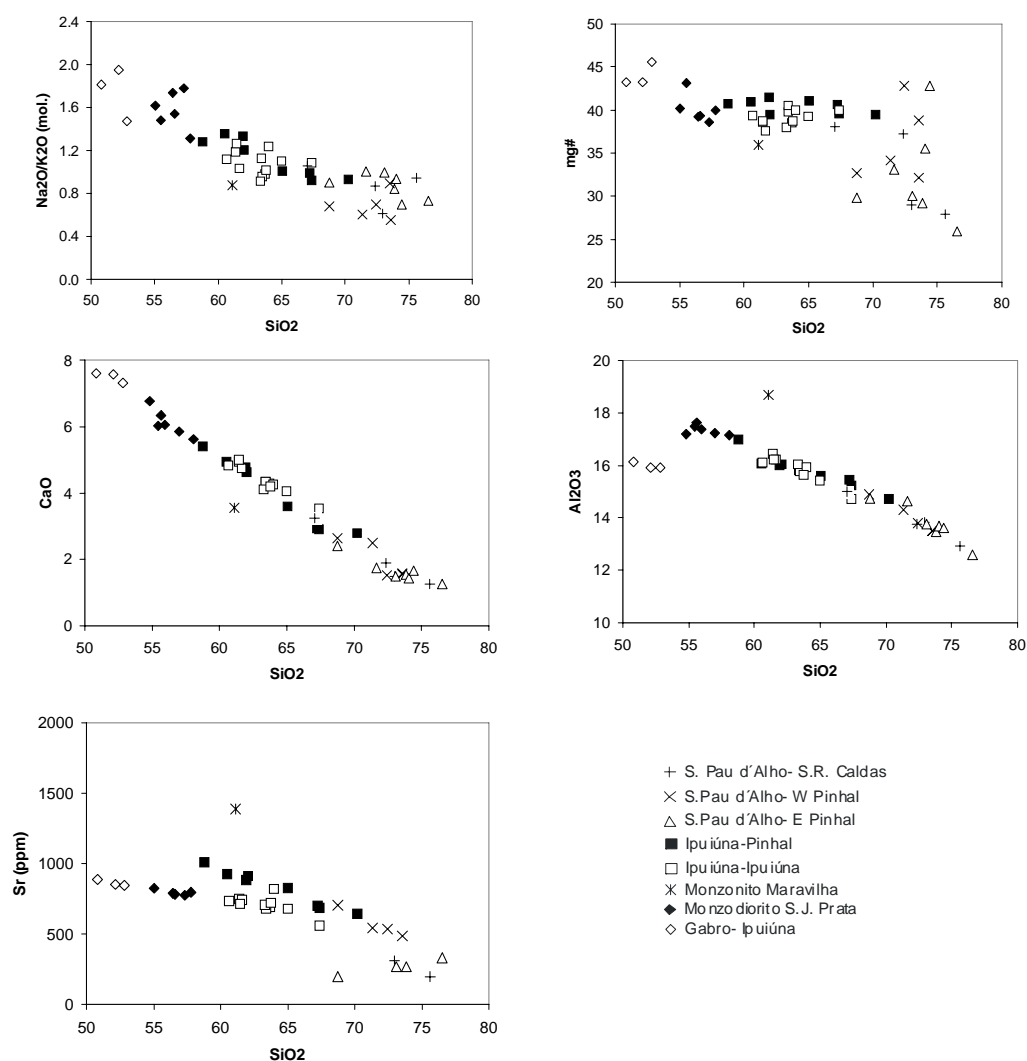


Figura 1. Diagramas de variação usando SiO₂ como índice de diferenciação para rochas graníticas do Batólito Pinhal-Ipuíúna.

Os padrões de ETR dos granitos do BPI são apresentados na Figura 2. As rochas da unidade Ipuíúna mostram padrões moderadamente fracionados, com La_N/Yb_N= 15-25 e anomalia negativa de Eu; os valores típicos de Gd_N/Yb_N estão em

torno de 2,8. Exceção é a amostra IU-08A, com forte fracionamento ($La_N/Yb_N=40$) e discreta anomalia negativa de Eu; a amostra PH-146 tem $Gd_N/Yb_N=3,9$, mais elevado que as demais.

Dentro do conjunto de rochas mais máficas, os padrões de ETR do Monzodiorito São José da Prata têm comportamento muito parecido com o da unidade Ipuíúna, distinguindo-se apenas pelas anomalias negativas de Eu menos pronunciadas. Fracionamento similar é também mostrado pelos gabros, que parecem mostrar Gd_N/Yb_N um pouco mais alto (3,8). O Monzonito Maravilha, por outro lado, contrasta fortemente por seu padrão de ETR muito fracionado ($La_N/Yb_N \sim 90$, $Gd_N/Yb_N=6.7$) e ausência de anomalia de Eu.

Os granitos félsicos da unidade Serra do Pau-d'Alho mostram grande variedade de padrões de ETR, confirmando a diversidade já apontada pela geoquímica de elementos maiores. Os granitos SPA-1 mostram padrões mais fracionados ($La_N/Yb_N=30-60$, $Gd_N/Yb_N=3.5-5$), em evidente contraste com os granitos SPA-2 ($La_N/Yb_N=12-16$, $Gd_N/Yb_N \sim 2$; anomalias negativas de Eu mais pronunciadas). Entre os granitos félsicos do centro do BPI (SPA-3), ocorrem amostras com fortes anomalias negativas e fraco fracionamento entre terras-raras médias e pesadas ($Gd_N/Yb_N=1.4-1.8$) e uma amostra (SC-29) com padrão semelhante aos das unidade mais máficas associadas (Fig. 2).

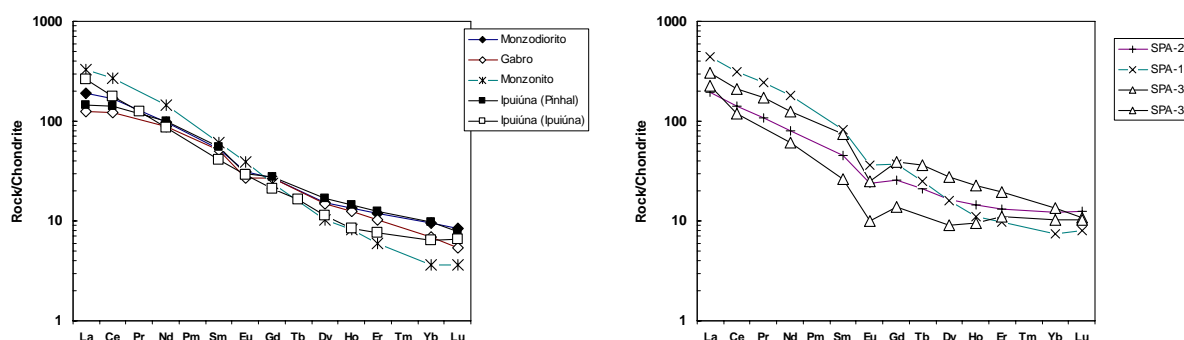


Figura 2. Padrões de elementos terras-raras para rochas graníticas do Batólito Pinhal-Ipuíúna. Símbolos como na Fig. 1.

Geoquímica isotópica Sr-Nd

Determinações isotópicas Sm-Nd e Rb-Sr em rochas das diferentes unidades do BPI mostram um campo de variação relativamente restrito (Fig. 3), com $^{87}Sr/^{86}Sr(t)$ em torno de 0,710 e $\epsilon Nd(t=620 \text{ Ma}) = -5$ a -10 . As amostras do extremo leste do batólito tendem a mostrar os valores mais negativos de $\epsilon Nd(t)$, alcançando valor extremo em IU-08A, que se diferencia totalmente, mostrando valor de -20 . O campo de valores Sr-Nd se distingue de batólitos cálcio-alcálicos do Terreno Apiaí-São Roque (batólitos Agudos Grandes e Três Córregos) por mostrar $\epsilon Nd(t)$ significativamente menos negativo, a valores similares de $^{87}Sr/^{86}Sr(t)$. Em comparação com mangeritos e charnockitos da suite São José do Rio Pardo (Janasi, 2002), distinguem-se por valores mais altos de $^{87}Sr/^{86}Sr(t)$, indicativos de fontes com maior razão Rb/Sr integrada no tempo, diferentes dos granulitos que constituíram a fonte daquela suite. A clara superposição com o campo Sr-Nd dos granitos anatéticos regionais ("tipo Pinhal" de Wernick e Penalva, 1980) sugere que a crosta ortognáissica regional, que sofreu anatexia contemporânea à geração do BPI, é uma fonte importante para esse magmatismo. Em contraposição, a crosta mais rasa, em parte de natureza metassedimentar, que deu origem aos granitos Nazaré Paulista, na porção meridional da SGN, não teve participação significativa. Por outro lado, rochas potássicas de derivação mantélica que ocorrem regionalmente, como os sienitos Pedra Branca e Capituva, mostram assinatura Sr-Nd similar à dos termos mais primitivos do BPI, sugerindo que a pequena dispersão das razões isotópicas no batólito pode refletir a inexistência de contraste significativo entre os componentes crustais e mantélicos envolvidos em sua gênese.

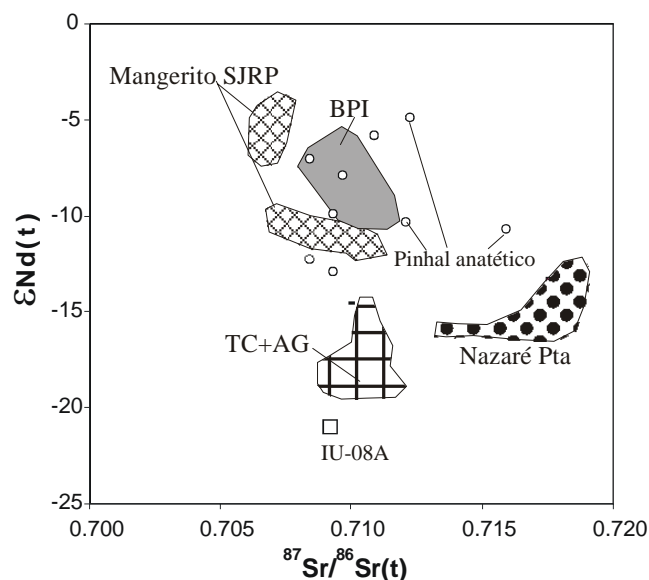


Figura 3. Diagrama $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)$ x $\epsilon\text{Nd}(t)$ para rochas do BPI comparado com os campos de granitos regionais. Fontes de dados: Janasi (1999, 2002) e Prazeres Filho et al. (2003). BPI= Batólito Pinhal-Ipuiúna; SJRP = São José do Rio Pardo; TC + AG= batólitos Três Córregos e Agudos Grandes; Nazaré Pta= granitos anatóticos de Nazaré Paulista.

Evolução magmática

Característica singular do Batólito Pinhal-Ipuiúna é a tendência composicional expandida e contínua entre gabros e leucogranitos, cobrindo o intervalo composicional entre 50 e 75% de SiO_2 . A variação composicional no intervalo entre gabros e as rochas intermediárias da unidade Ipuiúna define tendências simples para elementos maiores e traços, incluindo os padrões de ETR, que poderiam ser explicadas por cristalização fracionada a partir de um magma parental básico. No entanto, a existência algumas diferenças geoquímicas sistemáticas indicam que existem variações regionais nos magmas parentais, e a assinatura isotópica associada ao pequeno volume de rochas básicas sugerem que essas diferenças podem estar relacionadas à participação de distintos componentes crustais. O componente mantélico é pouco expressivo nas rochas félsicas da unidade Serra do Pau d'Alho, cuja maior diversidade composicional reflete mais claramente a amostragem de diferentes reservatórios crustais. Essas fontes crustais devem corresponder predominantemente a ortognaisses da crosta média, similares aos que deram origem aos granitos anatóticos tipo Pinhal, e geoquímica e isotopicamente distintos dos granulitos basais e dos pacotes metassedimentares da porção superior da Nappe Socorro-Guaxupé.

Referências Bibliográficas

- Basei, M.A.S., Siga Jr., O., Sato, K., Sproesser, W.M. 1995. A metodologia urânio-chumbo na Universidade de São Paulo: princípios metodológicos, aplicações e resultados obtidos. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **67**(2): 221–237.
- Haddad, R.C. 1995. O batólito granitóide Pinhal-Ipuiúna (SP-MG): um exemplo do magmatismo cálcio-alcalino potássico neoproterozóico no sudeste brasileiro. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Haddad, R. C., Janasi, V.A., Ulbrich, H.H G.J. 1997. Caracterização geoquímica preliminar dos granitóides aflorantes nas vizinhanças do Batólito Pinhal-Ipuiúna (SP-MG). *Revista Brasileira de Geociências*, **27**: 129-138.
- Janasi, V.A. 1999. Petrogênese de granitos crustais na Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (SP-MG): uma contribuição da geoquímica elemental e isotópica. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Janasi, V.A. 2002. Elemental and Sr-Nd isotope geochemistry of two Neoproterozoic mangerite suites in SE Brazil: implications for the origin of the mangerite-granite-granite series. *Precambrian Research*, **119**: 301-322.
- Prazeres Filho, H.J., Harara, O.M.; Basei, M.A.S.; Passarelli, C.R. & Siga Jr., O. 2003. Litoquímica, geocronologia U-Pb e geologia isotópica (Sr-Nd-Pb) das rochas graníticas dos batólitos Cunhaporanga e Três Córregos na porção sul do Cinturão Ribeira, Estado do Paraná. *Geologia USP, Série Científica*, **3**: 51-70.
- Wernick, E., Penalva, F. 1980. Contribuição à geologia do Grupo Pinhal (SP e MG). *Revista Brasileira de Geociências*, **10**: 43–62.