

GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS DE ROCHAS INTRUSIVAS E EXTRUSIVAS DA REGIÃO NORTE DA PROVÍNCIA MAGMÁTICA DO PARANÁ

Rocha Jr., E.R.V.¹; Machado, F.B.²; Gabioli, L.J.¹; Marques, L.S.¹; Figueiredo, A.M.G.³ & Nardy, A.J.R.²

¹ Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Universidade de São Paulo – USP erocha@iag.usp.br

² Depto de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Universidade Estadual Paulista – UNESP/Rio Claro

³ Laboratório de Análise por Ativação com Nêutrons, Centro do Reator Nuclear de Pesquisas – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN-SP

Abstract – This work presents the geochemical results, including major, minor and trace elements, of a detailed investigation of flows, sills and rare dykes from Northern Paraná Magmatic Province. 175 samples were analysed by X-ray fluorescence to the determination of major and minor elements and 75 samples of them were selected to the analysis of highly incompatible trace elements by neutron activation technique. Until now the samples from Mato Grosso do Sul and Goiás States were only analyzed for major, minor and some trace elements. The investigated rocks are mainly represented by tholeiitic basalts (about 72wt%), with subordinant andesi-basalts and traqui-andesi-basalts. The basic rocks ($\text{SiO}_2 < 55\%$ and/or $\text{MgO} > 3\%$) were identified as belonging to Pitanga ($\text{TiO}_2 > 3,0\text{wt}\%$), Urubici ($\text{TiO}_2 > 3,0\text{wt}\%$), Paranapanema ($2,0 < \text{TiO}_2 \leq 3,0\text{wt}\%$) and Ribeira ($1,5 < \text{TiO}_2 \leq 2,0\text{wt}\%$) magma-types, based on high-field strength elements, such as Ti, Zr and Y. Some evolved lithotypes ($\text{SiO}_2 > 55\text{wt}\%$ and/or $\text{MgO} < 3\text{wt}\%$) were also found, corresponding to about 6wt% of all the investigated rocks.

Keywords: Paraná Magmatic Province, Tholeiitic basalts, Serra Geral Formation, Rare earth elements

1. Introdução

Estudos recentes acerca de províncias de basaltos continentais, bem como sobre os processos geodinâmicos associados, têm sido temas intensamente pesquisados e muito debatidos na literatura internacional, pois os mecanismos que deram origem a essas rochas não estão ainda completamente esclarecidos. A Província Magmática do Paraná (PMP), por se tratar de uma das maiores manifestações de basaltos continentais do mundo, tem sido alvo de muitas investigações nos últimos anos. Entretanto, esses estudos concentraram-se principalmente na sua porção meridional, havendo ainda carência de informações nas regiões norte e nordeste, principalmente nos Estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Essa escassez de informações tem dificultado a elaboração de modelos que explique a origem dessa tão importante província ígnea.

No que se refere a PMP, existe ainda uma grande controvérsia sobre os processos envolvidos na gênese dessas rochas. Segundo Gibson et al. (1995, 1999) e Ewart et al. (1998), a composição das rochas basálticas reflete a participação da pluma de Tristão da Cunha. Peat et al. (1999) e Marques et al. (1999) propõem que esta pluma pode ter contribuído apenas como fonte de calor para a fusão de manto litosférico. Mais recentemente, Ernesto et al. (2002) propõem que o aquecimento na litosfera continental foi causado por uma fonte de calor não relacionada à pluma de Tristão da Cunha, que causou fusão parcial de manto litosférico subcontinental nos estágios incipientes de ruptura continental.

Este trabalho apresenta os resultados do estudo geoquímico, baseado na determinação de terras raras e outros elementos-traço, em rochas intrusivas (soleiras e raros diques) e extrusivas da região norte da PMP, particularmente as situadas nas porções norte e noroeste do Estado de São Paulo, sul de Minas Gerais, centro-sul de Mato Grosso do Sul e sul de Goiás. Cabe salientar que as amostras coletadas nos Estados de Mato Grosso do Sul e Goiás possuem, até o presente momento, apenas análises dos óxidos de elementos maiores, menores e alguns traços determinados pela técnica de fluorescência de Raios – X.

12676^o

At Congresso Brasileiro de Geoquímica

At Ribeira, São Paulo, 21-26/10/07 - Anais - CD Rom

12676

2. Contexto geológico

A Província Magmática do Paraná (PMP) abrange uma área de 1.200.000 km² e totaliza um volume de cerca de 780.000 km³ (Piccirillo & Melfi, 1988). Associado à atividade vulcânica houve intenso magmatismo de natureza intrusiva, representado por soleiras, que afloram principalmente nas partes leste e nordeste da Bacia do Paraná, bem como os enxames de diques de Ponta Grossa, da Serra do Mar e de Florianópolis (Marques & Ernesto, 2004).

Estudos geológicos e geoquímicos anteriores permitiram dividir a área de ocorrência dos derrames basálticos em dois grandes conjuntos: a subprovíncia sul, caracterizada por apresentar basaltos toleíticos com baixo titânio (BTi), com TiO₂ ≤ 2% e empobrecidos em óxidos de elementos menores e traços incompatíveis, tais como P, Ba, Sr, Zr, Hf, Ta, Y e terras raras leves; e a subprovíncia norte, cujos basaltos possuem altas concentrações de titânio (ATi; TiO₂ > 2%) e de elementos incompatíveis.

Peate et al. (1992) baseando-se nas concentrações de titânio e elementos-traço incompatíveis, tais como Sr, Y e Zr, que são geralmente imóveis durante alteração hidrotermal e processos de intemperismo, dividiram os magmas basálticos em seis grupos, que receberam denominações específicas. Para essa divisão foram também utilizadas razões de elementos incompatíveis, pois minimizam o efeito da mudança composicional causado por variados graus de cristalização fracionada. Os basaltos ATi foram divididos em 3 tipos, denominados de Urubici (ATi-S: TiO₂ > 3%; Sr > 550 µg/g; Ti/Y > 500), Pitanga (ATi-N: TiO₂ > 3%; Sr > 350 µg/g; Ti/Y > 350) e Paranapanema (ITi-N: 2 < TiO₂ < 3%; 200 < Sr < 450 µg/g; Ti/Y > 330), enquanto os BTi foram denominados de Gramado (BTi-S: TiO₂ < 2%; 140 < Sr < 400 µg/g; Ti/Y < 300), Esmeralda (BTi-S: TiO₂ < 2%; 120 < Sr < 250 µg/g; Ti/Y < 330) e Ribeira (BTi-N: TiO₂ < 2%; 200 < Sr < 375 µg/g; Ti/Y > 300).

3. Metodologias Analíticas

Para caracterização geoquímica das rochas ígneas da região norte da PMP foram utilizados dois métodos analíticos. As determinações dos óxidos de elementos maiores e menores, e dos traços Cr, Ni, Sr, Zr, Y e Nb foram efetuadas no Departamento de Petrologia e Metalogenia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP – Rio Claro), mediante o emprego da técnica de fluorescência de Raios – X.

O método de ativação com nêutrons térmicos e epitérmicos, seguida de espectrometria gama de alta resolução, foi empregado para a determinação de elementos-traço (U, Th, Ba, Rb, Ta, Hf, Cs, Co e Sc) e de elementos terras raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb e Lu) em 75 amostras. Estas medidas estão sendo realizadas no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP), adotando-se os procedimentos descritos em Figueiredo & Marques (1989). O procedimento analítico adotado fornece resultados precisos e exatos, obtendo-se erros relativos inferiores a 15%, sendo que para a grande maioria dos elementos os erros relativos são inferiores a 10% (Marques, 2001 e Rocha Jr. et al., 2005).

4. Resultados e discussão

De acordo com o esquema de classificação e nomenclatura TAS (Le Bas et al., 1986) proposto para rochas vulcânicas e sub-vulcânicas, a grande maioria das rochas analisadas corresponde a basaltos, ocorrendo de modo bem subordinado andesitos basálticos e traqui-andesitos basálticos. As rochas básicas (SiO₂ < 55% e/ou MgO > 3%) foram agrupadas de acordo com os magmas-tipo (Fig. 1), conforme os limites propostos por Peate et al. (1992).

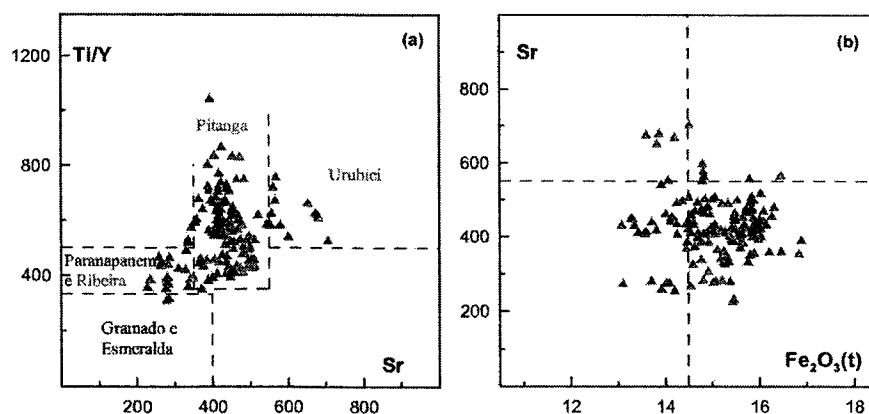


Figura 1: Diagramas discriminatórios dos tipos de magmas das rochas da região norte da PMP. (a) Sr (µg/g) vs. Ti/Y e (b) Fe₂O₃(t) (%) vs. Sr (µg/g). Legenda: (▲) Pitanga, (▲) Urubici, (▲) Paranapanema, (▲) Ribeira e (▲) diferenciadas (SiO₂ > 55% e/ou MgO < 3%)

Os elementos maiores e menores (Fig. 2) mostram significativa variabilidade composicional, com teores de MgO que variam entre 1,8% e 6,4% e conteúdos de SiO₂ entre 47,6% e 56,8% (valores normalizados excluindo-se a perda ao fogo). No que se refere a cada magma-tipo identificado, o comportamento apresentado pelos elementos maiores e menores é compatível com um processo de evolução por cristalização fracionada, envolvendo plagioclásios, clinopiroxênios e titanomagnetitas. Verifica-se ainda que à medida que o grau de evolução aumenta, isto é, com a diminuição de MgO, há um aumento nas concentrações de SiO₂, Na₂O, K₂O e P₂O₅, e uma diminuição no conteúdo de CaO.

Os diagramas de variação de elementos-traço fortemente incompatíveis, como terras raras leves, Ba, U, Th e Ta mostram enriquecimentos significativos à medida que o grau de evolução aumenta (Fig. 2) e, considerando-se o mesmo grau de evolução, as rochas do grupo Urubici tendem a apresentar maiores concentrações desses elementos. Por outro lado observa-se um decréscimo no conteúdo de Sc com a diferenciação, sendo que as rochas Pitanga e Paranapanema possuem concentrações levemente maiores deste elemento para o mesmo conteúdo de MgO.

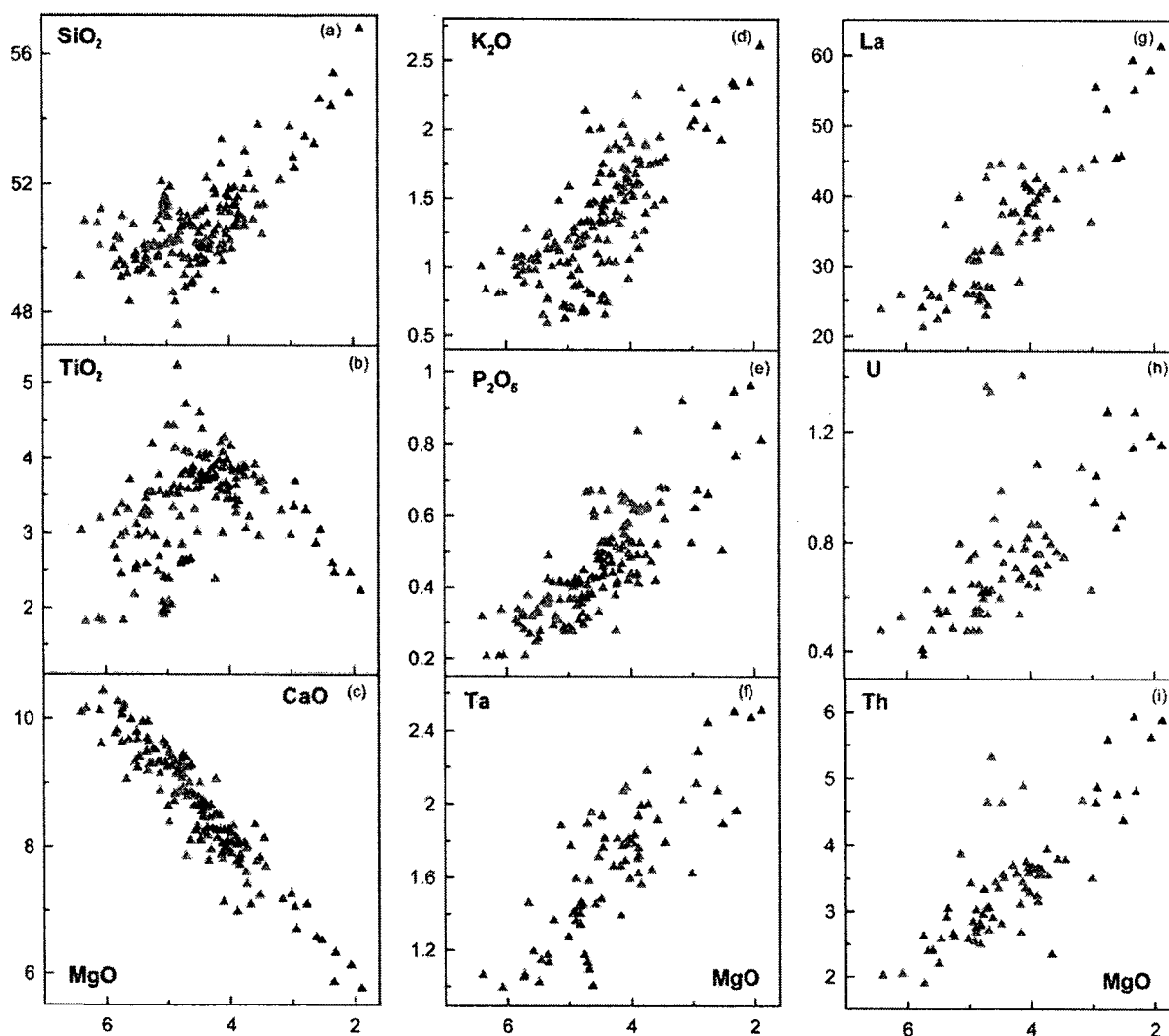


Figura 2: Diagramas de variação (a) SiO₂, (b) TiO₂, (c) CaO, (d) K₂O, (e) P₂O₅ em % e (f) Ta, (g) La, (h) U e (i) Th em (μg/g), em função de MgO (%) das rochas da região norte da PMP. Os símbolos são os mesmos da Figura 1.

5. Agradecimentos

Este trabalho contou com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP: processos 04/03892-0 e 04/10081-9).

6. Referências

- ERNESTO, M.; MARQUES, L.S.; PICCIRILLO, E.M.; MOLINA, E.C.; USSAMI, N.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; BELLINI, G. (2002). Paraná Magmatic Province-Tristan da Cunha plume system: fixed versus mobile plume, petrogenetic considerations and alternative heat sources. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 118:15-36.
- EWART, A.; MILNER, S.C.; ARMSTRONG, R.A. & DUNCAN, A.R. (1998). Etendeka volcanism of the Goboboseb Mountains and Messum Igneous Complex, Namibia. Part I: geochemical evidence of Early Cretaceous Tristan plume melts and the role of crustal contamination in the Paraná-Etendeka CFB. *Journal of Petrology*, 39(2):191-225.
- FIGUEIREDO, A.M.G. & MARQUES, L.S. (1989). Determination of rare earths and other trace elements in the Brazilian geological standards BB-1 and GB-1 by neutron activation analysis. *Geochimica Brasiliensis*, 3: 1-8.
- GIBSON, S.A.; THOMPSON, R.N.; DICKIN, A.P. & LEONARDOS, O.H. (1995). High-Ti and low-Ti mafic potassic magmas: key to plume-lithosphere interactions and continental flood-basalt genesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 136:149-165.
- GIBSON, S.A.; THOMPSON, R.N.; LEONARDOS, O.H.; DICKIN, A.P. & MITCHELL, J.G. (1999). The limited extent of plume-lithosphere interactions during continental flood-basalt genesis: geochemical evidence from Cretaceous magmatism in southern Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 137:147-169.
- LE BAS, M.J.; LE MAITRE, R.W.; STRECKEISEN, A.; ZANNETTIN, B. (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27: 745-750.
- MARQUES, L.S.; DUPRÉ, B. & PICCIRILLO, E.M. (1999). Mantle source compositions of the Paraná Magmatic Province: evidence from trace element and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry. *Journal of Geodynamics*, 28:439-459.
- MARQUES, L. S. & ERNESTO, M. (2004). O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná. In: MANTESSO NETO, V. et al. *Geologia do continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Marques de Almeida*. São Paulo: Beca. Cap. XV, p. 245-263.
- MARQUES, L.S. (2001). *Geoquímica dos diques toleíticos da costa sul-sudeste do Brasil: contribuição ao conhecimento da Província Magmática do Paraná*. Tese de Livre Docência, Departamento de Geofísica, IAG-USP.
- PEATE, D.W.; HAWKESWORTH, C.J.; MANTOVANI, M.S.M.; ROGERS, N.W. & TURNER, S.P. (1999). Petrogenesis and stratigraphy of the high-Ti/Y Urubici magma type in the Paraná flood basalt province and implications for the nature of 'Dupal'- type mantle in the South Atlantic region. *Journal of Petrology*, 40(3):451-473.
- PEATE, D.W.; HAWKESWORTH, C.J. & MANTOVANI, M.S.M. (1992). Chemical stratigraphy of the Paraná lavas. South America: classification of magma types and their spatial distribution. *Bulletin of Volcanology*, 55: 119-139.
- PICCIRILLO, E.M. & MELFI, A.J. (1988). *The Mesozoic Flood Volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and Geophysical Aspects*. Instituto Astronômico e Geofísico - University of São Paulo, 600p., São Paulo.
- ROCHA JR. E. R. V.; MARQUES, L. S.; FIGUEIREDO, A. M. G. (2005). Determinação de elementos terras raras e outros traços em soleiras de diabásio da Província Magmática do Paraná por ativação neutrônica. In: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE - INAC, CD ROM, Santos - SP, *Anais...* São Paulo, CD-ROM.
- ZANETTIN, B. Proposed new chemical classification of volcanic rocks. *Episodes*, 7: 19-20, 1984.