

Modelos geoquímicos da geração das rochas vulcânicas ácidas da Província Magmática Paraná, na região de Piraju-Ourinhos (SP), a partir de basaltos associados

Vivian Azor de Freitas¹, Valdecir de Assis Janasi¹

¹ Instituto de Geociências, USP, Rua do Lago, 562, São Paulo, SP, 05508-800, yivianazor@yahoo.com.br

Abstract

The northernmost occurrences of acid volcanic rocks in the Paraná Magmatic Province in the Piraju-Ourinhos region are high-Ti Chapecó-type trachydacites that locally correspond to the first flows, and were covered by high-Ti Pitanga-type basalts. Geochemical modelling using major and trace-elements was performed to test for possible connections between acid and basic magmas, using new results obtained by XRF and ICPMS in these rocks. Crystal fractionation models yielded satisfactory results, reproducing the major and trace-element composition of acid magmas after 60-80% crystallization of associated basalts. Batch melting models yielded satisfactory results for incompatible trace-elements, but the very low contents of some compatible elements as Ni and V were not reproduced. Therefore, if the acid rocks were produced by melting of basalt underplates, depletion of these elements by an additional process (e.g., crystal fractionation) seems to have occurred.

Key words: geochemical modeling, acid volcanic rocks and Chapecó type.

Introdução

Rochas vulcânicas ácidas correspondem a cerca de 2,5 % do volume do magmatismo da Província Magmática Paraná (eocretácea, ~138-127 Ma), e ocorrem mais expressivamente na sua porção meridional onde estão geralmente no topo da seqüência vulcânica, sobrepostas aos basaltos. Na região de Piraju-Ourinhos (SP) ocorre uma pequena expressão do vulcanismo ácido dessa província, representado por traquidacitos do tipo Chapecó, que se distribuem em uma faixa de cerca de 60 km ao longo da calha do Rio Paranapanema e posicionam-se na base da pilha vulcânica, sob os derrames básicos e em jazimento direto sobre os arenitos pré-vulcânicos da Formação Botucatu (Janasi et al., 2007a). A relação genética entre as rochas ácidas tipo Chapecó e os basaltos de alto Ti associados foi investigada por diversos autores, e o modelo preferido é o de refusão de “underplates” basálticos, com base nas afinidades geoquímicas e isotópicas entre os dois grupos e no caráter bimodal do magmatismo (Bellieni et al., 1986; Garland et al., 1995). Novos dados geoquímicos obtidos para basaltos e traquidacitos da região de Piraju-Ourinhos (SP) (Janasi et al., 2007a,b; dados inéditos dos autores) foram usados para a elaboração de modelos de evolução magmática para as rochas dessa região.

Modelamentos Geoquímicos

Os novos dados de elementos maiores e traços de rochas vulcânicas ácidas e básicas da região estudada foram obtidos por FRX e ICP-MS em laboratórios do Instituto de Geociências-USP. Os modelos de cristalização fracionada e fusão parcial para a gênese do magmatismo ácido foram elaborados utilizando os programas PetroGraph (escrito por M. Petrelli), cuja rotina de balanço de massa para elementos maiores se baseia em Stormer & Nicholls (1978) e para elementos traço é feita através de diagramas binários elemento compatível x incompatível. Para os elementos incompatíveis isoladamente, foram também gerados modelamentos baseados nas equações de Rayleigh utilizando coeficientes de partição da literatura em planilhas elaboradas no programa Microsoft Excel.

Cristalização Fracionada

A viabilidade da cristalização fracionada como processo gerador dos magmas ácidos foi testada a partir de um balanço de massa para elementos maiores e modelamento do comportamento dos elementos traços e terras raras pela lei de fracionamento de Rayleigh.

O balanço de massa para os elementos maiores foi realizado em duas etapas. A primeira (Tab.1) consistiu em fracionar o magma basáltico mais primitivo (com maior teor de MgO) para chegar ao mais evoluído encontrado na região estudada. Na segunda etapa foi fracionado o magma basáltico mais evoluído ao magma ácido menos evoluído (Tab.1). Para as composições minerais foram utilizadas as análises químicas de olivina, piroxênios e plagioclásio de rochas de um sill de composição semelhante. Para os óxidos de Fe e Ti (magnetita e ilmenita) as análises foram extraídas de Bellieni *et al.* (1988). O resultado é apresentado na forma de tabela, com a porcentagem de cada fase mineral cristalizada, a porcentagem do líquido utilizado (F) e a soma dos resíduos quadrados ($\sum \text{res}^2$).

Tabela 1. Resultado de modelos de cristalização fracionada para elementos maiores em rochas da região de Piraju-Ourinhos.

Trajetória Basalto primitivo → Basalto evoluído				$\sum \text{res}^2$	F
Fases minerais utilizadas					
Plagioclásio	Augita	Olivina	Magnetita		
44.57%	35.92%	9.93%	9.57%	0.2324	0.73
Trajetória Basalto evoluído → Traquidacito					
Fases minerais utilizadas				$\sum \text{res}^2$	F
Plagioclásio	Augita	Magnetita	Ilmenita	Apatita	
43.76%	40.92%	8.74%	5.02%	1.55%	0.1756
					0.33

Em ambas as etapas foi possível obter um magma mais evoluído de um magma mais primitivo por cristalização fracionada. Para a geração de um basalto mais evoluído a partir de um basalto a taxa de cristalização do magma inicial foi de 27%, com a composição mineral dada na Tabela 1. No caso da geração de um traquidacito a partir de um basalto evoluído foi necessário 67% de cristalização (Tab. 1).

Para os elementos traço, os modelos obtidos para diversos pares elemento incompatível x compatível no programa PetroGraph reproduziram os teores dos elementos traço presentes em um magma traquidacítico por cristalização fracionada de um magma basáltico mais primitivo, cristalizando entre 60 e 80% do líquido (Fig. 1).

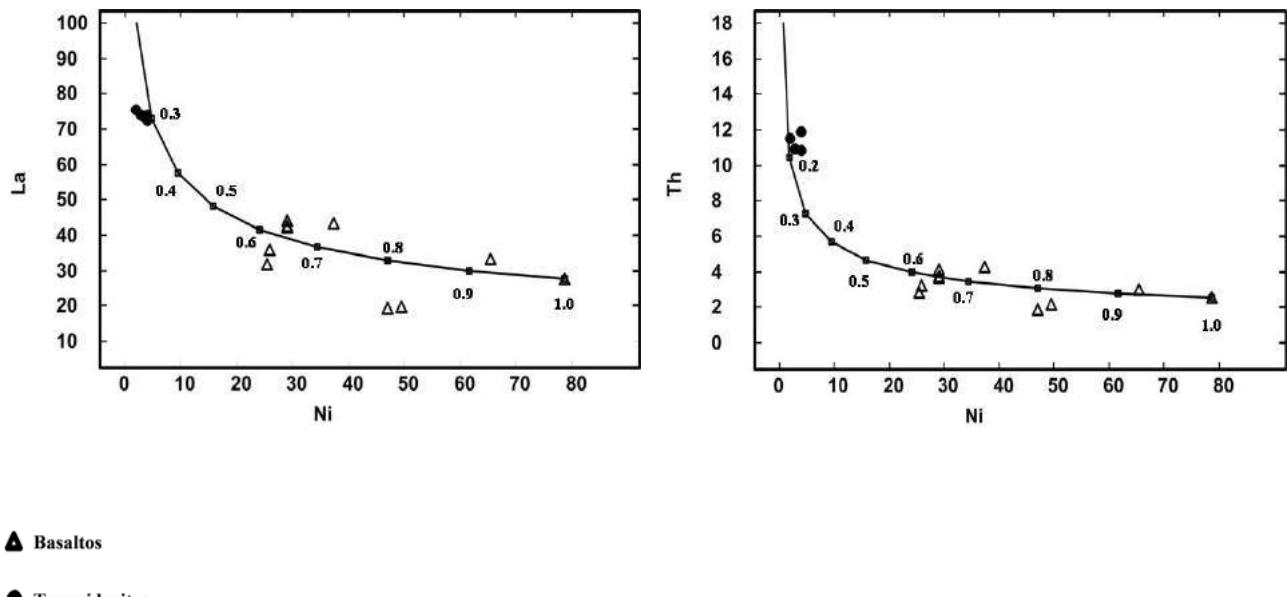


Figura 1 – Modelos de cristalização fracionada de geração dos magmas ácidos a partir de basaltos primitivos obtidos no programa PetroGraph

O modelamento por cristalização fracionada gerado para os elementos incompatíveis no programa Microsoft Excel forneceu porcentuais de cristalização próximos de 70%, aumentado para 80% para alguns elementos (Ba, Rb, Th e U), enquanto para outros (Nb, Ta) seria menor, em torno de 60%; tais diferenças poderiam ser evidência de que outros processos além da cristalização fracionada poderiam ser necessários para gerar os magmas traquidacíticos a partir dos basaltos.

Fusão Parcial

No programa PetroGraph foram gerados modelos de fusão parcial para a geração de magmas ácidos, a partir de basaltos primitivos e mais diferenciados, utilizando pares elemento compatível x incompatível (Fig. 2). Ficou evidente que para ambos os basaltos as curvas geradas pelo programa não se aproximam das composições ácidas. Um magma basáltico com esses teores de Ni e V (40 e 400 ppm, respectivamente) não consegue gerar, por fusão parcial, traquidacitos com teores de Ni e V menores que 10 e 100 ppm, respectivamente.

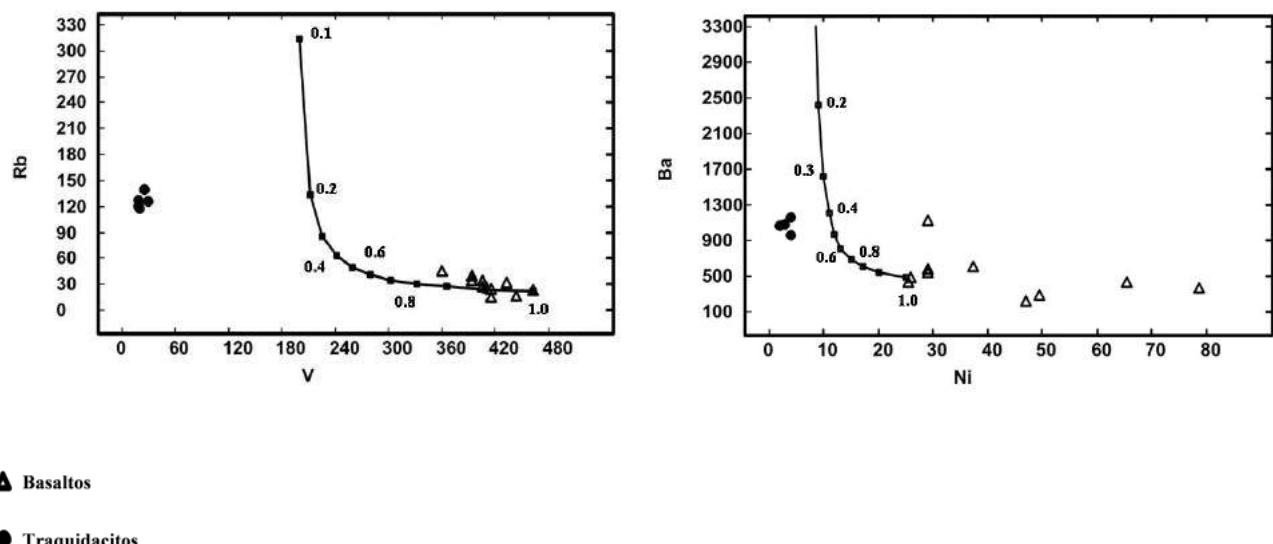


Figura 2 – Modelos de fusão parcial de geração dos magmas ácidos a partir de basaltos primitivos (RbxV) e evoluídos (BaxNi) obtidos no programa PetroGraph.

Por outro lado, nos modelos de fusão parcial gerados apenas para os elementos incompatíveis foi possível gerar magmas traquidacíticos de basaltos primitivos por fusão parcial para maioria dos elementos analisados. O percentual de fusão necessária variou de 10% a 30%. Para os elementos Nb, Ta e Zr essa porcentagem de fusão seria maior (40%). Valores da ordem de 30% foram também obtidos por outros autores (Raposo, 1987; Garland et al., 1995) em modelamentos similares.

Conclusões

Do ponto de vista geoquímico os modelos de cristalização fracionada realizados fornecem bons resultados, sendo possível gerar um magma traquidacítico de um magma basáltico primitivo com no mínimo 60% de percentual de cristalização. No entanto, esse percentual apresenta algumas variações para os elementos terras raras leves e para os elementos traços mais incompatíveis. Esse fato pode ser consequência da influência de outro processo de diferenciação magmática (e.g. assimilação crustal). O principal argumento contrário a este modelo é a ausência de composições intermediárias. Possíveis explicações para isto foram aventadas por Garland et al. (1995), que consideraram a influência de um aumento súbito na proporção de magnetita no material fracionado para a geração de um hiato de SiO_2 , o que, no entanto parece menos viável para os traquidacitos tipo Chapecó, que também têm importante hiato em elementos traços como o Zr em relação aos basaltos associados. Uma possibilidade alternativa para geração desse hiato dentro de um modelo de fracionamento seriam limitações físicas impostas à separação cristal-líquido a partir de composições intermediárias, de modo que magmas felsicos só seriam gerados por extração de líquidos residuais a partir de magmas básicos em estágio avançado de cristalização (cf. Eichelberger et al., 2005).

O modelamento de geração dos magmas ácidos por refusão de “underplates” basálticos utilizando elementos traço compatíveis e incompatíveis não forneceu bons resultados, pois não é possível alcançar teores tão baixos de alguns elementos compatíveis (e.g., $\text{Ni} < 10 \text{ ppm}$; $\text{V} < 100 \text{ ppm}$), e seria necessário diminuir esses teores por cristalização fracionada subsequente. Este modelo, bastante aceito na literatura, baseia-se principalmente no comportamento dos elementos incompatíveis, e precisa considerar esta restrição.

Referências Bibliográficas

- Bellieni, G.; Comin-Chiaramonti, P.; Marques, L.S.; Melfi, A.J.; Nardy, A.J.R.; Papatrechas, C.; Piccirillo, E.M.; Roisenberg, A.; Stolfa, D. 1986. Petrogenetic aspects of acid and basaltic lavas from the Paraná Plateau (Brazil): geological, mineralogical and petrochemical relationships. *Journal of Petrology*, 27(4): 915-944.
- Bellieni, G.; Piccirillo, E.M.; Comin-Chiaramonti, P.; Melfi, A.J.; 1988. Mineral chemistry of continental stratoid volcanics and related intrusives from Paraná Basin (Brazil). In: Piccirillo, E.M. & Melfi, A.J., *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin*, Instituto Astronômico e Geofísico, USP, pp.: 73-92

- Eichelberger, J.C.; Izbekov, P.E.; Browne, B.L. 2005. Bulk chemical trends at arc volcanoes are not liquid lines of descent. *Lithos* **87**: 135-154
- Garland, F., Hawkesworth, C.J & Mantovani, M.S.M., 1995. Description and petrogenesis of the Paraná rhyolites, Southern Brazil. *Journal of Petrology*, **36**(5):1193-1227.
- Janasi, V.A.; Montanheiro, T.J.; Negri, F.A.; Freitas, V.A.; Rocha, B.C., Reis, P.M., 2007. Geochemistry of the eocretacic basalt magmatism in the stratigraphy of the Serra Geral Formacion. Rev. Bras. Geoc. Artigo aceito para publicação em 04/04/2007.
- Janasi, V.A.; Montanheiro, T.J.; Freitas, V.A.; Reis, P.M.; Negri, F.A.; Dantas, F.A.; 2007. Geology, petrography and geochemistry of the acid volcanism os the Paraná Magmatic Province in the Piraju-Ourinhos region. Rev. Bras. Geoc. Artigo submetido em 27/04/2007.
- Raposo, M.I.,1987. *Evolução magmática e petrológica das rochas vulcânicas ácidas mesozóicas da região de Piraju-Ourinhos (SP e PR)*, SP. Dissertação de mestrado, Instituto Astronômico e Geofísico, USP, 159 pp.
- Stormer, J.C.Jr & Nicholls, J., 1978. XLFRAC; a program for the interactive testing of magmatic differentiation models. *Computers and Geosciences* **4** (2): 143-159.