

## ESTUDO GEOQUÍMICO DOS CARBONATITOS DA BARRA DO ITAPIRAPUÃ

RUBERTI, E.R.<sup>(1)</sup>; GOMES, C.B.<sup>(1)</sup>; BROTZU, P.<sup>(2)</sup>; COMIN-CHIARAMONTI, P.<sup>(3)</sup>; GARBARINO, C.<sup>(4)</sup>; MORBIDELLI, L.<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Brasil

<sup>(2)</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Napoli Federico II, Nápoles, Itália

<sup>(3)</sup> Dipartimento di Ingegneria Chimica, dell'Ambiente e delle Materie Prime, Università degli Studi di Trieste, Trieste, Itália

<sup>(4)</sup> Istituto di Giacimenti Minerari, Università di Cagliari, Cagliari, Itália

<sup>(5)</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Roma "La Sapienza", Roma, Itália

### RESUMO

O complexo carbonatítico da Barra do Itapirapuã, distante 2 km da associação alcalina Itapirapuã no município de Cerro Azul, PR/SP, constitui-se de um plug subcircular e pequenas chaminés laterais, intrusivas nas rochas fenitizadas do granito Três Córregos. Os carbonatitos de coloração clara e granulação média e grossa, sendo comum também variedades finas, estas geralmente exibindo texturas de fluxo e por vezes porfíricas. Compõem-se vias de regras de dolomita e/ou ankerita, e em menor quantidade, de opacos, apatita, pirocloro e calcita. Quimicamente, as rochas são em sua maioria magnésio e ferrocarbonatitos, sendo os cálcio-carbonatitos restritos a algumas das rochas finas. As variedades finas exibem teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{TiO}_2$  mais elevados que os das demais em razão da maior abundância de minerais silicáticos (flogopita, piroxênio/anfibólio), enquanto  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Rb, Sr, Y e Nb oscilam nos dois grupos texturais. O padrão de distribuição de ETR indica forte enriquecimento nos ETR leves, crescendo a partir das rochas finas ( $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{Fe}$ -carbonatitos) s de granulação média/grossa ( $\text{Mg} < \text{Fe}$ -carbonatitos, e razões La/Yb geralmente altas. O estágio tardio foi marcado pela precipitação de florita, fluorcarbonatos de ETR, apatita, barita e quartzo.

Palavras-Chave: geoquímica, carbonatito, São Paulo-Paraná/Brasil\*

### INTRODUÇÃO

Na região do Vale do Ribeira, nos limites dos Estados de São Paulo e Paraná, ocorrem diversas ocorrências de rochas alcalinas, com ou sem carbonatitos, que se apresentam sob formas e dimensões as mais variadas, desde pequenas estruturas filonianas até stocks de maior porte. O complexo carbonatítico da Barra do Itapirapuã ( $49^\circ 13' \text{ W}$  e  $24^\circ 41' 30'' \text{ S}$ ) representa uma delas e compõe-se de um plug elipsoidal a subcircular ( $2 \text{ km}^2$ ) principal e pequenas chaminés laterais, intrusivas no granito Três Córregos. As evidências obtidas no campo e em testemunhos de sondagem (profundidade de até 250 m) mostram que essas estruturas são originadas por infiltrações carbonatíticas através de um sistema complicado de densa rede de filões milimétricos a centimétricos, formando um verdadeiro stockwork nos níveis superficiais, e de diques e venulações decimétricas a métricas nas porções mais profundas. Além de rochas carbonatíticas e brechas silicocarbonatíticas, ocorrem no complexo raras brechas lamprofíricas carbonáticas e auréola de fenitização muito bem desenvolvida nos granitos encaixantes, em parte modificada por processos de carbonatização.

Muito pouco se conhece sobre essa ocorrência, com os dados da literatura direcionados aos seus aspectos geológicos gerais e metalogenéticos (Loureiro & Tavares, 1983). Este trabalho visa a descrever os resultados referentes a estudos petrográficos e geoquímicos dos carbonatitos desse complexo, com base em amostras de superfície e testemunhos de sondagem.

### PETROLOGIA

Na Barra do Itapirapuã (BI) os carbonatitos são de coloração clara e freqüentemente pigmentados em rosa devido à presença de concentrações elevadas de minerais de terras raras tardios. Exibem granulação média a grossa, sendo contudo comum as variedades finas/médias

a muito finas, com aspecto sacaróide, intercalando-se ou mesmo gradando para as primeiras. Veios milimétricos tardios portadores de quartzo, fluorita, apatita rica em terras raras, minerais de terras raras (principalmente synchisita-parisita), barita e estroncianita percolam os carbonatitos e os fenitos encaixantes. Os produtos de alteração mais comuns são hematita e óxidos hidratados de ferro. As rochas de granulação média a grossa são quimicamente (Fig. 1) magnésiocarbonatito (*MgCm*) e ferrocarbonatito (*FeCm*). Ao microscópio, os dois litotipos são similares, salvo pelo carbonato bem mais ferruginoso e pela maior frequência de minerais acessórios no segundo. Apresentam textura equigranular a inequigranular, xenomórfica a hipidiomórfica, na forma de mosaico ou orientada pelo arranjo de grãos alongados. Compõem-se, via de regra, de dolomita e/ou ankerita e, em menor quantidade, de opacos, apatita, pirocloro e calcita. A composição dos carbonatos é muito ampla, com variações nos conteúdos de MgO, FeO, MnO, CaO e SrO, devidas à coexistência freqüente de dolomita, às vezes quase pura com ankerita em ambos carbonatitos, além de zoneamentos químicos. A calcita nessas rochas é rara, com teores de SrO em torno de 0,30% nos *MgCm* e 1,1% nos *FeCm*. Por outro lado, as rochas de granulação fina a muito fina são quimicamente (Fig. 1) cálcio (*CaCf*), magnésio (*MgCf*) e ferrocarbonatitos (*FeCf*) e apresentam características microscópicas bem distintas entre si e das anteriormente descritas. Os *CaCf* são equigranulares levemente porfiríticos (fenocristais de carbonato), xenomórficos, e com textura em mosaico ou de fluxo, esta devido à orientação de minerais prismáticos (flogopita) e de carbonatos alongados. Consistem essencialmente em calcita, quantidades menores de flogopita, piroxênio diopsídico, opacos, apatita e titanita (?), além de freqüentes xenocristais de feldspato apresentando bordas de reação. Os *MgCf* também exibem textura variável, mas compõem-se essencialmente de dolomita, tendo como acessórios apatita, pirocloro, calcita e opacos. O *FeCf* apresenta textura equigranular, xenomórfica, com orientação de fluxo dado pelos xenocristais de feldspato transportados e carbonatos alongados. Contêm carbonatos (certamente ankerítico) e como acessórios anfibólio, flogopita, pirocloro, zircão, apatita e opacos. Do ponto de vista químico, as rochas dos dois grupos mostram fortes variações composicionais. Na figura 1, observa-se que as rochas de granulação média/grossa apresentam mudanças contínuas nos teores de MgO e (FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+MnO), com pequenas oscilações de CaO. Já nas finas/muito finas, essas mudanças estão mais restritas aos teores de CaO e (FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+MnO), com gradações entre os *MgCf* e os *CaCf*. Esse grupo (fino/muito fino) exibe teores de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O e TiO<sub>2</sub> em geral maiores que o anterior, englobando as variedades de granulação média/grossa. Isto em razão da maior abundância de minerais silicáticos presentes (flogopita, piroxênio e/ou anfibólio), além de possíveis xenocristais de feldspato ou veios de quartzo. Por outro lado, os conteúdos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Rb, Sr, Ba, Y e Nb oscilam nos dois grupos. Mencione-se também que Nb concentra-se no *FeCf* e em alguns *MgCf* e que Sr tem uma correlação positiva com Mg para todas as variedades de rochas.

O padrão de distribuição dos elementos terras raras (Fig. 2) indica forte enriquecimento nos ETR leves e razões La/Yb geralmente altas, com os valores mais baixos correspondendo aos *CaCf*. Os teores de ETR leves e pesados são variáveis, crescendo gradativamente a partir das rochas finas (*CaCf* < *MgCf* < *FeCf*) para as de granulação média/grossa (*MgCm* ≤ *FeCm*) até atingir, respectivamente, valores de 6000x e 1000x dos condriticos; nas rochas tardiamente venuladas esses teores chegam a 10000x e 1000x, em razão sobretudo da presença de synchisita e parisita, além de fluorita e apatita. Tal comportamento é compatível com diferenciação magmática acompanhada de concentrações crescentes de elementos incompatíveis como ETR, Sr, Ba etc., numa fase tardia enriquecida em voláteis e de temperatura baixa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades carbonatíticas na Barra do Itapirapuã acham-se caracterizadas na presença de rochas diferenciadas em diferentes estágios de cristalização, que se desenvolveram em subsuperfície como veios, diques, pequenas chaminés e brechas. As feições químicas dessas rochas e de seus principais minerais sugerem uma evolução sequencial com aumento gradativo de Mg, Fe e Mn e diminuição de Ca, dada pela precipitação de calcita e/ou dolomita e ankerita diversas (Fe+Mn variável), originando rochas carbonáticas da série  $Mg \rightarrow Fe+Mg \rightarrow (?)Fe+Mn$  - carbonatitos, em transição contínua. Essa associação encontra-se bem representada por  $MgC$  e  $FeC$ . No entanto, a presença de  $CaCf$  não reflete a existência de uma fase primitiva de desenvolvimento magmático. As calcitas dessas rochas possuem sistematicamente baixo teor de SrO (<0,22%), ao contrário das calcitas de primeiro estágio de cristalização contendo considerável SrO (Sokolov, 1985). Além disso, essas rochas apresentam os mais baixos conteúdos de Nb, Ba, Sr e ETR da suíte, indicando uma fonte já exaurida nesses elementos, possivelmente tardia. Por outro lado, a existência de  $MgCf$  com dolomita dominante (SrO: 1,1-1,9%) e baixos teores de ETR, bem como de variedades de granulação média/grossa contendo alguma calcita (SrO-0,3%) e estroncianita, além de mais enriquecida em ETR, sugere que os carbonatitos da BI estudados são representantes de magmas carbonatíticos evoluídos, comparáveis aos dos estágios II(final) e III de Hogarth (1989). É possível que magmas do estágio I estejam representados em rochas de maiores profundidades. A atividade carbonatítica concentrou nos seus estágios finais principalmente F (além de outros voláteis) e ETR leves, devido à precipitação inexpressiva de apatita durante a evolução magmática. O estágio tardio foi marcado pela precipitação generalizada de fluorita, fluorcarbonatos de ETR, apatita, barita e quartzo, além de outros minerais menos expressivos. Nesse estágio, parte das rochas magmáticas sofreu transformações texturais de baixa temperatura e enriquecimento em elementos incompatíveis. Os dados isotópicos preliminares de  $^{18}O/^{16}O$  e  $^{13}C/^{12}C$  (Ruberti et al., 1997) confirmam que mais de 80% das amostras de carbonatitos têm composição isotópica de cristalização primária, sob temperaturas entre 650 e 500°C, com valores de  $\delta^{18}O\text{‰}$  entre 8 e 10 e de  $\delta^{13}C\text{‰}$  entre -7,5 e -4,5. A parte restante mostra composição compatível com o campo de reequilíbrio hidrotermal (T entre 375 e 80°C) ou intempérico (T<80°C), com  $\delta^{18}O\text{‰}$  entre 12-19 e  $\delta^{13}C\text{‰}$  entre +2 e -2.

Os magmas que deram origem aos carbonatitos podem ser de natureza primária, ascendendo diretamente do manto, ou derivados de um magma silicato-carbonático por imiscibilidade líquida. Na associação pesquisada, tudo leva a crer que tiveram sua origem a partir de um magma silicato-carbonático. Os carbonatitos da Barra do Itapirapuã consiste em uma associação única no Brasil, formando uma estrutura aparentemente sem rochas magmáticas silicáticas cogenéticas. Entretanto, situa-se numa área de intensa atividade alcalina miasquítica, distante 2 km do complexo alcalino de Itapirapuã, com numerosos veios de carbonatitos, e cerca de 10 km de Mato Preto. É provável que esteja relacionado geneticamente com Itapirapuã ou que coexista em profundidades maiores com rochas magmáticas silicáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOYNTON, W. V. (1984) Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: P. Henderson (ed.) Rare Earth Elements Geochemistry, Elsevier, p. 63-114.
- HOGARTH, D.D. (1989) Pyrochlore, apatite and amphibole: distinctive minerals in carbonatites. In: Bell, K. (ed.), Carbonatites: genesis and evolution. Unwin Hyman, London, p. 105-148.
- LOUREIRO, F.E.L. & TAVARES, J.R. (1983) Duas novas ocorrências de carbonatitos: Mato Preto e Barra do Itapirapuã. Rev. Bras. Geoc., 13: 7-11.

- RUBERTI, E.; CASTORINA, F.; CENSI, P.; GOMES, C.B.; SPEZIALE, S.; COMIN-CHIARAMONTI, P. (1997) REE-O-C-Sr-Nd systematics in carbonatites from Barra do Itapirapuã and Mato Preto (Southern Brazil). South-American Symposium on Isotope Geology (SSAGI), Campos de Jordão, Brazil. (in press).
- SOKOLOV, S.V. (1985) Carbonates in ultramafic alkali-rock, and carbonatites intrusions. *Geoch. Int.*, **22**:150-166.
- WOOLLEY, A.R. & KEMPE, D.R.C. (1989) Carbonatites: Nomenclature, average chemical compositions, and element distribution. In: Bell, K. (Ed.), *Carbonatites: genesis and evolution*. Unwin Hyman, London, p.1-14.

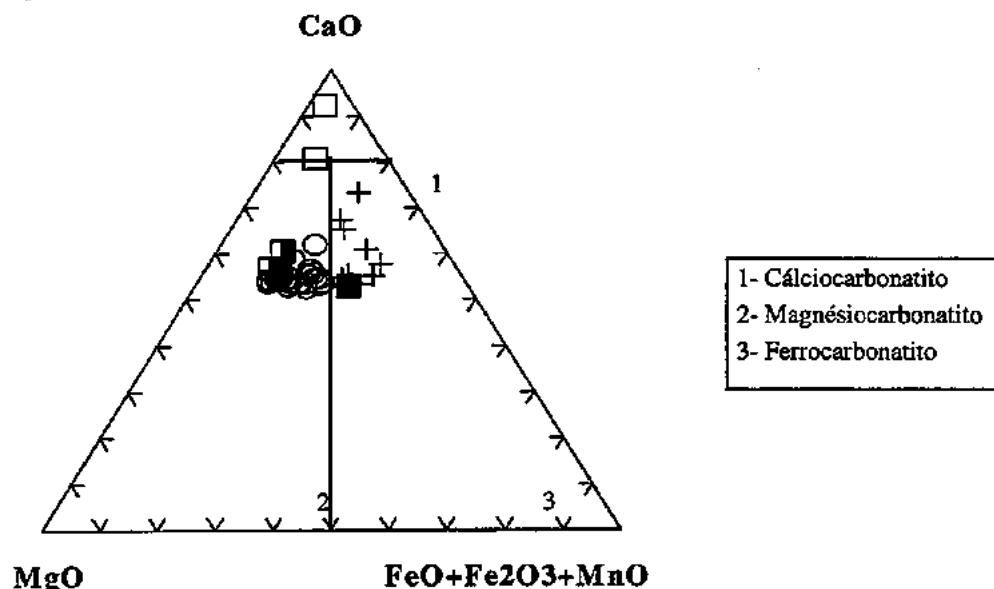


Figura 1 - Projeção dos carbonatitos da Barra do Itapirapuã (BI) no diagrama CaO - MgO - FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+MnO (cf. Woolley & Kempe, 1989). Símbolos: carbonatitos médio/grossos - magnésiocarbonatito, círculo vazio; ferrocarbonatito, cruz; carbonatitos finos - cálciocarbonatito, quadrado vazio; magnésiocarbonatito, quadrado semi-cheio; ferrocarbonatito; quadrado cheio.

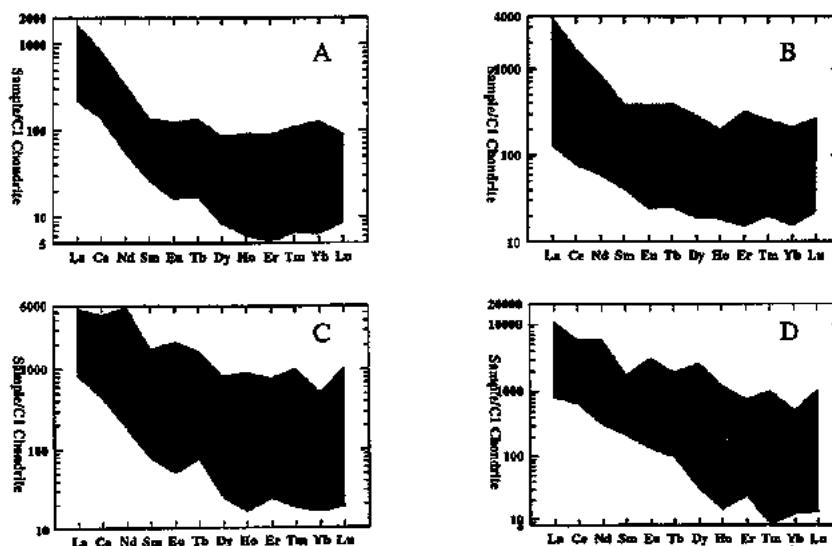


Figura 2 - Campo de variação do conteúdo de elementos terras raras para os carbonatitos da Barra de Itapirapuã. Normalização segundo Boynton (1984). A - magnésiocarbonatito médio/grosso (MgCm); B - ferrocarbonatito médio/grosso (FeCm); C - cálcio-magnésio-ferrocarbonatitos finos (CaCf, MgCf, FeCf); D - carbonatitos hidrotermalizados.