



XIII CONGRESO GEOLOGICO BOLIVIANO

POTOSI -BOLIVIA



MEMORIAS
TOMO I
4 al 7 de Noviembre de 1998

ASPECTOS PETROGENÉTICOS DO MAGMATISMO EOCRETÁCEO ASSOCIADO AO GRÁBEN ASSUNÇÃO-SAPUCAI, PARAGUAI ORIENTAL

Gomes, C.B.¹, Velázquez, V.F.², Comin-Chiaramonti, P.³

1. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil
2. Bolsista pós-doutorado pela Fapesp no Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil
3. Dipartimento di Ingegneria Chimica, dell' Ambiente e delle Materie Prime, Università di Trieste, Trieste, Itália

ABSTRACT

Two alkaline magmatic events are distinguished in the Asunción-Sapucaí gráben, which represents the major extensional structure of central-eastern Paraguay: potassic magmatism (118-132 Ma) and sodic magmatism (mainly 39-61 Ma). The rocks occur as intrusive bodies, plugs, lava flows, domes and dykes, being the potassic types represented by two suites, i.e. basanite-tephrite-phonotephrite-phonolite (B-P) and alkali basalt-trachybasalt-trachyandesite-trachyphonolite/trachyte (AB-T) and their equivalent intrusive terms, both characterized by variable K_2O/Na_2O ratios. On the other hand, the sodic rocks mainly consist of nephelinite/ankaratrite and phonolite.

Hygromagmatophile element patterns for the potassic rocks show strong LILE/HFSE fractionation and negative Ta-Nb and Ti spikes that parallel those of the related tholeiitic flood basalts of the Serra Geral Formation. Notably, the Tertiary sodic rocks, spatially associated with the potassic ones, exhibit strong Ta-Nb positive anomalies. Chondrite-normalized REE patterns display strong LREE/HREE fractionation, supporting a garnet peridotite mantle source both for the potassic and sodic rock-types.

Geochemical data for the whole alkaline magmatism show a generalized lithospheric source, variably metasomatized and enriched in incompatible elements, which suffered different degrees of partial melting. Compositional variations indicate that fractional crystallization processes played an important role in the evolution of the investigated rocks. Crust contamination is thought to be inexpressive, as suggested by isotopic data.

As rochas alcalinas da porção centro-oriental do Paraguai estão associadas ao gráben Assunção-Sapucaí (Fig. 1), importante feição tectônica de natureza extensional, orientada para NW a E-W, apresentando largura de 25 a 45 km, cerca de 200 km de extensão, e preenchida com sedimentos de até 2,5 km de espessura. Ao longo dessa estrutura, são conhecidos numerosos centros alcalinos, com as rochas presentes formando corpos intrusivos (stocks), lavas, domos, plugs e diques, bem como caracterizando dois eventos distintos. O primeiro (Província Central) é de idade Cretáceo Inferior (118-132 Ma) e reúne rochas de composição essencialmente potássica, enquanto que o segundo (Província Assunção) tem idade Terciária (39-61 Ma) e natureza ultra-alcalina sódica.

O conhecimento geral sobre essas rochas cresceu consideravelmente nos últimos anos como resultado de extenso programa de cooperação científica internacional iniciado ao final da década passada, envolvendo principalmente pesquisadores do Brasil, Itália e Paraguai, e ocupando-se da investigação sistemática dos diversos focos alcalinos encontrados seja em território paraguaio, quanto brasileiro. Dados produzidos até o final de 1995 foram reunidos no livro editado por Comin-Chiaramonti e Gomes (1996), trazendo informações minuciosas sobre a geologia, a petrografia, a geoquímica, a geocronologia e o paleomagnetismo das ocorrências paraguaias, notadamente daquelas da parte centro-oriental do país.

As rochas alcalinas potássicas da Província Central acham-se representadas por duas suítes distintas: basanito-tefrito-fonotefrito-fonolito (B-P) e basalto alcalino-traquibasalto-traquiandesito-traquifonolito/traquito (AB-T), e seus

equivalentes intrusivos (respectivamente, rochas de natureza gábrica alcalina a sienodiorítica e teralítica a nefelina sienítica), sendo ambas caracterizadas por ampla variação na razão K_2O/Na_2O . Como resultado, diferentes grupos (altamente potássico, HK; potássico, K; e potássico de transição, tK) estão presentes dentro de cada suíte. Por outro lado, o magmatismo sódico da Província Assunção possui caráter bimodal e se faz representar por nefelinitos/ankaratritos e fonolitos. Adicionalmente, uma pequena ocorrência de lava carbonatítica foi reconhecida nas imediações da localidade de Sapucaí.

As rochas potássicas hipoabissais e extrusivas são comumente porfíricas, com feno e/ou microfenocristais de clinopiroxênio (dominantemente diopsídico, passando no entanto a acmítico nas variedades fonolíticas) e olivina (crisolita a hortonolita). Elas contêm ainda pseudoleucita (nefelina+sanidina) e feldspato alcalino (sanidina), além de plagioclásio (labradorita a oligoclásio sódico) em algumas litologias dos grupos K e tK da série B-P e nos diversos tipos da série AB-T. Subordinadamente, ocorrem também anfibólio (pargasita-kaersutita), opacos (Ti-magnetita e ilmenita), mica (Ti-flogopita e biotita), titanita e melanita (conteúdo de Ti-andradita até 68%) nas variedades fonolíticas. A massa fundamental, afanítica, hipocristalina a vítrea, para ambas as suítes consiste em micrólitos dos minerais acima. Como fases acessórias, estão presentes apatita e zircão. Por outro lado, os tipos intrusivos são holocristalinos, equi a inequigranulares, com granulação média a grossa e textura seriada a cumulática, esta última presente nas variedades gábricas da suíte B-P. Clinopiroxênio diopsídico representa a principal fase cumulus, enquanto que na associação intercumulus distinguem-se feldspato alcalino, nefelina e carbonatos. Os constituintes máficos dessas rochas incluem, além do clinopiroxênio (de composição mais acmítica nos tipos sieníticos), olivina (crisolita a hortonolita), mica (Ti-flogopita a Ti-biotita), opacos (Ti-magnetita e ilmenita) e anfibólio de natureza hastingsítica. As fases félsicas consistem em feldspato alcalino (sanidina) e nefelina, aparecendo também pseudoleucita e plagioclásio junto às rochas gábricas. Como minerais acessórios estão presentes apatita, titanita e zircão.

Quanto à textura, as rochas sódicas da Província Assunção são frequentemente afaníticas e microporfíricas a porfíricas, com a massa fundamental variando de microcristalina a vítrea. Nos nefelinitos/ankaratritos, os micro a fenocristais estão representados por olivina (crisolita), clinopiroxênio salítico e opacos (magnetita), enquanto que os membros da matriz consistem em nefelina, feldspato alcalino, biotita, apatita, carbonatos e vidro, além das fases citadas inicialmente. O traço mais característico dessas rochas reside na presença de xenólitos mantélicos, com diâmetro de até 45 cm, e composição espinélio lherzolítica, harzbugítica e dunitica. Por sua vez, os fonolitos têm como cristais maiores feldspato alcalino (sanidina) e nefelina, ocasionalmente alterada para cancrinita ou substituída pseudomorficamente por analcita, em adição a clinopiroxênio acmítico (até 63% de acmita) e anfibólio (ferroedenita a ferropargasita). Häüyna, mica, hematita e zircão são típicos acessórios, com Ti-andradita e titanita presentes em alguns diques.

O comportamento dos elementos maiores nas rochas potássicas mostra tendência linear, com Al_2O_3 , Na_2O e K_2O variando positivamente com SiO_2 , enquanto que CaO , FeO , MgO , TiO_2 e P_2O_5 correlacionam-se negativamente. Para os elementos traços nota-se grande dispersão. Os teores em Cr e Ni, mesmo para rochas com $mg^* > 0,6$, são relativamente baixos, indicando assim a sua formação a partir de líquidos composicionalmente mais evoluídos. Já a distribuição dos elementos hidromagmatófilos evidencia padrões similares de enriquecimento para os LILE (Rb, Ba e outros elementos incompatíveis como La, Ce, Sm e Tb) e, por outro lado, grande empobrecimento nos HFSE (particularmente, Ta, Nb e Ti), com características anomalias negativas em Ta/Nb-Ti, que também são comuns aos basaltos toleíticos associados da Formação Serra Geral. O forte enriquecimento em elementos Terras Raras (REE) marca as duas suítes $\{(La/Lu)_{CN} = 26-161 \text{ e } 17-62, \text{ respectivamente, para B-P e AB-T}\}$, que, diga-se de passagem, exibem também padrões de distribuição muito similares, inclusive o pronunciado fracionamento dos HREE. No geral, as rochas potássicas da suíte B-P são mais ricas em K, Nb, Zr, Ti, Y e REE que as correspondentes da suíte AB-T.

O comportamento dos elementos incompatíveis nas rochas sódicas, quando comparado ao das potássicas, destaca-se sobretudo pelo pronunciado enriquecimento em Ta e Nb. P também apresenta anomalia positiva, enquanto que K acha-se fortemente empobrecido. Por outro lado, o perfil das Terras Raras não é muito diferente daquele mostrado pelas litologias potássicas, com razões elevadas para o fracionamento LREE/HREE $\{(La/Lu)_{CN} = 11-46\}$. Ao lado do fracionamento em LREE, chama também a atenção o caráter mais horizontal do perfil de distribuição junto aos HREE para as rochas potássicas B-P e AB-T e sódicas, respectivamente, $\{(Dy/Lu)_{CN} = 1,24-1,96, 1,09-2,00 \text{ e } 0,56-2,05\}$.

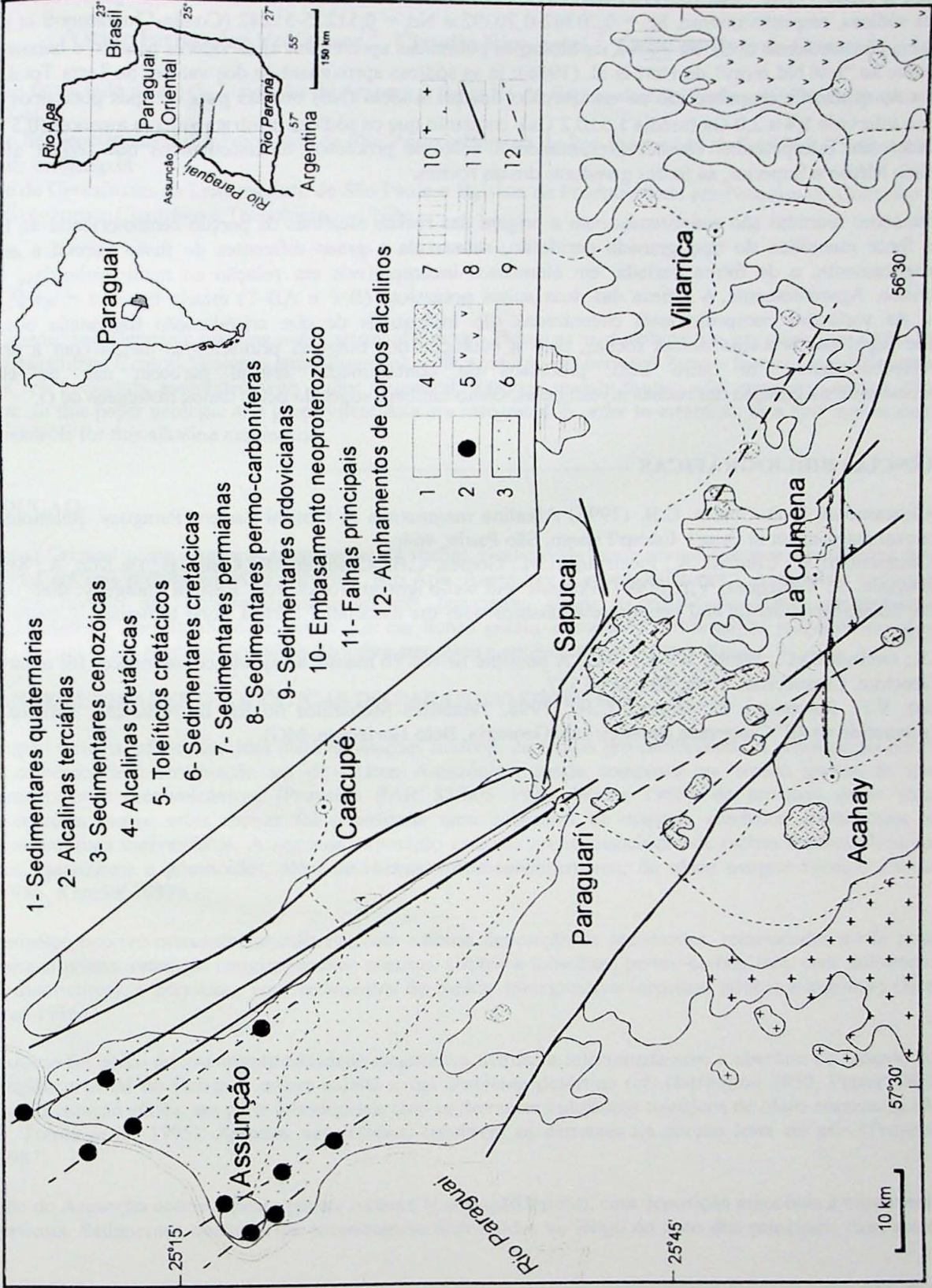


Figura 1. Mapa geológico esquemático do Rift de Assunção com as principais ocorrências alcalinas associadas (extraído de Velázquez *et al.* 1998).

Dados isotópicos para as rochas potássicas indicam valores elevados para a razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,70612-0,70754) e baixos para a razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0,51154-0,51184). Por sua vez, esses são bem distintos daqueles obtidos para as variedades sódicas, respectivamente, $\text{Sr}_i = 0,70362\text{-}0,70392$ e $\text{Nd}_i = 0,51225\text{-}0,51242$ (Comin-Chiaramonti et al., 1997). No diagrama convencional $\epsilon_i \text{Sr}$ vs. $\epsilon_i \text{Nd}$, as litologias potássicas apresentam altos valores para Sr_i e baixos para Nd_i , relativamente ao "low Nd array" de Hart et al. (1986); já as sódicas aproximam-se dos valores da Terra Total, variando no entanto do quadrante empobrecido ao enriquecido. Idades modelo (Nd) obtidas para os tipos potássicos permitem situá-los no intervalo 1,4 a 2,0 Ga (média $1,5 \pm 0,2$ Ga), enquanto que os sódicos mostram valores menores (0,5 a 0,8 Ga). Essas idades são interpretadas como representando a ação de processos metassomáticos que teriam afetado, no Proterozóico Médio a Superior, as fontes geradoras dessas rochas.

As informações reunidas são consistentes com a origem das rochas alcalinas da porção centro-oriental do Paraguai a partir de fonte mantélica do tipo granada peridotito, submetida a graus diferentes de fusão parcial e enriquecida metassomáticamente, e de forma variada, em elementos incompatíveis em relação ao manto primitivo, durante o Precambriano. Aparentemente, a gênese das duas suítes potássicas (B-P e AB-T) estaria ligada a magmas parentais distintos. As variações composicionais encontradas são indicativas de que cristalização fracionada desempenhou importante papel na formação dessas rochas, com a evolução dos magmas primários se dando com a remoção de olivina+clinopiroxênio. Por outro lado, processos de contaminação crustal parecem não ter contribuído significativamente na geração das rochas investigadas, como também sugerido pelos dados isotópicos de O.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comin-Chiaramonti, P. & Gomes, C.B. (1996) Alkaline magmatism in Central-Eastern Paraguay. Relationships with coeval magmatism in Brazil. Edusp/Fapesp, São Paulo, 464p.
- Comin-Chiaramonti, P.; Cundari, A.; Piccirillo, E.M.; Gomes, C.B.; Castorina, F.; Censi, P.; De Min, A.; Marzoli, A.; Speziale, S.; Velázquez, V.F. (1997) Potassic and sodic igneous rocks from Eastern Paraguay: their origin from the lithospheric mantle and genetic relationships with the associated Paraná flood tholeiites. *J. Petrol.*, 38:495-528.
- Hart, R.S.; Gerlach, D.C.; White, W.M. (1986) A possible Sr-Nd-Pb mantle array and consequences for mantle mixing. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50:1551-1557.
- Velázquez, V.F.; Riccomini, C.; Gomes, C.B. 1998. Tectônica Mesozóica no *Rift* de Assunção, Paraguai Oriental (submetido ao 40º Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, MG).

CONTROLE TECTÔNICO DO MAGMATISMO ALCALINO DO PARAGUAI ORIENTAL¹

Victor Fernandez Velázquez², Claudio Riccomini³, Celso de Barros Gomes³

¹ Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Projeto Temático 97/01210-4)

² Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e Bolsista de Pós-Doutorado da FAPESP (Processo 97/00176-7). E-mail: vvf@usp.br

³ Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e Bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

ABSTRACT

The Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism of Eastern Paraguay is distributed in six provinces (Alto Paraguay, Rio Apa, Amambay, Central Misiones and Assunção), with ages varying between Permo-Triassic and Paleogene. These provinces are frequently associated with major structural features, mainly faults, with magnetic and/or gravimetric expression. In this paper geologic and geophysical data are integrated in order to establish, as a first approximation, the tectonic controls for this alkaline magmatism.

INTRODUÇÃO

O Paraguai Oriental reúne inúmeras ocorrências de rochas alcalinas de idade permo-triássica a paleogena. Elas estão concentradas em seis províncias: Alto Paraguai, Rio Apa, Amambay, Central, Misiones e Assunção (Velázquez *et al.* 1996). Uma revisão das características geológicas principais, aliada à análise de mapas aerogravimétrico e aeromagnetométrico, permite delinear, ainda que em linhas gerais, o controle tectônico do magmatismo alcalino do Paraguai Oriental. Uma primeira aproximação sobre este tema é apresentada neste trabalho.

AS GRANDES UNIDADES GEOLÓGICAS DO PARAGUAI ORIENTAL

No Paraguai Oriental são conhecidas duas exposições maiores de rochas pré-cambrianas. A primeira, na porção norte do país, corresponde à terminação sul do Cráton Amazônico, sendo composta por rochas gnáissicas, graníticas, metasedimentares e metavulcânicas (Proyecto PAR 83/005 1986, Wiens 1986), de provável idade arqueana a paleoproterozóica; sobre estas rochas foi depositada uma cobertura de margem cratônica eocambriana além de sedimentos arenosos carboníferos. A segunda exposição consiste numa associação de rochas metamórficas (gnaiesses, anfibolitos, quartzitos) e granitóides, além de rochas vulcanosedimentares, de idade neoproterozóica (Bitschene & Lippolt 1986, Kanzler 1987).

No Paleozóico ocorreu marcante subsidência, com extensa deposição de sedimentos, relacionados a três seqüências: ordoviciana-siluriana, reunindo conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos; permo-carbonífera, com influência glacial (tilitos e diamictitos); e permiana, com sedimentos de caráter transgressivo (arenitos, siltitos e argilitos) (Harrington 1972, Orué 1996).

O Mesozóico foi palco de importante atividade magmática extrusiva relacionada com a abertura do Oceano Atlântico Sul. A região oriental do Paraguai esteve sujeita a um ambiente desértico (cf. Harrington 1950, Putzer 1962), com extensa sedimentação eólica, em parte interdigitada com os derrames vulcânicos toleíticos de idade eocretácea (Renne *et al.* 1992, Turner *et al.* 1995). Arenitos neocretáceos recobrem os derrames na porção leste do país (Proyecto PAR 83/005 1987).

Na região de Assunção ocorre espesso pacote rudáceo (Formação Patiño), com deposição associada à movimentação de falhas verticais. Sedimentos quaternários encontram-se distribuídos ao longo do leito dos principais rios, assim como