

ATIVIDADE FILONIANA ASSOCIADA AO COMPLEXO ALCALINO DE SAPUKAI, PARAGUAI ORIENTAL

C.B. Gomes^{1,*}, P. Comin-Chiaramonti², A. de Min¹, A.J. Melfi³, G. Bellieni⁴, M. Ernesto³, A.M.C. Castillo⁵,
J.C. Velazquez⁵, V.F. Velazquez⁶, E.M. Piccirillo¹

1. Instituto de Mineralogia e Petrografia, Universidade de Trieste, Piazzale Europa 1, 34100 Trieste, Itália

2. Instituto de Mineralogia, Petrografia e Geoquímica, Universidade de Palermo, Itália

3. Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9638, 01065 São Paulo, Brasil

4. Instituto de Mineralogia e Petrologia, Universidade de Pádua, Itália

5. Instituto de Ciências Básicas, Universidade Nacional de Assunção, Paraguai

6. Curso de Pós-Graduação IG/USP e Bolsista do CNPq

* Endereço permanente: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 20899, 01498 São Paulo, Brasil

ABSTRACT

The Mesozoic alkaline complex of Sapukai, one of the main occurrences of such rocks in Paraguay, is penetrated into Silurian sandstones of the Caacupé Formation and found associated with the important geotectonic feature of Ypacaraí.

It is made up by lava flows (basalts and leucitic basanites) which have been intruded by a plug showing double annular shape in surface. The outer ring consists of extrusive material (tephrites, leucitic and olivinic basalts), whereas the inner one, apparently younger, is dominantly represented by essexitic rocks. The second ring also contains syenites and effusives (basalts, leucitic to pseudoleucitic basanites), occupying the higher and peripheral portions, respectively. A large number of dikes, mainly NW-trending, and corresponding to at least four different phases of generation, cut the whole set of rocks. They vary considerably in mineralogy and petrography, three principal rock-types being distinguished: basaltic, tephritic and phonolitic.

On the basis of geochemical affinities, the potassic Sapukai dikes are assembled in two lithological associations, alkali basalts and its differentiates and tephrites and its differentiates. For each association, variation diagrams and mass-balance calculations indicate that the formation of the different rock-types may be due to fractional crystallization. On the other hand, the data also make clear that both associations are not related with each other by those processes, a more complex petrogenetic evolution model being required for explaining a common origin from the lithospheric mantle for the rocks.

RESUMO

O complexo alcalino mesozóico de Sapukai, uma das mais importantes ocorrências dessas rochas no Paraguai, é intrusivo em arenitos silurianos da Formação Caacupé e acha-se associado à grande feição tectônica de Ypacaraí.

É constituído por um manto de lavas (basaltos e basanitos leucíticos) atravessado por um "plug" que se faz representar em superfície por duas estruturas anelares. O anel externo consiste de variedades extrusivas (tefritos, basaltos leucíticos e olivínicos), enquanto que o interno, aparentemente mais jovem, consta predominantemente de material plutônico de natureza essexítica. Este último contém, ainda, rochas sieníticas nas partes mais altas e efusivas (basaltos e basanitos leucíticos a pseudoleucíticos) ocupando as porções mais periféricas. Todo esse conjunto de rochas apresenta-se recortado por grande número de diques, que se orientam preferencialmente para NW-SE, correspondendo a pelo menos quatro fases distintas de geração. Eles exibem grande diversidade mineralógica e petrográfica, sendo possível reconhecer-se três tipos principais: basáltico, tefrítico e fonolítico.

Com base em afinidades químicas, as rochas dos diques de Sapukai, de natureza potássica, podem ser reunidas em duas grandes associações litológicas, basaltos alcalinos e diferenciados, e tefritos e diferenciados. Evidências químicas (diagramas de variação e cálculos de balanço de massa) demonstram que, dentro de cada associação, a formação das rochas deu-se por cristalização fracionada. Por outro lado, os dados indicam também que ambas as associações não se acham relacionadas entre si por meio daqueles processos, com uma origem comum para as rochas, a partir de um manto litosférico, requerendo um modelo de evolução petrogenética bem mais complexo.

INTRODUÇÃO

A existência de rochas alcalinas – cobrindo extenso intervalo de idade, 245-36 Ma (Amaral et al., 1967; Comte & Hasui, 1971; Palmieri, 1973; Palmieri & Arribas, 1975; Stormer et al., 1975; Bitschene & Lippolt, 1984; Eby & Mariano, 1986; Bitschene, 1987) – em território paraguaio vem sendo há muito objeto de citação na literatura, com destaque para os trabalhos de Harrington (1950), Eckel (1959), Putzer &

van den Boom (1961) e Putzer (1962), bem como para as investigações de detalhe conduzidas nos complexos de Sapukai (Palmieri, 1973; Palmieri & Arribas, 1975), Ybyturuzú (Bitschene & Lippolt, 1984) e Chiriguelo (Livieres & Quade, 1987; Censi et al., 1989). Mais recentemente, coube a Livieres & Quade (1987) a iniciativa de, com base em evidências estruturais, agrupar as 32 ocorrências até então conhecidas em

três províncias distintas: Alto Paraguai, Amambay e Central (Fig. 1). Da primeira, tectonicamente ligada ao Arco do Apa, pouco se sabe geologicamente, sendo que as únicas datações radiométricas disponíveis referem-se à ocorrência vizinha de Pão de Açúcar, no Brasil (idades K/Ar de 245 a 210 Ma, cf. Amaral et al., 1967; Comte & Hasui, 1971; novos valores, recalculados por Sonoki & Garda, 1989, usando as constantes de decaimento recomendadas por Steiger & Jager, 1978). A de Amambay, guardando relação com as estruturas em anticlinal de Ponta Porã e Capitán Bado, vem sendo pesquisada mais intensamente nos últimos anos à vista da presença de rochas carbonatíticas em alguns complexos (Chiriguano = Cerro Corá, Cerro Guazú, Cerro Sarambí). As idades K/Ar existentes (Arroyo Gasory, Cerro Guazú, Chiriguano, Cerro Sarambí; cf. Amaral et al., 1967; Eby & Mariano, 1986) variam entre 119 e 147 Ma, exibindo, ainda, boa correspondência com os valores, igualmente obtidos por Eby & Mariano (1986), a partir de traços de fissão em apatita. Contudo, idades pouco mais novas são também apresentadas por estes autores para as ocorrências de Cerro Apuá e Cerro Sarambí. A Central reúne maior quantidade de corpos, que se mostram associados principalmente ao Arco de Assunção (Livieres & Quade, 1987), à grande falha de Acahay, à estrutura em anticlinal de Igatimí e, ainda, à zona de intersecção dessas feições. Geologicamente, é a mais conhecida e onde as relações entre magmatismo e tectonismo acham-se melhor definidas. As datações disponíveis, mais numerosas que nos casos anteriores, permitem a caracterização de dois pólos distintos de atividade magmática: 184-100 Ma e 61-36 Ma. Este último, envolvendo as muitas ocorrências de rochas ultra-alcálicas (nefelinitos a ankartritos portadores de quantidades variáveis de xenólitos de natureza mantélica) encontradas nas circunvizinhanças de Assunção, tem merecido a atenção de muitos pesquisadores e, como resultado, já conta com número razoável de publicações (Stormer et al., 1975; Palmieri & Velazquez, 1982; Comin-Chiaromonti et al., 1986; De Vito, 1987; Demarchi et al., 1989; Comin-Chiaromonti et al., 1991) focalizando aspectos diversos da sua petrogênese. Por sua vez, o primeiro ciclo tem no complexo de Sapukai uma de suas mais importantes ocorrências e é para a extraordinária atividade filoniana a ele

associada que se voltam as nossas atenções.

Assim, o presente trabalho trata da caracterização petrográfica e química dos diques e da sua formação dentro do quadro de evolução geral do complexo.



Figura 1 - Distribuição geral das rochas alcalinas do Paraguai (parcialmente extraído de Livieres & Quade, 1987).

GEOLOGIA LOCAL

O complexo alcalino de Sapukai delimita-se a N com rochas sedimentares silurianas, de natureza predominantemente arenosa e coloração clara, pertencentes à Formação Caacupé da Série Cordillera. A S e a N mostra-se recoberto por sedimentos quaternários, enquanto que a E acha-se parcialmente em contato com arenitos jurássicos, de derivação continental e coloração avermelhada, da Formação Misiones, que se assentam localmente em discordância angular sobre o material siluriano (Palmieri & Arribas, 1975). O elemento tectônico mais importante afetando a região é o sistema de fraturas escalonadas, de direção NW-SE e WNW-ESE, que se estende de Assunção a Villarica e cuja falha principal, alcançando mais de 100 km de comprimento e rejeito acima de 200 m, forma o conhecido vale de Ypacaraí. A influência desta feição no posicionamento dos numerosos focos intrusivos e vulcânicos existentes na área é admitida de forma inequív-

voca pelos diversos pesquisadores que se ocuparam da sua geologia.

Segundo Palmieri (1973) e Palmieri & Arribas (1975), que o investigaram minuciosamente do ponto de vista geológico e geoquímico, o complexo é constituído por um manto de lavas (basaltos e basanitos leucíticos) cobrindo as formações silurianas, atravessado por um "plug" representado por duas estruturas anulares que se destacam prontamente na paisagem. O anel externo, aparentemente mais antigo, consiste somente de tipos extrusivos, gradando do cume à base de tefritos a basaltos leucíticos e, por último, a basaltos olivínicos. O interno, com diâmetro aproximado de 2 km, é formado por um conjunto de cerros de altitude superior a 420 m e contém predominantemente material intrusivo de natureza essexítica. No seu flanco oeste afloram variedades sieníticas nas partes mais altas e, externamente, aparecem basaltos e basanitos leucíticos a pseudoleucíticos. Posteriormente, teve lugar intensa atividade na forma de diques (fonolitos, traquitos, lamprófiros), de direção predominantemente NW-SE, cortando as demais variedades alcalinas e as encaixantes regionais. Eles representam produtos de diversas fases de geração, com os mais modernos ocorrendo em menor proporção e orientados preferencialmente para NE-SW. Palmieri & Arribas (1975) referem-se ainda à existência de uma fase de injeção de diques, de direção NW-SE, constituída principalmente de diabásios.

As datações radiométricas disponíveis para as rochas de Sapukai provêm de duas fontes distintas: Comte & Hasui (1971) e Palmieri & Arribas (1975). Idades K/Ar, obtidas pelos primeiros, cobrem amplo intervalo, 109-179 Ma, sendo, porém, passíveis de questionamento, por razões de amostragem inadequada, por Palmieri & Arribas (1975). Estes, por sua vez, fornecem uma menor variação, 98-136 Ma, e dados mais consistentes com a história geológica do complexo.

Diques

O enxame de diques associado ao complexo de Sapukai constitui-se na sua mais expressiva feição geológica, a ponto de justificar o tratamento à parte dispensado ao tema. Trabalhos de campo executados nas áreas de Sapukai, Gral. Bernardino Caballero e La Colmena permitiram reco-

nhecer mais de 130 corpos, representando, pelo menos, quatro fases distintas de geração. Em geral eles são verticais e/ou subverticais e de espessura variável de decimétrica a métrica, com valor médio da ordem de 4-5 m. Recortam, indistintamente, as demais rochas alcalinas, como também as sedimentares encaixantes, e apresentam como direção principal NW-SE; subordinadamente, identificam-se duas outras direções preferenciais, N-S e NE-SW. Conquanto pesquisada, não foi observada qualquer relação consistente entre a cronologia dos diques e a sua natureza petrográfica. No entanto, para um total de 86 medidas, verifica-se quanto à orientação que os fonolitos e os fonolitos peralcalinos dispõem-se, respectiva e predominantemente, segundo as direções NE-SW e NS, enquanto que as demais variedades orientam-se para NW-SE (Fig. 2).

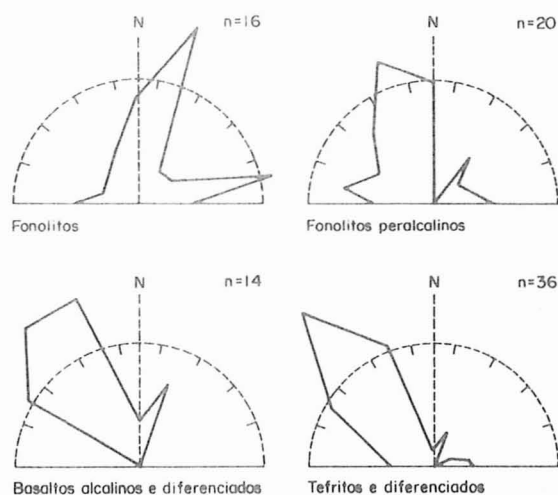


Figura 2 – Frequências azimutais dos diques da região de Sapukai.

Do ponto de vista petrográfico, os diques exibem grande diversidade mineralógica e textural, possibilitando a distinção de numerosos tipos litológicos. Como tendência geral exibem caráter porfirítico, notadamente as variedades de natureza tefrítica e fonolítica, com mega, feno e microfenocristais constituídos principalmente de olivina, piroxênios, feldspatos (plagioclásios e feldspato alcalino), opacos e pseudoleucita; ocasionalmente, outros minerais (nefelina, anfibólios, biotita, melanita) podem estar presentes. A massa fundamental é comumente afanítica, variando no entanto quanto à sua natureza de holocristalina a hialina, exceção feita às varie-

dades traquifonolíticas que contêm unicamente material vítreo. Como outras particularidades texturais cite-se que os traquiandesitos são afíricos, enquanto que os traquitos exibem pronunciada orientação dos micrólitos, principalmente de feldspatos. Em adição às fases acima, titanita, apatita e zircão ocorrem como acessórios, enquanto que zeólitas e carbonatos são os produtos de alteração mais comuns.

A mineralogia dos tipos *basálticos* (basaltos alcalinos, traquibasaltos, traquiandesitos) mostra fenocristais e/ou microfenocristais de olivina (For_{80-63}), augita (Wo_{46}), plagioclásio (An_{61-59}), titânio magnetita (mol. ulv. = 43-50%) e magnésio biotita ($TiO_2 = 8,3\%$); na massa fundamental tem-se olivina (For_{69-52}), augita (Wo_{45}), plagioclásio (An_{48-39}), titânio magnetita (mol. ulv. = 43-64%) e feldspato alcalino (Or_{51}).

A dos tipos *tefríticos* (tefritos, fonotefritos) apresenta fenocristais e/ou microfenocristais de olivina (For_{75-72}), augita (Wo_{48-45}), plagioclásio (An_{60}), titânio magnetita (mol. ulv. = 32-46%), magnésio biotita ($TiO_2 = 5,5\%$), pargasita ($K_2O = 1,7\%$, $Na_2O/K_2O = 1,0$) e pseudoleucita ($Ne_{39} Qz_{24}$); por sua vez, a massa fundamental é constituída de olivina (For_{75-70}), augita (Wo_{48-45}), plagioclásio (An_{59-46}), titânio magnetita (mol. ulv. = 19-42%), magnésio biotita ($TiO_2 = 5-11\%$), pargasita ($K_2O = 1,7\%$, $Na_2O/K_2O = 1,0$), feldspato alcalino (Or_{93-49}) e ilmenita (Hm_{17}).

A dos tipos *fonolíticos* (traquifonolitos, traquitos, fonolitos e fonolitos peralcalinos) contém fenocristais e/ou microfenocristais de augita (Wo_{48}), plagioclásio (An_{68-44}), feldspato alcalino (Or_{68-60}), titânio magnetita (mol. ulv. = 11-46%), magnésio biotita ($TiO_2 = 7,7\%$), anfibólio (pargasita ferrosa a hastingsita magnésiana com $K_2O = 2,5\%$, $Na_2O/K_2O = 0,9$), melanita ($TiO_2 = 4,4\%$) e pseudoleucita ($Ne_{81-75} Qz_{14-10}$); a massa fundamental reúne augita (Wo_{49}), passando a egrina-augita nas variedades peralcalinas, plagioclásio (An_{38}), feldspato alcalino (Or_{80-65}), titânio magnetita (mol. ulv. = 11-39%), magnésio biotita ($TiO_2 = 7,7\%$), anfibólio (pargasita ferrosa a hastingsita magnésiana com $K_2O = 2,5\%$, $Na_2O/K_2O = 0,9$), pseudoleucita ($Ne_{79-54} Qz_{19-25}$) e, mais raramente, olivina (For_{72}).

Face à existência de uma massa fundamental de difícil resolução ao microscópio, a caracterização dessas rochas é me-

lhor feita a partir do seu quimismo. Assim, quando projetados no diagrama classificatório de De La Roche et al. (1980) (Fig. 3), os dados caem nos campos dos basaltos alcalinos, tefritos, traquibasaltos, fonotefritos, traquiandesitos, fonolitos, traquifonolitos, traquitos e fonolitos peralcalinos, com maior incidência para os termos tefríticos (40%) e fonolíticos (42%).

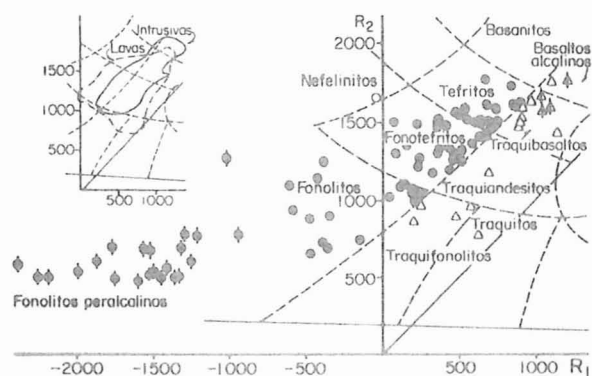


Figura 3 - Projeção das rochas analisadas no diagrama de classificação química R1-R2 de De La Roche et al. (1980). Símbolos: basaltos alcalinos e diferenciados (triângulo vazio e cheio com barra, respectivamente, alto e baixo teor em elementos incompatíveis), tefritos e diferenciados (círculo cheio) e fonolitos peralcalinos (círculo cheio com barra). Ao lado, os campos definidos para as rochas intrusivas e extrusivas do complexo.

PETROQUÍMICA E ASPECTOS PETROGENÉTICOS

Análises químicas (elementos maiores e traços) dos diques de Sapukai, em número de 100, foram determinadas por fluorescência de raios X, seguindo-se o procedimento descrito em Bellieni et al. (1983). Os dados, reunidos na Tabela 1, contêm também os valores referentes às normas CIPW, os de Mg ($= Mg/Mg + Fe^{2+}$, assumindo-se $Fe_2O_3/FeO = 0,20$) e os do índice agpático (I.A.) para as rochas fonolíticas.

No diagrama $Na_2O + K_2O$ vs. SiO_2 (Fig. 4), observa-se que a quase totalidade das amostras acha-se posicionada no campo das rochas fortemente alcalinas de Saggerson & Williams (1964). Igual tendência é exibida pelos espécimes ocorrendo como lavas ou como corpos intrusivos (De Min, 1988). Por sua vez, o gráfico relacionando Na_2O e K_2O , inserido na figura anterior, indica para os diques, excluídos os termos fonolíticos, maior afinidade potássica (cf.

Tabela 1 — Análises químicas (elementos maiores e traços) das rochas dos diques de Sapukai. Abreviações: BA, basalto alcalino; TB, traquibasalto; TA, traquiandesito; TF, traquifonolito; T, traquito; NE, nefelinito; TE, tefrito; FT, fonotefrito; F, fonolito; FP, fonolito peralcalino. I.A. (índice agpáítico), $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$; mg, $Mg/(Mg + Fe^{2+})$.

	3398	P130	3318	PS9	3317	3380	3397	PS128	PS100	PS131
	BA	BA	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB
SiO ₂	45,98	46,73	49,71	49,43	50,34	48,41	46,49	48,12	49,20	48,34
TiO ₂	1,73	1,10	1,34	1,65	1,24	1,19	1,69	1,09	1,63	1,06
Al ₂ O ₃	14,09	15,34	13,98	14,36	14,40	14,62	14,88	15,67	14,99	16,03
Fe ₂ O ₃	3,60	4,66	2,78	3,81	5,28	4,47	4,14	5,13	3,52	4,29
FeO	6,45	5,62	5,35	4,94	3,51	4,43	5,69	4,18	5,33	5,26
MnO	0,15	0,18	0,13	0,16	0,14	0,15	0,15	0,17	0,16	0,17
MgO	7,86	6,12	7,80	7,61	6,90	6,93	6,76	6,05	5,75	4,73
CaO	10,25	10,17	7,63	7,55	7,89	8,77	9,31	9,23	8,46	9,05
Na ₂ O	2,26	3,27	3,76	2,29	3,87	3,69	2,61	4,13	3,01	3,60
K ₂ O	3,70	2,10	3,62	5,72	2,52	3,26	3,83	2,05	4,52	2,66
P ₂ O ₅	0,43	0,29	0,51	0,34	0,35	0,48	0,45	0,39	0,37	0,34
P.F.	2,78	3,23	2,81	1,07	3,18	3,12	3,37	2,85	1,94	3,38
Soma	99,29	98,81	99,41	98,93	99,61	99,51	99,37	99,06	98,88	99,42
mg	62,5	56,2	67,1	65,1	63,2	62,7	59,7	58,4	58,2	51,6
I.A.										
Cr	161	158	440	376	282	264	114	109	68	82
Ni	78	34	156	81	81	63	50	30	33	28
Ba	1237	1303	1283	1334	2184	1261	1362	1276	1371	1038
Rb	68	63	38	119	32	69	71	36	105	86
Sr	1082	1273	1263	1163	1148	1321	1222	1502	1309	1389
La	79	41	73	72	54	63	71	50	77	46
Ce	108	73	132	113	84	138	122	92	129	81
Nd	51	38	59	51	41	51	53	47	37	38
Zr	227	70	247	268	184	210	255	102	243	84
Y	13	6	14	17	17	10	17	9	23	6
Nb	20	10	32	37	23	28	38	19	37	14
Or	21,86	12,41	21,39	33,80	14,89	19,26	22,63	12,11	26,71	15,71
Ab	5,90	18,89	19,98	5,37	31,59	18,38	10,46	20,02	11,22	23,18
An	17,37	20,97	10,57	12,01	14,47	13,70	17,57	18,16	14,04	19,72
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne	7,16	4,75	6,40	7,58	0,62	6,95	6,29	8,08	7,71	3,93
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	24,54	22,07	19,11	18,81	17,44	21,08	20,47	20,55	20,86	18,46
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ol	10,13	6,92	11,35	0,00	6,57	7,13	8,29	12,00	10,36	5,47
Mt	5,21	6,75	4,03	1,78	7,65	6,48	6,00	1,88	1,81	6,22
Il	3,28	2,08	2,54	3,13	2,35	2,26	3,20	2,07	3,09	2,01
Hm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ap	1,01	0,68	1,20	0,80	0,82	1,13	1,06	0,92	0,87	0,80

Tabela 1 (cont.)

	PS129 TB	3319 TA	3387 TF	3385 TF	PS59 TF	PS40 TF	3322 T	PS132 NE	3088 TE	PS111 TE
SiO ₂	48,31	48,50	52,12	53,95	56,34	50,56	55,84	36,08	46,83	48,26
TiO ₂	1,16	2,02	1,42	1,05	0,92	1,39	0,79	1,74	1,62	1,57
Al ₂ O ₃	16,25	15,11	16,00	17,98	18,08	19,14	18,03	10,97	12,46	13,11
Fe ₂ O ₃	4,19	8,14	6,90	4,48	2,67	4,87	3,48	5,16	4,48	5,17
FeO	5,54	2,07	1,63	1,22	2,27	1,69	1,16	13,51	3,86	4,48
MnO	0,17	0,12	0,12	0,14	0,14	0,19	0,11	0,16	0,15	0,14
MgO	4,52	4,71	2,96	1,62	1,30	0,85	1,60	5,73	9,78	7,45
CaO	8,96	6,00	4,72	4,27	4,08	4,55	3,19	7,78	9,37	8,69
Na ₂ O	3,64	3,31	2,67	4,92	5,68	3,68	3,99	2,62	3,06	2,71
K ₂ O	2,72	4,51	7,33	5,16	5,96	6,93	6,64	5,28	4,04	4,67
P ₂ O ₅	0,30	0,52	0,48	0,34	0,34	0,20	0,24	0,37	0,52	0,37
P.F.	3,04	4,75	3,41	4,75	1,71	5,38	4,79	10,58	3,62	2,38
Soma	98,83	99,77	99,82	99,87	99,49	99,43	99,87	99,98	99,79	99,00
mg	49,9	50,7	43,7	38,8	36,4	22,3	43,4	39,0	71,8	62,6
I.A.										
Cr	77	89	1	0	16	14	0	234	395	460
Ni	23	29	5	1	2	5	1	69	124	85
Ba	1041	1893	1419	1652	1293	2522	1726	1421	1218	1399
Rb	77	96	178	84	134	108	133	156	89	104
Sr	1387	1114	959	1245	1874	3345	600	1644	1216	1774
La	47	114	118	159	117	164	136	101	88	81
Ce	81	186	203	259	212	284	206	180	174	135
Nd	42	165	94	102	87	101	78	78	nd	63
Zr	89	317	350	513	522	855	392	436	303	259
Y	9	26	24	39	28	36	23	16	13	11
Nb	13	45	51	88	63	119	61	57	nd	39
Or	16,25	26,65	43,31	30,49	35,22	40,95	39,24	0,00	23,87	27,59
Ab	18,96	24,78	19,81	35,00	32,77	16,90	33,76	0,00	6,67	6,12
An	19,88	13,05	10,02	11,73	6,23	15,24	11,67	2,80	8,33	9,81
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,64	0,00	0,00
Ne	6,41	1,74	1,50	3,58	8,28	7,70	0,00	13,06	10,40	9,10
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,41	0,00	0,00
Di	18,75	10,36	7,98	5,61	8,29	4,55	2,00	18,57	27,16	25,12
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Ol	10,35	4,85	2,57	0,99	0,00	0,00	1,80	19,09	8,91	12,66
Mt	1,98	1,17	1,52	1,34	3,87	2,03	1,80	8,14	6,49	1,95
Hm	0,00	7,32	5,84	3,55	0,00	3,46	2,23	0,00	0,00	0,00
Il	2,20	3,85	2,69	1,99	1,74	2,63	1,50	3,58	3,07	2,98
Ap	0,71	1,23	1,13	0,80	0,80	0,47	0,56	0,97	1,23	0,87

Tabela 1 (cont.)

	PS50 TE	PS116 TE	PS51 TE	PS117 TE	PS20 TE	PS19 TE	PS43 TE	PS118 TE	PS34 TE	PS65 TE
SiO ₂	46,96	46,74	47,60	46,85	48,38	49,18	47,68	46,23	44,17	47,33
TiO ₂	1,57	1,66	1,63	1,65	1,70	1,65	1,51	1,80	2,29	1,56
Al ₂ O ₃	14,25	13,31	14,59	13,59	15,93	16,15	15,85	14,04	12,78	15,98
Fe ₂ O ₃	4,96	5,40	3,91	4,38	4,80	3,87	4,17	4,68	7,05	3,74
FeO	4,62	4,53	5,73	5,46	4,31	4,67	5,04	5,47	4,96	5,56
MnO	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17	0,15	0,15	0,16	0,18	0,15
MgO	6,82	6,95	6,18	6,23	5,58	5,26	5,45	5,99	6,96	5,15
CaO	8,45	8,70	8,88	8,79	8,28	8,03	8,29	8,56	10,19	8,29
Na ₂ O	2,93	4,40	2,66	5,02	3,43	4,10	3,28	5,05	3,30	3,22
K ₂ O	4,68	2,60	4,73	2,26	4,28	3,71	4,57	2,31	3,26	4,79
P ₂ O ₅	0,32	0,60	0,37	0,62	0,44	0,47	0,42	0,45	0,56	0,41
P.F.	3,27	3,93	2,39	3,86	1,78	1,78	2,51	4,13	3,14	2,68
Soma	98,98	98,97	98,82	98,87	99,08	99,02	98,92	98,87	98,84	98,86
mg	60,6	60,3	57,9	57,6	57,1	57,0	56,0	56,0	56,0	54,2
I.A.										
Cr	113	237	72	207	90	95	91	156	181	54
Ni	42	61	40	41	19	25	33	52	81	26
Ba	1502	1476	1254	1506	1429	1247	1385	1535	1547	1430
Rb	106	67	99	81	80	65	85	62	66	103
Sr	1703	1950	1853	1918	1490	1394	1830	1804	1821	1764
La	76	96	71	96	82	79	80	97	90	83
Ce	130	171	125	175	133	131	142	158	171	144
Nd	56	70	56	74	60	60	55	68	75	61
Zr	228	270	231	275	269	267	261	289	341	268
Y	16	12	15	14	21	19	18	12	27	18
Nb	36	44	38	44	41	41	40	43	49	41
Or	27,75	15,36	27,95	13,35	25,29	21,92	27,00	13,65	19,26	28,30
Ab	3,44	14,90	4,78	16,52	10,52	16,23	7,13	14,70	1,70	5,17
An	11,90	8,88	13,90	7,87	15,43	14,70	15,02	8,82	10,43	15,00
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne	11,56	12,09	9,59	14,05	10,02	9,99	11,16	15,18	14,20	11,95
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	22,77	24,76	22,70	25,94	18,64	18,05	19,16	25,18	29,89	19,28
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ol	12,31	12,04	11,28	10,33	10,93	10,05	10,86	10,31	11,59	10,37
Mt	1,94	2,00	1,97	2,00	1,85	1,73	1,88	2,07	1,73	1,91
Hm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Il	2,98	3,15	3,09	3,13	3,22	3,13	2,86	3,41	3,01	2,96
Ap	0,75	1,42	0,87	1,46	1,04	1,11	0,99	1,06	1,39	0,97

Tabela 1 (cont.)

	PS127 TE	PS44 TE	PS122 TE	PS21 TE	PS104 TE	PS87 TE	PS124 TE	PS47 FT	PS103 FT	PS97 FT
SiO ₂	47,68	48,02	47,61	45,51	47,08	45,35	45,37	49,27	46,48	46,87
TiO ₂	1,40	1,48	1,51	2,25	2,00	2,43	1,87	1,53	1,96	2,19
Al ₂ O ₃	13,43	16,73	16,71	15,43	15,24	14,31	15,38	15,80	14,37	14,15
Fe ₂ O ₃	3,65	4,16	3,31	6,22	4,32	5,78	6,70	3,66	4,77	4,96
FeO	5,60	5,21	6,13	4,31	6,36	5,58	3,94	4,61	4,71	4,90
MnO	0,14	0,16	0,16	0,20	0,17	0,20	0,20	0,14	0,16	0,18
MgO	7,40	4,35	4,44	4,57	4,61	4,76	4,29	5,10	5,51	5,25
CaO	8,50	8,07	7,85	8,65	8,77	8,84	9,10	7,49	8,47	8,53
Na ₂ O	3,67	3,21	3,06	2,65	3,36	3,00	3,53	3,35	3,47	3,45
K ₂ O	3,40	4,71	4,71	4,98	4,41	4,56	4,19	5,22	6,37	5,84
P ₂ O ₅	0,33	0,45	0,38	0,72	0,46	0,69	0,74	0,43	0,64	0,66
P.F.	2,84	2,34	2,90	3,48	1,86	3,26	3,71	2,42	2,03	1,94
Soma	98,04	98,89	98,77	98,97	98,64	98,76	99,02	99,02	98,94	98,82
mg	50,0	50,0	50,0	48,7	48,0	47,6	46,9	57,0	55,7	53,5
I.A.										
Cr	407	62	29	103	87	43	90	74	145	93
Ni	72	19	19	42	27	22	33	26	48	33
Ba	1219	1383	1339	2352	1427	1928	2314	1250	1745	1702
Rb	54	101	105	105	106	125	91	104	174	141
Sr	1328	1944	1762	1922	1463	2282	2159	1863	1634	1538
La	74	71	78	123	91	133	152	81	102	114
Ce	121	129	140	208	152	216	262	139	175	195
Nd	51	60	59	88	67	99	110	61	76	84
Zr	171	201	242	476	312	385	468	289	371	394
Y	7	17	12	31	19	31	24	18	14	33
Nb	30	34	38	72	48	67	79	41	62	69
Or	20,09	27,83	27,83	29,43	26,06	26,94	14,78	30,84	20,06	27,93
Ab	11,94	9,00	8,81	2,82	6,37	3,69	0,00	9,50	0,00	0,00
An	10,13	17,33	17,95	15,50	13,47	12,11	13,74	12,65	4,91	5,87
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,64	5,16
Ne	10,35	9,83	9,25	10,61	11,95	11,74	16,18	10,20	15,90	15,81
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	24,30	16,35	15,32	18,77	22,39	22,54	22,73	17,76	26,98	26,38
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ol	12,78	10,11	10,08	9,79	9,18	9,48	22,09	9,79	7,88	7,74
Mt	1,89	1,91	1,94	2,11	2,18	2,30	2,13	1,69	1,92	1,92
Hm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Il	2,65	2,81	2,86	4,27	3,79	4,61	3,55	2,90	3,72	4,15
Ap	0,78	1,06	0,90	1,70	1,08	1,63	1,75	1,01	1,51	1,56

Tabela 1 (cont.)

	PS22 FT	PS98 FT	3396 FT	PS24 FT	PS28 FT	PS66 FT	PS41 FT	PS88 FT	PS110 FT	PS94 FT
SiO ₂	45,82	49,29	46,54	46,75	48,78	47,41	46,10	48,81	48,58	48,71
TiO ₂	2,06	1,42	1,58	1,87	1,59	1,65	2,13	1,70	1,48	1,59
Al ₂ O ₃	14,87	17,85	16,93	15,23	17,67	16,49	14,46	16,56	15,82	17,41
Fe ₂ O ₃	5,03	3,18	3,67	4,34	3,53	4,63	6,56	4,69	5,38	3,59
FeO	5,23	5,09	5,86	5,46	4,98	5,20	3,38	3,19	4,06	5,54
MnO	0,17	0,15	0,15	0,16	0,16	0,18	0,17	0,15	0,15	0,16
MgO	5,18	4,18	4,66	4,77	4,04	4,64	4,50	3,55	4,25	4,16
CaO	8,60	6,84	7,24	8,33	7,34	7,60	8,81	6,15	6,89	7,40
Na ₂ O	3,78	3,75	4,36	3,70	4,02	2,76	4,18	3,93	3,48	3,35
K ₂ O	4,47	5,09	3,79	4,72	5,00	5,26	3,99	5,95	5,46	5,13
P ₂ O ₅	0,70	0,45	0,49	0,57	0,59	0,40	0,86	0,59	0,43	0,39
P.F.	2,96	1,61	4,07	2,94	1,24	2,71	3,80	3,95	3,08	1,41
Soma	98,87	98,90	99,35	98,84	98,94	98,86	99,12	99,21	99,06	98,84
mg	52,2	52,0	51,1	51,1	50,4	50,4	49,9	49,6	49,5	49,4
I.A.										
Cr	140	48	28	76	28	61	92	19	75	40
Ni	41	11	20	31	12	32	34	10	22	21
Ba	1842	1358	1281	1517	1291	1500	2459	2215	1435	1513
Rb	78	114	52	107	102	107	97	158	119	127
Sr	2144	1418	1307	1584	1432	2293	1971	2568	1783	1497
La	119	89	89	98	87	75	144	116	82	89
Ce	193	142	171	165	140	134	260	196	135	153
Nd	86	72	69	73	61	56	110	79	58	62
Zr	424	242	267	344	271	234	514	350	230	275
Y	29	22	14	25	19	17	31	28	10	28
Nb	75	47	40	55	45	38	85	73	36	53
Or	26,41	30,08	22,96	27,89	29,54	31,08	23,57	35,16	32,26	30,31
Ab	3,24	11,72	14,42	4,45	9,66	5,85	7,92	9,06	8,46	9,01
An	10,40	16,84	15,43	10,87	15,40	16,88	9,40	9,97	11,42	17,31
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne	15,56	10,83	12,17	14,68	13,19	9,47	14,86	13,10	11,36	10,47
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	22,80	11,67	13,95	22,05	14,17	15,05	23,68	13,77	16,52	13,94
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ol	9,48	10,46	7,41	8,78	9,33	11,39	7,32	7,63	9,81	10,33
Mt	2,08	1,69	5,32	2,00	1,73	2,00	1,98	1,58	1,89	1,87
Hm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Il	3,91	2,69	3,00	3,55	3,01	3,13	4,04	3,22	2,81	3,01
Ap	1,65	1,06	1,16	1,35	1,39	0,94	2,03	1,39	1,01	0,92

Tabela 1 (cont.)

	PS64 FT	PS123 FT	PS45 FT	PS119 FT	PS68 FT	PS18 FT	PS49 FT	3320 FT	PS114 FT	PS48 FT
SiO ₂	49,20	47,76	48,28	47,57	43,88	46,22	48,91	46,46	49,36	49,59
TiO ₂	1,76	1,45	1,58	1,74	2,36	1,98	1,54	1,72	1,44	1,25
Al ₂ O ₃	15,86	17,22	16,67	15,93	15,11	15,21	17,38	15,61	18,24	19,74
Fe ₂ O ₃	6,94	3,02	4,02	4,24	6,93	4,59	4,64	5,82	3,83	4,16
FeO	2,52	5,79	4,79	5,02	4,82	5,82	4,16	4,74	4,16	3,09
MnO	0,14	0,15	0,16	0,15	0,20	0,17	0,16	0,18	0,16	0,14
MgO	4,01	3,79	3,75	3,89	4,69	4,34	3,39	3,91	2,68	2,40
CaO	6,55	6,77	6,67	6,91	7,97	7,30	6,46	7,83	6,03	6,08
Na ₂ O	3,46	3,89	3,78	4,19	4,33	3,70	3,34	3,87	4,10	3,73
K ₂ O	5,64	5,10	5,90	5,64	2,98	5,60	5,62	4,15	5,47	5,73
P ₂ O ₅	0,38	0,48	0,55	0,63	0,74	0,65	0,52	1,09	0,58	0,42
P.F.	2,84	3,45	2,76	3,03	4,83	3,23	2,96	4,08	3,06	2,96
Soma	99,30	98,87	98,91	98,94	98,84	98,81	99,08	99,47	98,85	99,29
mg	48,4	47,8	47,8	47,5	46,6	46,5	45,5	44,6	42,0	41,9
I.A.										
Cr	38	29	39	64	79	106	25	32	18	19
Ni	23	18	21	26	39	38	1	8	5	11
Ba	1701	1344	1552	1737	2487	1776	1662	1260	1604	1507
Rb	150	99	115	135	91	148	115	84	97	106
Sr	1534	2511	1874	1938	1844	1701	2451	1166	1912	3321
La	88	89	97	102	132	100	84	127	104	93
Ce	153	150	166	176	230	179	152	248	178	158
Nd	69	62	69	68	96	71	71	108	73	63
Zr	299	214	273	356	436	345	273	369	303	38
Y	22	15	20	16	27	23	23	24	19	12
Nb	39	44	47	61	73	59	42	51	56	42
Or	33,33	31,13	34,86	33,33	17,61	33,09	33,21	24,52	32,32	33,86
Ab	10,19	8,89	5,52	4,26	10,98	0,99	11,18	17,81	13,75	12,41
An	11,08	14,46	11,09	8,00	12,99	8,35	15,83	12,96	15,21	20,19
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne	10,33	13,01	14,33	16,89	13,89	16,41	9,25	8,09	11,34	10,37
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	15,66	13,25	15,26	18,37	18,01	19,58	10,66	14,80	9,11	7,02
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ol	9,15	9,77	8,70	8,07	11,40	9,40	9,71	2,94	8,28	8,31
Mt	1,87	1,81	1,79	1,88	2,36	2,13	1,78	8,43	1,62	1,46
Hm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Il	3,34	2,75	3,00	3,30	4,48	3,76	2,92	3,26	2,73	2,37
Ap	0,90	1,13	1,30	1,49	1,75	1,53	1,23	2,58	1,37	0,99

Tabela 1 (cont.)

	PS101 F	PS102 F	PS89 F	3388 F	PS99 F	PS112 F	PS126 F	PS125 F	PS82 F	PS79 F
SiO ₂	48,68	47,05	52,21	52,08	52,18	50,77	49,24	49,46	50,93	51,04
TiO ₂	1,75	1,90	1,20	1,33	1,22	1,18	1,49	1,47	1,36	1,00
Al ₂ O ₃	16,50	15,87	18,86	16,84	19,24	18,88	18,36	18,23	18,45	20,15
Fe ₂ O ₃	3,56	4,15	2,68	5,71	2,82	2,33	2,75	2,65	2,90	2,38
FeO	4,23	4,43	3,23	1,68	3,63	3,73	5,07	5,09	4,70	3,72
MnO	0,16	0,14	0,13	0,12	0,13	0,14	0,15	0,14	0,15	0,12
MgO	3,40	3,73	2,55	2,95	2,57	2,27	2,55	2,48	2,28	1,62
CaO	5,80	6,73	4,89	4,87	4,87	4,65	5,43	5,35	5,07	5,36
Na ₂ O	5,33	3,66	4,48	5,36	4,42	4,41	4,23	4,23	4,39	3,74
K ₂ O	6,48	8,31	6,41	4,88	6,24	6,79	5,98	6,20	6,07	7,28
P ₂ O ₅	0,75	0,67	0,51	0,60	0,51	0,45	0,60	0,61	0,57	0,42
P.F.	2,47	2,39	2,16	3,39	1,40	3,64	3,12	3,10	2,17	2,38
Soma	99,11	99,06	98,40	99,81	99,23	99,24	98,97	99,01	99,04	99,21
mg	48,5	48,4	48,1	47,1	46,1	44,5	41,0	40,5	39,1	36,2
I.A.	0,96	0,95	0,76	0,84	0,73	0,78	0,73	0,75	0,75	0,70
Cr	54	51	27	0	24	8	15	25	26	8
Ni	19	21	5	3	2	3	7	5	9	3
Ba	2007	1871	1728	1206	1540	2048	1659	1678	1719	1474
Rb	137	251	135	108	144	152	100	114	129	217
Sr	1947	1572	1802	1718	56	2081	1734	1696	1675	1556
La	131	91	98	123	98	111	106	105	118	77
Ce	219	161	160	201	163	185	182	180	185	138
Nd	84	70	59	94	63	63	72	75	69	53
Zr	429	353	314	412	275	373	334	328	324	263
Y	33	16	23	26	22	15	17	15	27	23
Nb	85	60	62	57	56	69	57	57	59	47
Or	38,29	19,63	37,88	28,83	36,87	40,12	35,34	36,64	35,87	43,02
Ab	2,51	0,00	18,58	29,33	19,51	13,13	11,58	10,95	15,64	9,61
An	1,96	2,33	12,42	7,47	14,23	11,66	13,44	12,44	12,71	16,69
Lc	0,00	23,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne	23,06	16,77	10,46	8,67	9,69	13,09	13,11	13,45	11,64	11,93
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	18,12	22,05	6,80	9,93	5,30	6,86	8,00	8,45	7,31	5,87
Wo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ol	5,79	5,51	3,64	1,91	4,61	4,02	8,34	7,98	8,01	3,34
Mt	1,59	1,73	3,88	1,95	4,08	3,37	1,60	1,59	1,56	3,45
Hm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Il	3,32	3,60	2,27	2,52	2,31	2,24	2,82	2,79	2,58	1,89
Ap	1,77	1,58	1,20	1,42	1,20	1,06	1,42	1,44	1,35	0,99

Tabela 1 (cont.)

	PS36 F	PS105 F	PS39 F	PS67 F	PS37 F	PS29 F	PS35 F	3377 F	PS115 FP	PS17 FP
SiO ₂	49,80	53,72	50,07	51,35	55,13	57,62	55,71	55,13	52,14	53,78
TiO ₂	1,20	0,69	1,06	0,80	0,74	0,60	0,72	0,32	0,25	0,17
Al ₂ O ₃	18,32	19,39	18,59	19,37	19,01	19,52	19,07	20,81	20,38	21,13
Fe ₂ O ₃	2,58	2,11	3,68	2,29	1,92	1,20	1,61	1,70	1,61	1,65
FeO	3,38	1,65	1,14	1,97	1,39	1,75	1,67	0,68	1,04	0,79
MnO	0,17	0,15	0,24	0,16	0,12	0,09	0,13	0,12	0,15	0,17
MgO	1,24	0,77	0,94	0,80	0,51	0,45	0,42	0,20	0,06	0,00
CaO	5,91	4,24	3,77	4,41	3,01	2,59	2,85	2,32	1,53	0,83
Na ₂ O	7,00	6,52	6,78	7,10	5,93	6,63	6,51	7,89	12,86	11,40
K ₂ O	5,28	6,32	5,20	5,69	6,99	7,45	7,14	5,45	4,86	7,04
P ₂ O ₅	0,42	0,21	0,09	0,18	0,11	0,14	0,13	0,07	0,01	0,00
P.F.	4,00	3,82	7,97	5,45	4,47	1,59	3,70	5,25	4,85	2,92
Soma	99,30	99,59	99,53	99,57	99,33	99,63	99,66	99,93	99,74	99,88
mg	35,6	30,8	30,3	29,0	25,2	24,6	21,7	16,8		
I.A.	0,94	0,90	0,90	0,92	0,91	0,97	0,97	0,91	1,30	1,25
Cr	41	7	20	8	7	12	9	0	13	5
Ni	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	1254	1643	2335	1547	1711	1076	1151	898	187	16
Rb	109	117	147	103	151	152	159	114	118	186
Sr	2845	2281	1110	3771	1319	1284	2165	1680	1846	782
La	116	147	150	123	96	91	97	98	178	137
Ce	189	194	257	185	136	136	136	159	235	168
Nd	78	82	95	61	51	43	43	35	54	30
Zr	624	584	737	602	520	531	627	542	1113	773
Y	32	23	36	27	21	15	23	12	6	2
Nb	85	102	117	76	69	65	75	65	97	109
Or	31,20	37,34	30,73	33,62	41,30	44,02	42,19	32,20	28,72	41,60
Ab	10,32	22,33	23,22	19,46	26,30	26,27	25,16	33,05	17,06	9,58
An	2,97	4,97	4,93	4,17	4,60	1,50	1,72	5,27	0,00	0,00
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne	26,49	17,78	18,49	22,00	12,93	16,15	16,21	18,26	32,88	32,45
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,65	4,77
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,99	5,01
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	19,27	4,92	5,04	5,61	2,73	5,03	3,72	1,06	3,64	2,78
Wo	0,37	3,51	2,79	3,97	2,54	1,82	2,92	1,83	1,40	0,41
Ol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mt	1,21	3,05	1,38	3,32	2,73	1,73	2,33	1,65	0,00	0,00
Hm	0,00	0,00	2,72	0,00	0,03	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00
Il	2,27	1,31	2,01	1,51	1,40	1,13	1,36	0,60	0,47	0,32
Ap	0,99	0,49	0,21	0,42	0,26	0,33	0,36	0,16	0,02	0,00

Tabela 1 (cont.)

	PS55 FP	PS42 FP	PS57 FP	PS16 FP	PS26 FP	PS69 FP	PS25 FP	PS52 FP	PS108 FP	PS120 FP
SiO ₂	52,45	54,84	53,61	53,55	55,30	54,61	51,96	52,51	53,36	55,10
TiO ₂	0,64	0,22	0,33	0,24	0,13	0,14	0,52	0,71	0,44	0,14
Al ₂ O ₃	18,73	20,34	20,88	20,80	20,84	20,00	19,85	18,85	19,61	20,72
Fe ₂ O ₃	2,52	1,19	2,75	1,67	1,18	1,83	1,47	2,01	1,58	1,18
FeO	1,63	0,60	0,77	0,95	0,76	0,42	1,73	2,12	1,51	0,70
MnO	0,15	0,12	0,13	0,17	0,14	0,24	0,14	0,14	0,15	0,13
MgO	0,43	0,09	0,07	0,04	0,00	0,15	0,30	0,46	0,20	0,00
CaO	2,78	1,84	0,91	1,12	0,73	0,60	2,42	3,48	2,61	0,74
Na ₂ O	10,16	10,81	8,42	10,55	10,33	10,41	9,46	8,56	9,53	9,78
K ₂ O	6,29	6,73	11,10	7,15	7,09	5,91	6,35	6,73	5,64	6,49
P ₂ O ₅	0,13	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,12	0,21	0,10	0,00
P.F.	3,69	3,02	0,74	3,52	3,33	5,53	5,30	3,76	4,94	4,78
Soma	99,60	99,84	99,71	99,78	99,83	99,84	99,62	99,54	99,67	99,76
mg										
I.A.	1,25	1,23	1,23	1,20	1,18	1,18	1,13	1,13	1,11	1,11
Cr	5	6	7	6	3	6	11	13	15	0
Ni	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ba	1014	608	176	122	14	36	1440	938	923	15
Rb	114	144	190	166	199	211	146	140	99	180
Sr	2753	1904	1513	1029	151	161	2386	2226	2205	182
La	133	71	87	133	112	187	96	101	129	111
Ce	186	106	138	166	124	265	132	139	187	126
Nd	56	26	34	34	18	47	39	40	52	18
Zr	1129	688	1021	718	573	1007	886	652	869	412
Y	31	5	0	4	0	7	29	21	17	0
Nb	100	62	78	97	68	159	65	64	86	71
Or	37,17	39,77	33,39	42,25	41,90	34,92	37,52	39,77	33,33	38,35
Ab	9,18	15,44	0,00	9,56	16,62	22,94	1,19	8,49	19,15	21,80
An	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lc	0,00	0,00	25,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne	28,24	28,01	24,70	31,21	27,68	25,47	30,09	27,62	27,25	26,35
Ac	7,29	3,44	7,95	4,83	3,41	5,29	4,25	5,81	4,57	3,41
Ns	3,81	4,74	3,86	3,86	3,67	2,81	1,97	1,47	1,39	1,96
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	6,46	2,28	2,45	3,33	2,70	2,53	6,44	8,06	5,43	5,58
Wo	2,21	2,59	0,70	0,68	0,24	0,00	1,55	2,68	2,51	0,39
Ol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Mt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Il	1,21	0,41	0,62	0,45	0,24	0,26	0,98	1,34	0,83	0,26
Ap	0,30	0,09	0,00	0,04	0,00	0,00	0,28	0,49	0,23	0,00

Tabela 1 (cont.)

	PS23 FP	3381 FP	PS106 FP	PS94 FP	3383 FP	PS121 FP	3386 FP	3391 FP	PS38 FP	3393 FP
SiO ₂	52,16	54,53	52,87	46,31	54,00	55,07	55,97	52,15	45,65	52,88
TiO ₂	0,49	0,18	0,58	0,30	0,18	0,13	0,15	0,30	2,05	0,66
Al ₂ O ₃	20,23	21,53	19,23	17,26	21,47	21,01	21,57	20,74	16,84	19,68
Fe ₂ O ₃	1,23	1,32	1,86	1,10	1,42	1,28	1,65	1,97	1,13	1,59
FeO	2,00	0,77	1,88	1,40	0,71	0,61	0,50	0,85	6,66	2,07
MnO	0,15	0,13	0,14	0,12	0,13	0,12	0,13	0,15	0,27	0,14
MgO	0,23	0,07	0,41	0,11	0,11	0,00	0,06	0,16	1,62	0,75
CaO	2,34	0,99	3,23	1,43	1,18	0,79	0,90	1,52	7,59	3,47
Na ₂ O	9,96	10,37	8,75	7,53	10,28	9,41	10,08	10,75	7,42	8,22
K ₂ O	5,49	6,05	6,24	5,81	5,87	6,63	6,15	4,24	4,76	6,18
P ₂ O ₅	0,13	0,01	0,14	0,05	0,02	0,00	0,01	0,02	0,36	0,16
P.F.	5,15	3,97	4,25	18,32	4,55	4,78	2,80	7,07	4,44	3,96
Soma	99,56	99,92	99,58	99,74	99,92	99,83	99,97	99,92	98,79	99,76
mg										
I.A.	1,10	1,10	1,10	1,08	1,08	1,07	1,07	1,07	1,03	1,03
Cr	12	0	17	4	0	0	0	0	18	0
Ni	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
Ba	1333	71	1687	448	59	21	44	216	1068	829
Rb	121	179	123	196	164	178	177	97	116	127
Sr	2322	209	2907	1078	219	175	139	1448	2328	1839
La	102	128	103	107	126	110	135	115	179	124
Ce	135	174	151	136	185	131	183	179	334	208
Nd	37	30	46	33	28	20	24	46	137	65
Zr	643	790	568	688	682	492	786	634	755	646
Y	23	0	11	17	2	0	0	17	61	21
Nb	67	81	66	61	67	64	83	95	164	75
Or	32,44	35,75	36,87	34,33	34,69	39,18	36,34	25,05	20,05	36,52
Ab	16,55	20,14	12,92	13,94	19,82	20,97	23,02	24,67	0,00	15,23
An	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,32	0,00
Ne	30,84	30,83	27,76	23,01	31,38	27,18	29,08	31,63	32,56	27,94
Ac	3,55	3,81	5,38	3,18	4,10	3,70	4,77	5,69	2,34	2,40
Ns	1,56	1,47	0,87	0,85	1,06	0,99	0,73	0,32	0,00	0,00
Cs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	7,13	2,91	7,37	4,90	2,92	1,76	2,02	3,37	25,77	8,42
Wo	1,06	0,62	2,70	0,48	0,97	0,00	0,86	1,44	2,07	2,52
Ol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	1,09
Hm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Il	0,93	0,34	1,10	0,56	0,34	0,24	0,28	0,56	3,89	1,25
Ap	0,30	0,02	0,33	0,11	0,04	0,00	0,02	0,04	0,85	0,37

Le Bas et al., 1986). Quando projetados no diagrama AFM (Fig. 5), os dados demonstram a nítida tendência alcalina dessas rochas, bem como a inexistência de termos petrográficos primitivos juntos aos corpos amostrados, como já sugerido pela baixa concentração dos traços Cr e Ni.

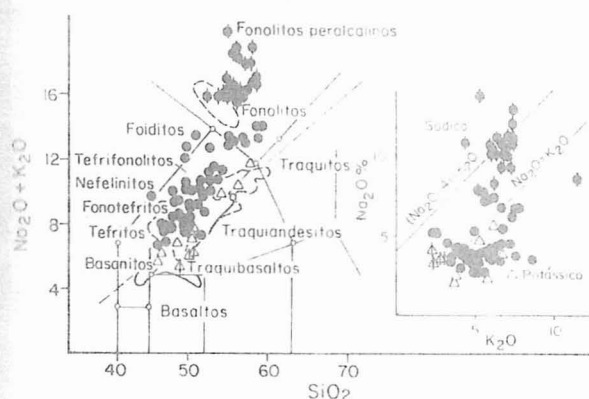


Figura 4 - Projeção dos diques de Sapukai no diagrama $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (Zanettin, 1986; Le Bas et al., 1986), com a linha superposta separando o campo das rochas alcalinas das fortemente alcalinas, segundo Saggerson & Williams (1964). A figura contém também os campos definidos para as rochas vulcânicas e plutônicas do complexo. Ao lado, gráfico $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$. Símbolos como na Fig. 3.

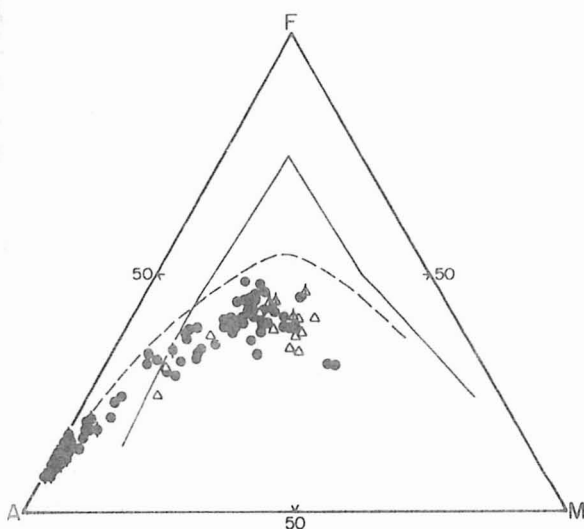


Figura 5 - Projeção dos diques de Sapukai no diagrama A ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) - F ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \times 0,9$) - M (MgO). Referências: sequências alcalina (linha tracejada) e toleítica (linha contínua) das rochas do Havai (MacDonald & Katsura, 1964). Símbolos como na Fig. 3.

Com base em afinidades químicas, os diques de Sapukai podem ser reunidos em duas associações litológicas principais:

1. Basaltos alcalinos e diferenciados.
2. Tefritos e diferenciados.

Por outro lado, os valores do índice agpaítico permitem reunir as rochas fonolíticas em dois grupos, fonolitos (I.A. < 1,0) e fonolitos peralcalinos (I.A. > 1,0).

As variações composicionais para as duas associações são mostradas nas Figuras 6-11, tendo como elementos de correlação os teores de MgO e de Zr.

Preliminarmente, pode-se notar junto à Associação 1 (Figs. 6 e 7, contendo também os campos composicionais dos tefritos e diferenciados e dos fonolitos peralcalinos), que alguns basaltos alcalinos (tipo B) apresentam-se caracteristicamente mais empobrecidos em certos componentes (TiO_2 , P_2O_5 , K_2O , Y, La, Nb, Nd, Zr e Ce) quando comparados às demais rochas do conjunto (tipo A). Em geral, observa-se nessas figuras que a diminuição de MgO faz-se acompanhar do concomitante aumento de SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , Ba, Rb, Y, La, Nb, Nd, Zr e Ce e do decréscimo de CaO, FeO total, TiO_2 , P_2O_5 , Ni e Cr. Nos diagramas relativos a Zr (Fig. 10), a distinção entre os dois tipos acima acha-se mais uma vez evidenciada (p.e., $\text{Zr}/\text{Ce} = 2,0 \pm 0,3$ e $1,1 \pm 0,1$; $\text{Zr}/\text{Nd} = 4,6 \pm 0,2$ e $2,1 \pm 1,7$; $\text{Zr}/\text{Y} = 14,8 \pm 2,9$ e $11,7 \pm 1,7$, respectivamente, para os tipos A e B) e, conquanto não fornecidos, os gráficos tendo Ce, La, Nd e Y, como parâmetros de referência, exibem igualmente essa diversidade. É ainda importante assinalar, como mostrado nos diagramas Zr vs. Cr e Ni, que os basaltos alcalinos do tipo A sugerem magmas primários com valores iniciais de Zr da ordem de 250 ppm e os do tipo B no intervalo de 50-70 ppm.

Nas Figuras 8 e 9, relacionando os vários componentes com MgO para a Associação 2 e que incluem, igualmente, os campos composicionais para os basaltos alcalinos e diferenciados, tem-se variação negativa para SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , Rb, Y, La, Nb, Zr e Ce e positiva para CaO, FeO total, TiO_2 , P_2O_5 , Ni e Cr com o conteúdo de MgO. Observa-se também que os fonolitos alcalinos acham-se projetados nas vizinhanças dos valores mais altos de SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , Rb, La, Nb e Zr e mais baixos de CaO, FeO total, TiO_2 , CaO, P_2O_5 , Ni, Cr e Ba. Adicionalmente, nos diagramas envolvendo Zr (Fig. 11), esse material situa-se, em alguns casos (Zr/La , Zr/Ce , Zr/Nd), muito à margem da zona de concentração das rochas da associação, com razões Zr vs. outros elementos incompatíveis muito elevadas. De registrar ainda

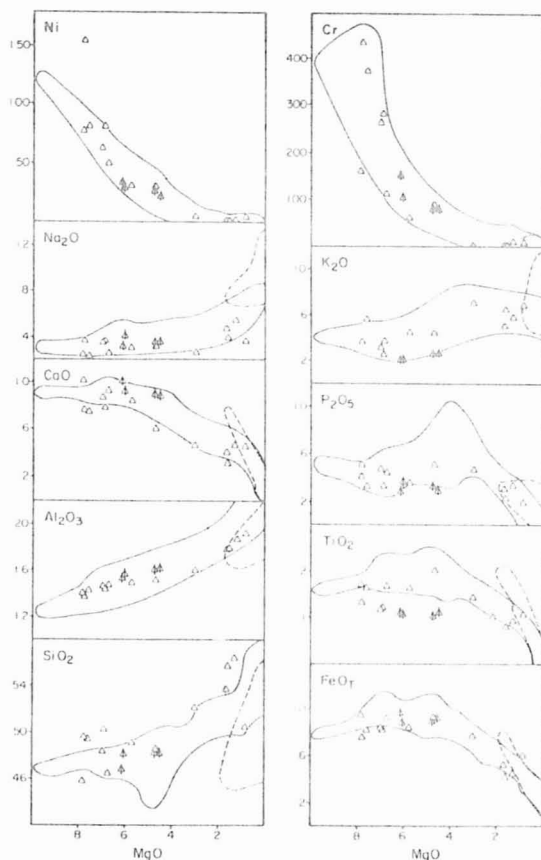


Figura 6 - Diagramas binários (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , Ni , FeO total, TiO_2 , P_2O_5 , K_2O e Cr vs. MgO) para os basaltos alcalinos e diferenciados de Sapukai. Os campos indicados referem-se aos tefritos e diferenciados (linha contínua) e fonolitos peralcalinos (linha tracejada). Símbolos como na Fig. 3.

que, não obstante a dispersão de pontos, as amostras da Associação 1 dispõem-se de forma a sugerir magmas parentais com valores iniciais de Zr da ordem de 200-300 ppm.

Os diagramas de variação química apresentados demonstram a possibilidade dos diferentes litotipos, pertencentes às associações discutidas, terem sido gerados por processos de cristalização fracionada. Com vistas à comprovação dessa hipótese, foram efetuados cálculos de balanço de massa para os elementos maiores (Wright & Doherty, 1970), bem como determinadas as concentrações dos traços de acordo com a lei de Rayleigh. Os dados obtidos confirmam que, junto à Associação 1, a transformação dos basaltos alcalinos a traquibasaltos, respeitados os níveis de concentração dos elementos incompatíveis, é perfeitamente plausível quer para os maiores, quer para os traços. Contudo, a passagem

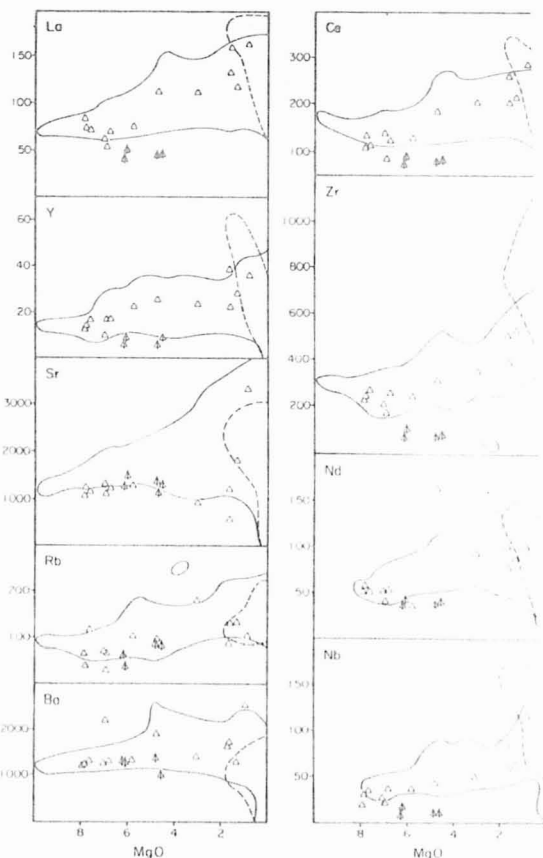


Figura 7 - Diagramas binários (Ba , Rb , Sr , Y , La , Nb , Nd , Zr e Ce vs. MgO) para os basaltos alcalinos e diferenciados de Sapukai. Os campos indicados referem-se aos tefritos e diferenciados (linha contínua) e fonolitos peralcalinos (linha tracejada). Símbolos como na Fig. 3.

dos basaltos alcalinos ou traquibasaltos a traquandesitos deixa a desejar, enquanto que a transição dos traquibasaltos a traquifonolitos e a traquitos é apenas parcialmente viável. Para a Associação 2, os resultados são plenamente satisfatórios no tocante à passagem dos tefritos a fonolitos e destes para os fonolitos menos evoluídos. Já a derivação dos fonolitos peralcalinos a partir de material fonolítico pouco evoluído ou mesmo evoluído apresenta somente bons resultados a nível de elementos maiores, uma vez que os valores calculados para os traços são em geral muito mais altos que os observados.

Em resumo, pode-se dizer que uma evolução por cristalização fracionada é apenas compatível para as transformações dos basaltos alcalinos a traquibasaltos e dos tefritos a fonolitos pouco evoluídos. No primeiro caso, as fases extraídas consistiriam, principalmente, em clinopiroxênio, plagioclásio, olivina e magnetita, en-

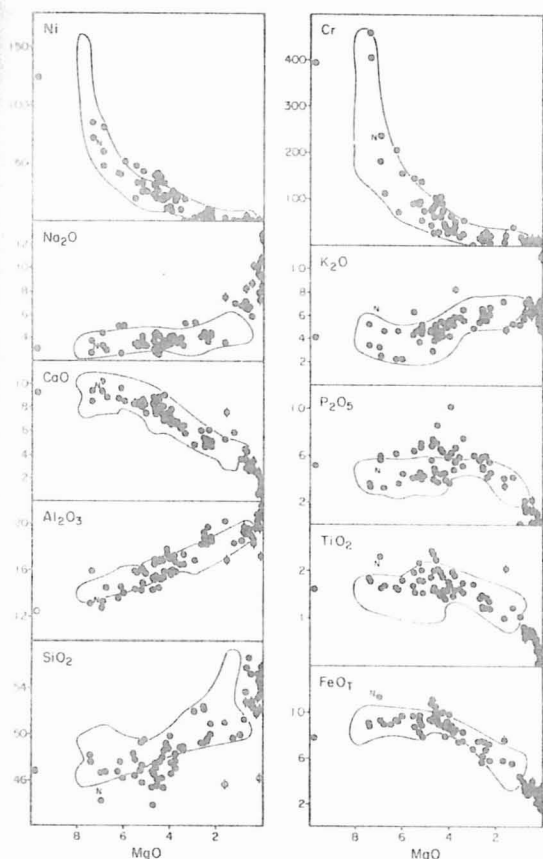


Figura 8 – Diagramas binários (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , Ni , FeO total, TiO_2 , P_2O_5 , K_2O e Cr vs. MgO) para os tefritos e diferenciados e fonolitos peralcalinos de Sapukai. O campo indicado refere-se aos basaltos alcalinos e diferenciados. N representa amostra de nefelinito. Símbolos como na Fig. 3.

quanto que, no segundo, poderia aparecer também leucita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade alcalina associada à Província Central do Paraguai é das mais significativas na medida em que se parece estender por amplo intervalo de tempo, cobrindo desde o período anterior ao magmatismo toleítico da Bacia do Paraná até uma fase mais recente, de idade Terciária, e representada pelas diversas ocorrências de rochas ultra-alcalinas (nefelinitos e ankaratritos) aflorando nas adjacências de Assunção.

Como já demonstrado, e da mesma forma para o maciço de Acahay (Comin-Chiaramonti et al., 1990), não muito distante, as rochas de Sapukai possuem caráter marcadamente potássico, contrastando assim com o material alcalino terciário

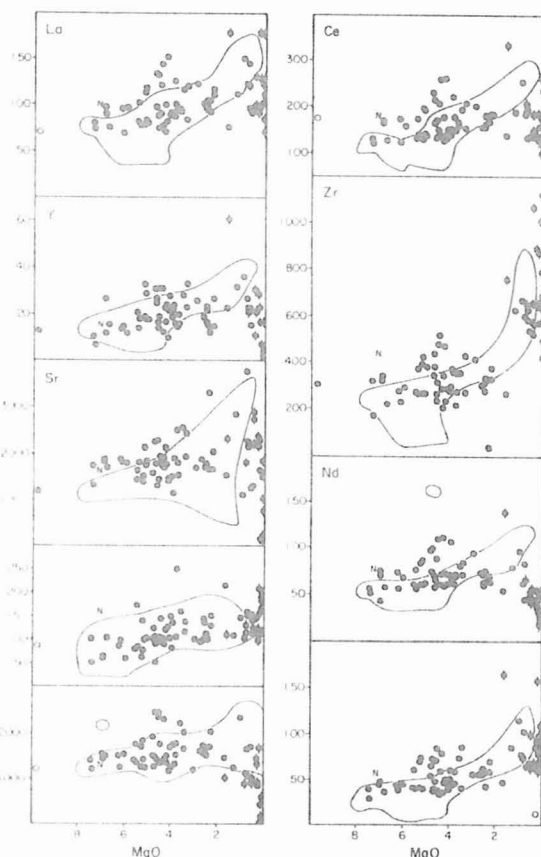


Figura 9 – Diagramas binários (Ba , Rb , Sr , Y , La , Nb , Nd , Zr e Ce vs. MgO) para os tefritos e diferenciados + fonolitos peralcalinos de Sapukai. O campo indicado refere-se aos basaltos alcalinos e diferenciados. Símbolos como na Fig. 3.

(Comin-Chiaramonti et al., 1991) de natureza eminentemente sódica.

Dados isotópicos preliminares (Bitschene, 1987; citação em Comin-Chiaramonti et al., 1991) fornecem para as alcalinas da porção central do Paraguai (área de Sapukai-Ybyturuzú) valores de R_0 ($0,7073 \pm 0,0003$, idade 128 ± 8 Ma) superiores àqueles obtidos para os nefelinitos de Assunção ($0,7036$ - $0,7039$, cf. Comin-Chiaramonti et al., 1991), sugerindo com isso que muito possivelmente a formação dessas rochas tenha se dado a partir de fontes mantélicas diferentes. Idêntica conclusão emerge da análise do comportamento geoquímico dos vários elementos (De Min, 1988), com o Nb, por exemplo, exibindo pronunciada anomalia negativa nas rochas dos diques ($\text{K}/\text{Nb}_n = 1,14$ - $2,83$, $\text{La}/\text{Nb}_n = 1,70$ - $2,68$), ao contrário do sucedido nos nefelinitos ($\text{K}/\text{Nb}_n = 0,33$ - $0,36$, $\text{La}/\text{Nb}_n = 0,95$ - $1,05$). Contudo, à vista da falta de maiores informações isotópicas relativa-

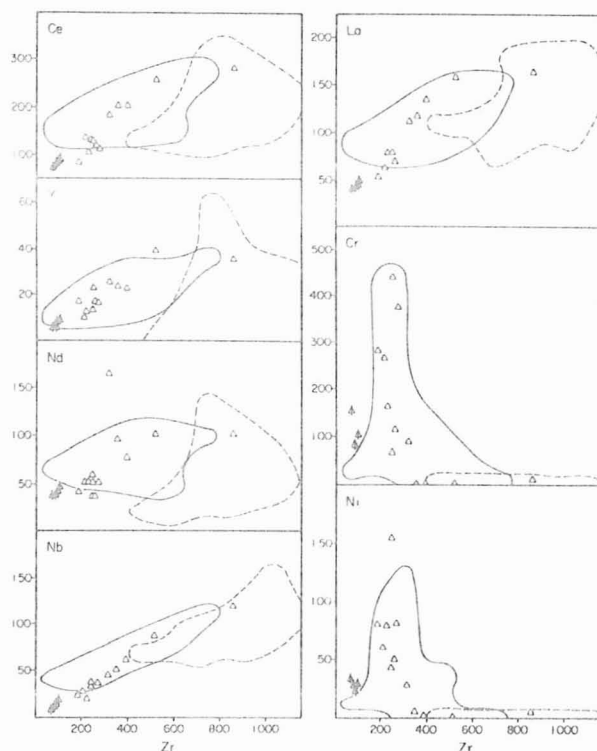


Figura 10 - Diagramas binários (Nb, Nd, Y, Ce, Ni, Cr e La vs. Zr) para os basaltos alcalinos e diferenciados de Sapukai. Os campos indicados referem-se aos tefritos e diferenciados (linha contínua) e fonolitos peralcalinos (linha tracejada). Símbolos como na Fig. 3.

mente ao primeiro material, não pode ser excluída a hipótese de que essa anomalia seja devida a processos de contaminação crustal ocorridos por ocasião da ascensão do material magmático.

Os diagramas de variação e os cálculos de balanço de massa evidenciam que as duas associações litológicas presentes nos diques não se acham relacionadas entre si por processos de cristalização fracionada. Em realidade, como já assinalado, esses processos tomados isoladamente não conseguem explicar de forma satisfatória as muitas particularidades comuns a cada uma daquelas associações, onde se distinguem, por exemplo, diversos tipos de basaltos alcalinos (A e B, respectivamente, ricos e pobres em elementos incompatíveis) ou mesmo fonolitos exibindo grau variável de evolução. Este quadro abre a perspectiva de que os vários magmas alcalinos representados na área possam ter tido uma evolução, de baixa pressão, ligada a uma fonte mantélica (peridotito à granada, a julgar pelos valores elevados da razão La/Y; fonte esta também admitida para as rochas do maciço de Acahay, a poucos quilôme-

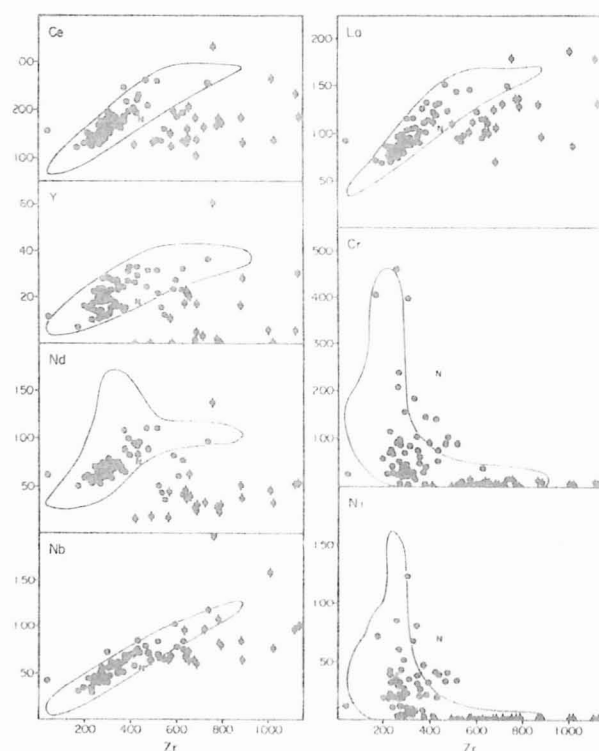


Figura 11 - Diagramas binários (Nb, Nd, Y, Ce, Ni, Cr e La vs. Zr) para os tefritos e diferenciados e fonolitos peralcalinos de Sapukai. O campo indicado refere-se aos basaltos alcalinos e diferenciados. N representa amostra de nefelinito. Símbolos como na Fig. 3.

tros de distância, cf. Comin-Chiaromonte et al., 1990) submetida a grau diferente de fusão. Contudo, apesar da limitação dos dados disponíveis no momento, conclusões preliminares alcançadas por De Min (1988) parecem apontar no sentido de que o material constituinte dos diques seja muito provavelmente proveniente de mais de uma fonte.

Ressalvado o fato de o magmatismo alcalino, que encontra sua maior manifestação, sobretudo, junto às porções periféricas da Bacia do Paraná, ser ainda no seu todo pouco conhecido, a atividade filoniana associada ao complexo de Sapukai parece se revestir de caráter único, a julgar pela quantidade numerosa de corpos existentes na área, notadamente nas imediações das localidades de Sapukai e Gral. Bernardino Caballero, formando complexa rede de diques onde é possível reconhecer-se pelo menos quatro fases distintas de geração de material.

Por outro lado, a correlação petrográfica e química dos diques a rochas ou grupos de rochas, comuns a outras ocorrências alcalinas associadas àquela bacia, constitui

tarefa das mais difíceis à vista da grande complexidade do distrito, portando material altamente diversificado, além de representativo de distintos ambientes de formação (vulcânico, intrusivo e naturalmente hipobissal), e das limitações apontadas. Uma primeira avaliação sugere que Sapukai poderia ser tomada como um exemplo da reunião dos tipos IV e V de Ulbrich & Gomes (1981), caracterizando, respectivamente, uma associação máfica-ultramáfica alcalina de natureza sobretudo gábrica (contendo também rochas intermediárias, sienogabros e sienodioritos, e em alguns casos sienitos e álcali sienitos como variedades dominantes) e uma associação basalto alcalino-traquito-fonolito (tinguaíto) que se manifesta na forma de diques, sills, pequenos "stocks" e chaminés. Por exemplo, a nível de território brasileiro, os representantes deste último tipo, ainda que possam ser considerados de menor importância geológica, são mais numerosos que os primeiros, além de disseminados por várias regiões. Das ocorrências conhecidas do tipo V, apenas a de Piratini foi objeto de investigações mais minuciosas, inicialmente por Barbieri (1971, 1978, 1980) e, mais tarde, por Barbieri et al. (1987). Segundo estes últimos, a suíte fonolítica de Piratini, correspondendo a dezenas de corpos (condutos, diques) que afloram no embasamento precambriano riograndense e mostrando idade média K/Ar de 84,6 Ma, além de razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ compreendida no intervalo de 0,70461-0,70568, acha-se representada por três agrupamentos principais que se distinguem petrográfica e quimicamente: fonolitos tefríticos, fonolitos e fonolitos peralcalinos. Contudo, ao contrário do que se verifica em Sapukai, onde os termos basálticos ocorrem associados aos tipos tefríticos e fonolíticos e onde o caráter químico dos litotipos é marcadamente potássico, as rochas de Piratini, no conjunto, mais evoluídas que as anteriores, são caracteristicamente mais sódicas, como também evidenciado pelo quimismo dos seus minerais.

AGRADECIMENTOS

Estes são devidos às agências brasileiras (FAPESP - Procs. 88/1214-0 e 88/0049-6; FINEP - Proc. 43.88.0690.00) e italianas (CNR e MPI) pelo apoio financeiro prestado. Os autores agradecem também a G. Mezzacasa, P. Da Roit e A. Giaretta, da Universidade de Pádua, e a R. Zettin e

G.P. Harres, da Universidade de Trieste, pela colaboração técnica e analítica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, G.; BUSHEE, J.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. (1967) Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 31: 117-142.
- BARBIERI, M.; BECCALUVA, L.; BROTZU, P.; CONTE, A.; GARBARINO, C.; GOMES, C.B.; LOSS, E.L.; MACCIOTTA, G.; MORBIDELLI, L.; SCHEIBE, L.F.; TAMURA, R.M.; TRAVERSA, G. (1987) Petrological and geochemical studies of alkaline rocks from continental Brazil. 1. The phonolite suite from Piratini, RS. *Geochim. Brasil.*, 1: 109-138.
- BELLIENI, G.; BROTZU, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; MELFI, A.J.; PACCA, I.G.; PICCIRILLO, E.M.; STOLFA, D. (1983) Petrological and paleomagnetic data on the plateau basalt to rhyolite sequences of the southern Paraná. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, 55: 355-383.
- BITSCHENE, P.R. (1987) Mesozoischer und Känozoischer anorogener Magmatismus in OstParaguay: arbeiten zur geologie und petrologie zweier alkaliprovinsen. PhD Thesis, University of Heidelberg, 317 p. (inédito).
- BITSCHENE, P.R. & LIPPOLT, H. (1984) Geologie der Cordillera del Ybyturuzú in OstParaguay. Ein mesozoischer alkali-intrusiv-komplex am westrand des Paraná-Beckens. 9. Geowiss. Lateinamerika-Koll., Marburg, Tag.-Heft, 33-34.
- CENSI, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; LONGINELLI, A.; DEMARCHI, G. (1989) Geochemistry and C-O isotopes of the Chiriguelo carbonatite (North-Eastern Paraguay). *J. South Amer. Earth Sci.*, 2: 295-303.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; DEMARCHI, G.; GIRARDI, V.A.V.; PRINCIVALLE, F.; SINIGOI, S. (1986) Evidence of mantle metasomatism and heterogeneity from peridotite inclusions of northeastern Brazil and Paraguay. *E.P.S.L.*, 77: 203-217.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; CIVETTA, L.; PETRINI, R.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; CENSI, P.; BITSCHENE, P.R.; DEMARCHI, G.; DE MIN, A.; GOMES, C.B.; CASTILLO, A.M.C.; VELAZQUEZ, J.C. (1991) Tertiary nephelinitic magmatism in Eastern Paraguay: Petrology, Sr-Nd isotopes and genetic relationship with associated spinel-peridotite xenoliths. *European J. Mineral.* (no prelo).
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; CASTILLO, A.M.C.; DEMARCHI, G.; GALLO, P.; VELAZQUEZ, J.C. (1990) Petrologia do

- maciço alcalino de Acahay, Paraguai Oriental. *Rev. Bras. Geoc.* (no prelo).
- COMTE, D. & HASUI, Y. (1971) Geochronology of Eastern Paraguay by the potassium-argon method. *Rev. Bras. Geoc.*, 1: 33-43.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRAND-CLAUDE, P.; MARCHAL, M. (1980) A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major-element analyses: its relationship with current nomenclature. *Chem. Geol.*, 29: 183-210.
- DE MIN, A. (1988) Studio petrologico e geochimico dell'attività filoniana alcalina di Sapukai (Paraguay). Dissertação de conclusão do Curso de Ciências Geológicas. Universidade de Trieste, Itália, 206p. (inédito).
- DE VITO, P. (1987) Studio petrologico di xenoliti peridotici del Paraguay: implicazioni relative al metasomatismo di mantello. Dissertação de conclusão do Curso de Ciências Geológicas. Universidade de Trieste, Itália, 210p. (inédito).
- DEMARCHI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; DE VITO, P.; SINIGOI, S.; CASTILLO, A.M.C. (1989) Lherzolite-dunite xenoliths from Eastern Paraguay: petrological constraints to mantle metasomatism. In: E.M. Piccirillo & A.J. Melfi (Eds.) *The Mesozoic Flood Volcanism from the Paraná Basin (Brazil): petrogenetic and geophysical aspects*. IAG/USP, São Paulo, p. 207-227.
- EBY, N.G. & MARIANO, A.N. (1986) Geology and geochronology of carbonatites peripheral to the Paraná Basin, Brazil-Paraguay. *Carbonatites Symposium*, Ottawa, 1986, 13p.
- ECKEL, E.B. (1959) Geology and mineral resources of Paraguay, a reconnaissance. *U.S. Geol. Surv., Prof. Paper*, 327, 110p.
- HARRINGTON, H. (1950) Geologia del Paraguay Oriental. *Fac. Ci. Exac., Fis. Nat., Contr. Cient., Ser. E, Geol.*, 1: 1-88.
- LE BAS, M.J.; LE MAITRE, R.W.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the Total Alkali-Silica diagram. *J. Petrol.*, 27: 745-750.
- LIVIERES, R.A. & QUADE, H. (1987) Distribución regional y asentamiento tectónico de los complejos alcalinos del Paraguay. *Zbl. Geol. Palaont., Teil I*, H.7/8, 791-805.
- MACDONALD, G.A. & KATSURA, T. (1964) Chemical composition of Hawaiian lavas. *J. Petrol.*, 5: 82-133.
- PALMIERI, J.H. (1973) El complejo alcalino de Sapukai (Paraguay Oriental). Tese. Universidad de Salamanca, Espanha (inédito).
- PALMIERI, J.H. & ARRIBAS, A. (1975) El complejo alcalino-potásico de Sapukai (Paraguay Oriental). *Congr. Ibero-Amer. Geol. Econ.*, Buenos Aires, Anais, 2: 267-300.
- PALMIERI, J.H. & VELAZQUEZ, J.C. (1982) Geologia del Paraguay. Col. Apoyo a Cátedra, Asunción. Ediciones Napa, 65p. (inédito).
- PUTZER, H. (1962) Die geologie von Paraguay. *Beitr. Reg. Geol. Erde*, 2, 182p.
- PUTZER, H. & VAN DEN BOOM, G. (1961) Über einige Vorkommen von Alkaligesteinen in Paraguay. *Geol. Jb.*, 79: 423-444.
- RIBEIRO, M. (1971) Uma província alcalina no Rio Grande do Sul. I. Estudos preliminares. *Iheringa (Geologia)*, 4: 59-71.
- RIBEIRO, M. (1978) Structural setting of some alkaline pipes in Rio Grande do Sul shield. *International Symposium on Carbonatites, Poços de Caldas, Brazil, Proceedings*, p. 171-175.
- RIBEIRO, M. (1980) Geossuturas do escudo do Rio Grande do Sul. XXXI Congr. Bras. Geol., Camboriú, SC, Anais, 5: 2709-2718.
- SAGGERSON, E.P. & WILLIAMS, L.A.J. (1964) Ngurumanite from South Kenya and its bearing on the origin of rocks in the northern Tanganyika alkaline district. *J. Petrol.*, 5: 40-81.
- SONOKI, I.K. & GARDA, G.M. (1989) Idades K/Ar de rochas alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: compilação e adaptação às novas constantes de decaimento. *Bol. IG/USP, Sér. Cient.*, 19: 63-86.
- STEIGER, R.H. & JAGER, E. (1978) Subcommittee on Geochronology: convention on the use of decay constants in geochronology and cosmochronology. Contribution to the geologic time scale. *Am. Assoc. Petr. Geol., Studies in Geology*, 6: 67-71.
- STORMER, J.C.; GOMES, C.B.; TORQUATO, R.F. (1975) Spinel lherzolite nodules in basaltic lavas from Asunción, Paraguay. *Rev. Bras. Geoc.*, 5: 176-185.
- ULBRICH, H.H.G.J. & GOMES, C.B. (1981) Alkaline rocks from continental Brazil: a review. *Earth Sci. Rev.*, 17: 135-154.
- WRIGHT, T.L. & DOHERTY, P.C. (1970) A linear programming and least squares computer method for solving petrologic mixing problems. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 81: 1995-2008.
- ZANETTIN, B. (1986) Classificazione chimica delle rocce vulcaniche mediante il diagramma TAS (total alkali-silica). *Rend. Soc. Ital. Min. Petrol.*, 41: 193-200.