



## PETROLOGIA DAS SOLEIRAS DE DIABÁSIO DE RESERVA E SALTO DO ITARARÉ, PR

V. Maniesi<sup>1</sup>, M.A.F. Oliveira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pós-graduando no Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Av. 24A, 1.515, Caixa Postal 178, CEP 13.500-970, Rio Claro, SP

<sup>2</sup>Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Av. 24A, 1.515, Caixa Postal 178, CEP 13.500-970, Rio Claro, SP

Recebido em 07/96; aprovado para publicação em 03/97

### ABSTRACT

*The Reserva and Salto do Itararé sills, Paraná State, Brazil, are intruded in Paleozoic sedimentary rocks of the Paraná Basin, during the Early Cretaceous basaltic flood volcanism. They belong to the Ponta Grossa Arc, one of them (Reserva sill) in the central axial zone, and the other one (Salto do Itararé sill) in the northern zone.*

*The thickness of the intrusive bodies is variable. Reserva sill is 148 to 200 m thick, and Salto do Itararé sill is 100 m thick. The lithologies vary from olivine diabase to granophyre.*

*Reserva and Salto do Itararé sills are chemically composed of tholeiitic basalts, lati-basalts, andesi-basalts, andesites, lati-andesites, dacites and rhyolites.*

*Fractional crystallization process may partly account for the differentiation of the different basic and intermediate magma types. However, acid terms represent a residual liquid, containing foreign mineral phases.*

*Comparison of chemical compositions of Reserva and Salto do Itararé sills and those of the volcanics of Paraná Basin, show a strong similarity of the sills with high titanium ( $TiO_2 > 2\%$ ) basalts from the northern part of the basin.*

### RESUMO

*As soleiras de diabásio, situadas nos municípios de Reserva e Salto do Itararé/PR, encontram-se alojadas em rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná, sendo associadas ao vulcanismo basáltico fissural que afetou a bacia em tempos cretáceos. Estão inseridas no contexto do Arco de Ponta Grossa, em sua porção central, próximo ao eixo (Reserva) e na porção norte do arco (Salto do Itararé).*

*As espessuras desses corpos são variadas, atingindo cerca de 200 metros na Soleira de Reserva e 100 metros na de Salto do Itararé. Petrograficamente, são constituídos por litotipos desde olivina diabásios até granófiros.*

*As soleiras de Reserva e Salto do Itararé possuem natureza toleítica, sendo composicionalmente representadas por basaltos subalcalinos, lati-basaltos, andesi-basaltos, andesitos, lati-andesitos, dacitos e riolitos.*

*A cristalização fracionada foi um importante processo na evolução dos tipos básicos para intermediários. Os termos ácidos, no entanto, representam o líquido residual final associado a fases minerais em desequilíbrio.*

*As composições químicas das rochas das soleiras de Reserva e Salto do Itararé mostram uma maior afinidade com os basaltos de alto titânio ( $TiO_2 > 2\%$ ) da região norte da bacia do Paraná.*

## INTRODUÇÃO

As soleiras de Reserva e Salto do Itararé estão relacionadas ao fenômeno de ativação tectono-magmática da Plataforma Sul-Americana, ligado à abertura do Atlântico-Sul. Como consequência desse fenômeno, ocorreu atividade magmática na Bacia do Paraná, sendo denominado por Almeida (1967) como Reativação Waldeniana. Estudos geocronológicos mais recentes (Renne *et al.*, 1992; Turner *et al.*, 1994) mostram idades cretáceas para esse magmatismo.

Essas soleiras estão localizadas no estado do Paraná (Fig. 1) e foram estudadas com base em dados de campo, petrográficos e químicos, visando um melhor entendimento do magmatismo intrusivo da Bacia do Paraná.

## ASPECTOS DO MAGMATISMO DA BACIA DO PARANÁ

As rochas vulcânicas da Bacia do Paraná compõem a Formação Serra Geral de White (1908), sendo caracterizadas por uma seqüência de derrames de lavas que atingiram a superfície por um mecanismo de alívio de pressão sem manifestações violentas, exceto em casos isolados, através de fendas de tensão (Almeida, 1964). Esse vulcanismo é interpretado como reflexo do fenômeno que levou a separação dos continentes e conseqüente abertura do Oceano Atlântico Sul (e.g. Minioli *et al.*, 1971; Petri & Fúlfaro, 1983).

Estudos químicos realizados em rochas da Formação Serra Geral permitiram visualizar uma distribuição geográfica dessas rochas e a divisão

de três grandes regiões: (1) região sul, que corresponde à porção a sul do lineamento do Rio Uruguai; (2) região central, aquela entre os lineamentos do Rio Uruguai e Rio Piquiri, e (3) região norte, porção a norte do lineamento Rio Piquiri (Bellieni *et al.*, 1984a; Bellieni *et al.*, 1986a, 1986b; Piccirillo *et al.*, 1987, 1988).

Nesses trabalhos, é, também, demonstrado que os basaltos da Bacia do Paraná podem ser considerados composicionalmente homogêneos, apenas de maneira muito geral, sendo subdivididos em dois grandes grupos que são caracterizados por dois tipos de basaltos toleíticos distintos, com diferenças significativas quanto às suas composições químicas. Os dois grupos podem ser distinguidos por seus contrastes de baixas (< 2%) e altas (> 2%) concentrações de  $TiO_2$  e elementos incompatíveis como Ba, La, Ce, Zr e Y.

As rochas básicas com

baixa concentração em  $TiO_2$  ocorrem, principalmente, na região sul da bacia (93% da atividade básica), enquanto as de alto  $TiO_2$  predominam (94% da atividade básica) na região norte da bacia. Na região central, ambos os tipos de basaltos são encontrados associados numa mesma seqüência vulcânica.

Por outro lado, o magmatismo intrusivo relacionado aos derrames vulcânicos da Bacia do Paraná caracteriza-se pela sua composição basáltica, sendo representado, predominantemente, por diques e soleiras.

As intrusões na forma de soleiras são do Cretáceo Inferior (Melfi, 1967; Turner *et al.*, 1994) sendo, aproximadamente, contemporâneas com a atividade vulcânica. Ocorrem, no interior da Bacia do Paraná, alojadas, principalmente, nos sedimentos paleozóicos em seus diferentes níveis estratigráficos. Aparecem condicionadas pelos

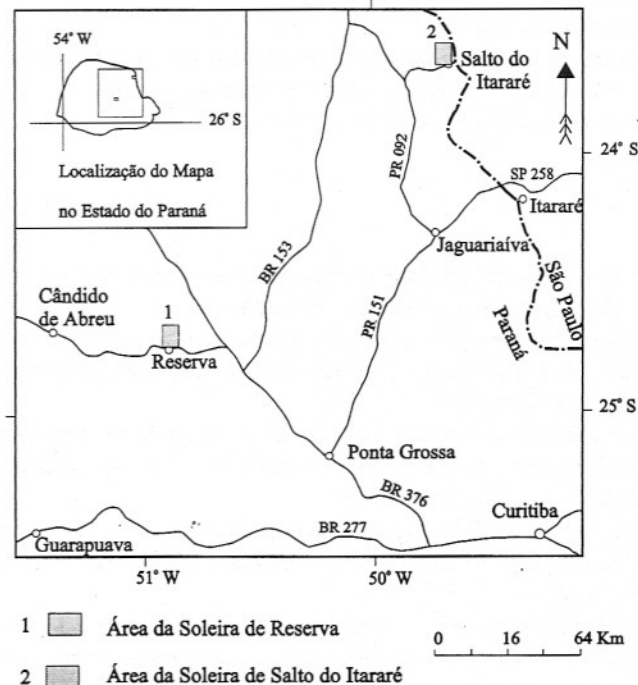


Figura 1 - Mapa de localização das áreas estudadas.

fatores estratigráficos e tectônicos, como sugerido por Soares (1981).

O condicionamento estratigráfico das soleiras é revelado pela existência de níveis preferenciais de intrusão. Em ordem de maior frequência, têm-se os seguintes níveis: Formação Irati (em toda a bacia), Formação Botucatu (em São Paulo e no Rio Grande do Sul) e formações Serra Alta-Terezina (Paraná e Santa Catarina).

O condicionamento tectônico refere-se a áreas em que o esforço de compressão horizontal apresenta-se como esforço máximo, sendo que acima de um determinado nível há dificuldade de formação de diques, favorecendo a intrusão concordante. Onde o esforço vertical é maior que o horizontal, é favorecida a formação de diques na direção do mínimo esforço (tensão).

Por outro lado, estudos realizados por Chang *et al.* (1992) sugerem um envolvimento de acomodação de deformação pela rotação da América do Sul em relação à África, ocasionando direção de extensão NE-SW e injeção de diques orientados segundo a direção NW-SE.

## SOLEIRAS DE RESERVA E SALTO DO ITARARÉ

### Geologia

#### *Generalidades e características comuns*

No âmbito geológico regional, as soleiras de Reserva e Salto do Itararé posicionam-se na faixa de rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná, no contexto do Arco de Ponta Grossa. A Soleira de Reserva

encontra-se junto ao alinhamento estrutural definido por Ferreira (1982) como Rio Alonso, no setor central do arco, enquanto a Soleira de Salto do Itararé está localizada entre os alinhamentos estruturais de Guapiara (Ferreira *et al.*, 1981) e São Jerônimo-Curiúva (Ferreira, 1982), no setor norte do Arco de Ponta Grossa.

Ambas as soleiras apresentam falhas e fraturas de direção preferencial NW-SE e, subordinadamente, NE-SW, sendo que os falhamentos são de caráter normal com rejeitos modestos. Essas estruturas podem representar o ajuste de blocos, derivado da fragmentação do embasamento cristalino, ou relacionar-se à história de resfriamento da soleira. Em uma terceira hipótese, essas estruturas podem estar relacionadas ao tectonismo ocorrido no Arco de Ponta Grossa, em função de seu possível soerguimento ou pela acomodação da deformação, onde Chang *et al.* (1992) relacionam a direção de extensão NE-SW à entrada de diques.

De um modo geral, as intrusões mostram ângulos de mergulho em torno de 1-2 graus para oeste, exceto quando são afetadas por falhamentos, observando-se, então, um acentuado aumento nos mergulhos.

Seus contatos são concordantes e bruscos e, em certos locais, aparecem de forma discordantes, com ou sem a presença de falhamentos. Também, observam-se, nas soleiras de Reserva e Salto do Itararé, auréolas de contato nas encaixantes devido ao efeito termal quando da intrusão do corpo. Essas auréolas, freqüentemente, alcançam dimensões decimétricas, formadas por rochas de granulação fina, com aspecto de "cozimento", como

já verificado em outras soleiras de diabásio da Bacia do Paraná por Girardi *et al.* (1978).

### *Soleira de Reserva*

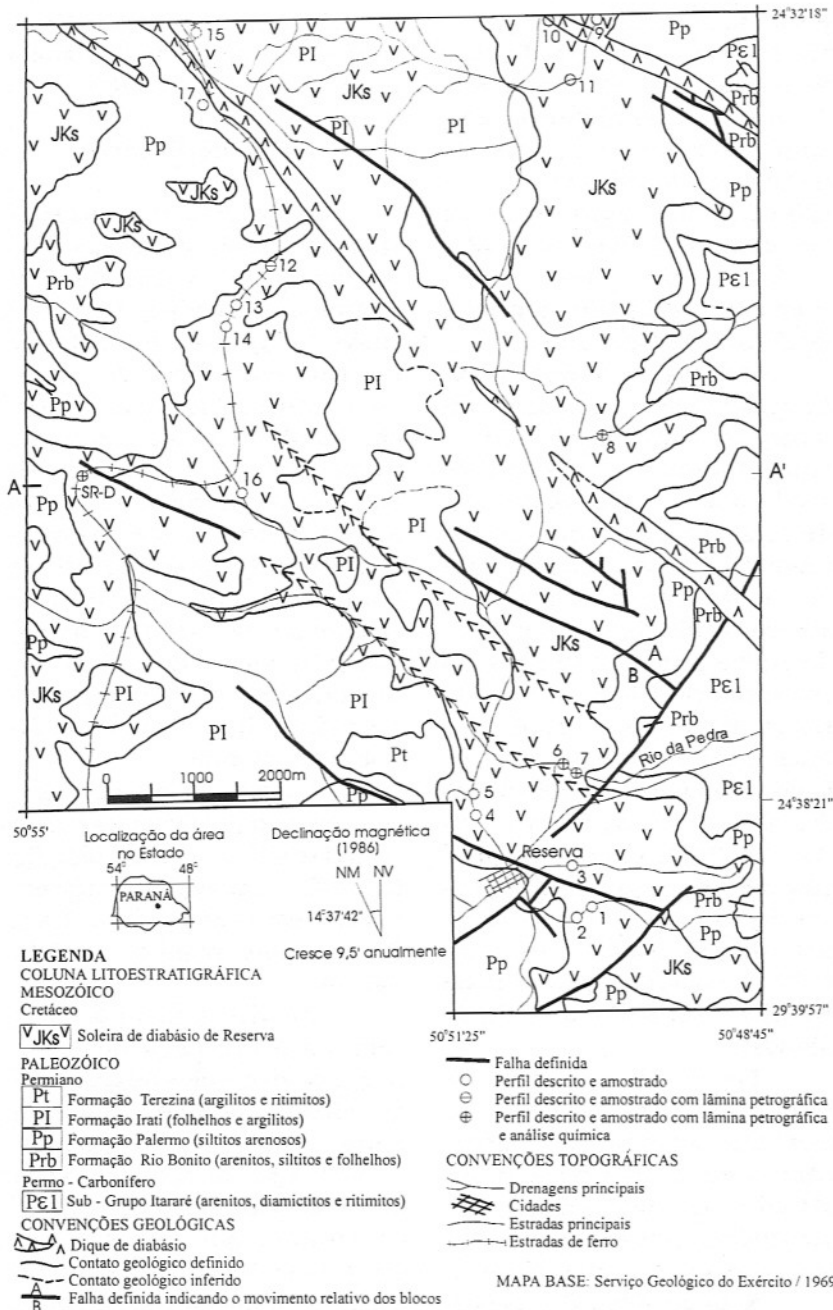
A Soleira de Reserva (Fig. 2) possui espessura variada, atingindo cerca de 200 metros, como verificado no perfil A-A' (Fig. 4A). Encontra-se inserida em rochas sedimentares, representadas em sua porção basal por siltitos arenosos pertencentes a Formação Palermo, a leste e a oeste da área mapeada, com folhelhos e argilitos da Formação Irati no topo da soleira e no centro da área mapeada. Afloram, ainda, nas adjacências, rochas sedimentares das formações Teresina, Rio Bonito e do Subgrupo Itararé.

A Soleira de Reserva e suas encaixantes encontram-se cortadas por diques de direção NW-SE, com paredes subverticais e espessuras que variam desde alguns metros até 300 metros.

Em níveis de topo, é observada a presença de veios pegmatóides, veios de calcita e/ou pirita e porções ricas em amígdalas. Os veios pegmatóides são milimétricos a decimétricos, leucocráticos, possuindo, em sua maioria, contatos bruscos com o diabásio adjacente e, embora raros, ocorrem também veios difusos sem contatos bem definidos. Os veios de calcita e/ou pirita, quando presentes, são de espessuras milimétricas, e esse material de preenchimento deve ser, possivelmente, originário de rochas encaixantes de topo (Formação Irati).

### *Soleira de Salto do Itararé*

A Soleira de Salto do Itararé (Fig. 3) apresenta-se alo-



**Figura 2** - Mapa geológico parcial da Soleira de Reserva (modificado de Soares *et al.*, 1987).

jada em rochas sedimentares da Formação Rio Bonito, de idade permiana, composta por arenitos, siltitos e folhelhos.

Uma das características marcantes dessa soleira é seu caráter múltiplo, definido pela ramificação do corpo em duas partes, ocorrendo, entre elas, lentes de sedimentos da Forma-

ção Rio Bonito, conforme mostra o perfil B-B' da Figura 4B. A ramificação superior apresenta uma espessura aproximada de 100 metros e a inferior de, pelo menos, 70 a 80 metros. Essa ramificação inferior, entretanto, deve ser bem mais espessa, visto que a sua base encontra-se abaixo do nível da Repre-

sa Xavantes formada pelo rio Itararé.

Os diques de diabásio que cortam a soleira, possuem direção preferencial NW/SE e espessuras, em planta, atingindo 60 metros. Alguns desses diques estão encaixados em falhas normais com rejeitos modestos, indicando tratar-se de diques/falha.

Como ocorre na Soleira de Reserva, também em níveis de topo do corpo de Salto do Itararé, é encontrado material pegmatóide disposto em veios (perfil SI-1). Esses veios possuem dimensões milimétricas, quando seus contatos são bem definidos, e centimétricas, quando difusos na rocha.

## Petrografia

### Estruturas

As rochas pertencentes às soleiras de Reserva e Salto do Itararé apresentam feições estruturais relacionadas à história de seus respectivos resfriamentos, sendo descritas, por Maniesi (1991), as seguintes estruturas: disjunções colunares, estruturas planares sub-horizontais, cavidades preenchidas (amígdalas) ou não (vesículas), e xenólitos.

### Variações texturais

As feições texturais identificadas mostram certa influência com relação ao posicionamento das rochas nos níveis de topo, intermediário e de base das soleiras de Reserva e Salto do Itararé, sobretudo na soleira de Reserva, onde, de certa forma, são mais acentuadas essas diferenças, provavelmente devido a sua maior espessura.

Quanto à granulometria, as rochas desses corpos mos-

tram uma predominância de feições faneríticas inequigranulares médias e, em poucos casos, a granulometria fina também ocorre, como em amostras próximas ao contato e em veios pegmatóides granofíricos. Há também, em níveis de topo, rochas de granulometria média/grossa e grossa, sendo que, na soleira de Salto do Itararé, observam-se cristais de plagioclásio e piroxênios com comprimentos de até 2 cm, dando à rocha um aspecto gabróico.

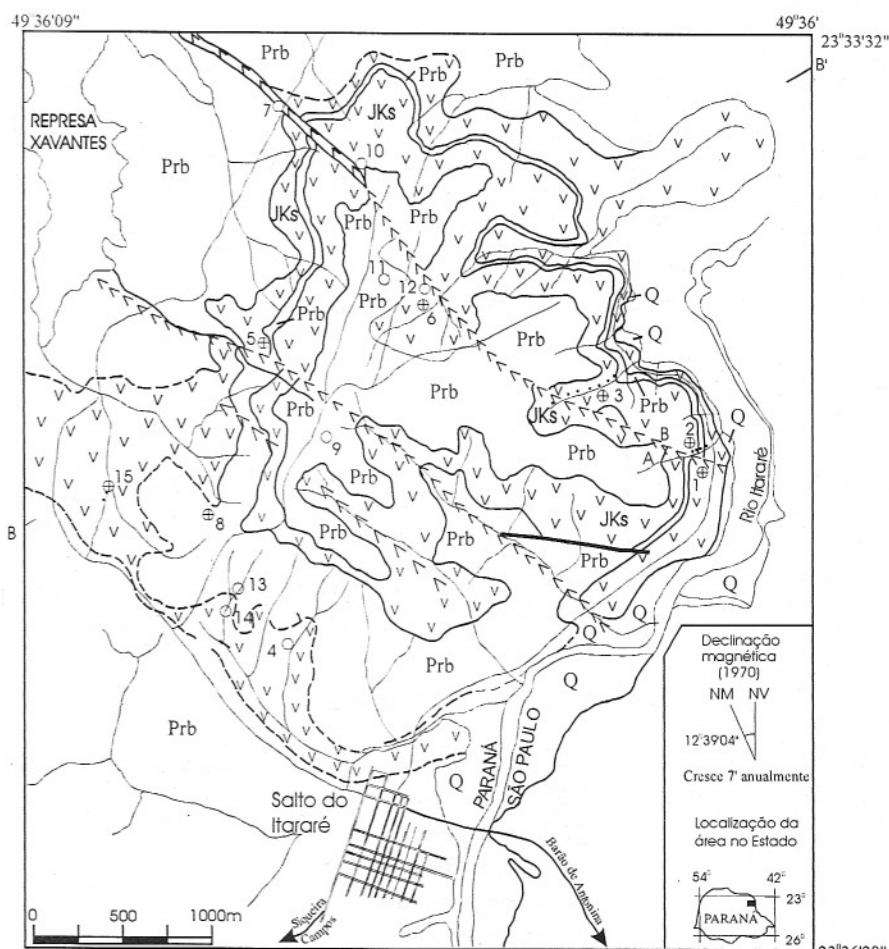
Os cristais de piroxênio, olivina e opacos, ocasionalmente, ocupam os espaços intersticiais entre os demais cristais da rocha, retratando, assim, a textura intergranular.

A predominância da textura subofítica é marcante, ocorrendo, também com certa frequência, as texturas ofítica e intergranular.

Em níveis intermediários e em zonas de bordas da Soleira de Salto do Itararé, bem como em zonas de borda da Soleira de Reserva, constatou-se a presença de matriz vitrofírica sendo caracterizada, nesses casos, as texturas hialofítica e intersertal.

Quantidades relativamente altas (10% a 25%) de uma massa hipocrystalina, verificada em rochas dos perfis SI-2 e SI-3, pertencentes a níveis intermediários da Soleira de Salto do Itararé, permitem admitir condições de resfriamento rápido, que podem ser fornecidas por alívio de pressão. Esse alívio de pressão deve ter sido causado por falhamentos, quando da consolidação do corpo.

No caso de zonas próximas ao contato intrusiva/encaixante, justifica-se a ocorrência de matriz vítrea em função das condições de resfriamento rápido, pela diferença relativa de temperatura do magma quando



#### LEGENDA

##### COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA QUATERNÁRIO

Q aluviões

##### MESOZÓICO

Cretáceo

VJKsV Soleira de diábasio de Salto do Itararé

##### PALEOZÓICO

Permiano

Prb Formação Rio Bonito (arenitos, siltitos e folhelhos)

##### CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

A Dique de diábasio

Contato geológico definido

Contato geológico inferido

Dique/falha indicando o movimento relativo dos blocos

Falha definida

○ Perfil descrito e amostrado  
⊕ Perfil descrito e amostrado com lâmina petrográfica e análise química

##### CONVENÇÕES TOPOGRÁFICAS

/// Cidades  
— Estradas principais  
— Represa e drenagens principais

MAPA BASE: Instituto Brasileiro de Geografia / 1970

Figura 3 - Mapa geológico parcial da Soleira de Salto do Itararé (modificado de Soares *et al.*, 1987).

de sua colocação e a encaixante.

A textura granofírica ocorre em rochas dos níveis de topo e intermediários, principalmente, da Soleira de Reserva. Tratam-se de intercrescimentos de cristais de quartzo submilimétricos num fundo de feldspato alcalino com formas diversas,

como: digitiformes, radiais a sub-radiais, paralelas, cuneiformes e como gotículas.

#### Mineralogia

**Plagioclásio:** o plagioclásio é representado por cristais subeudrais e anedrais,

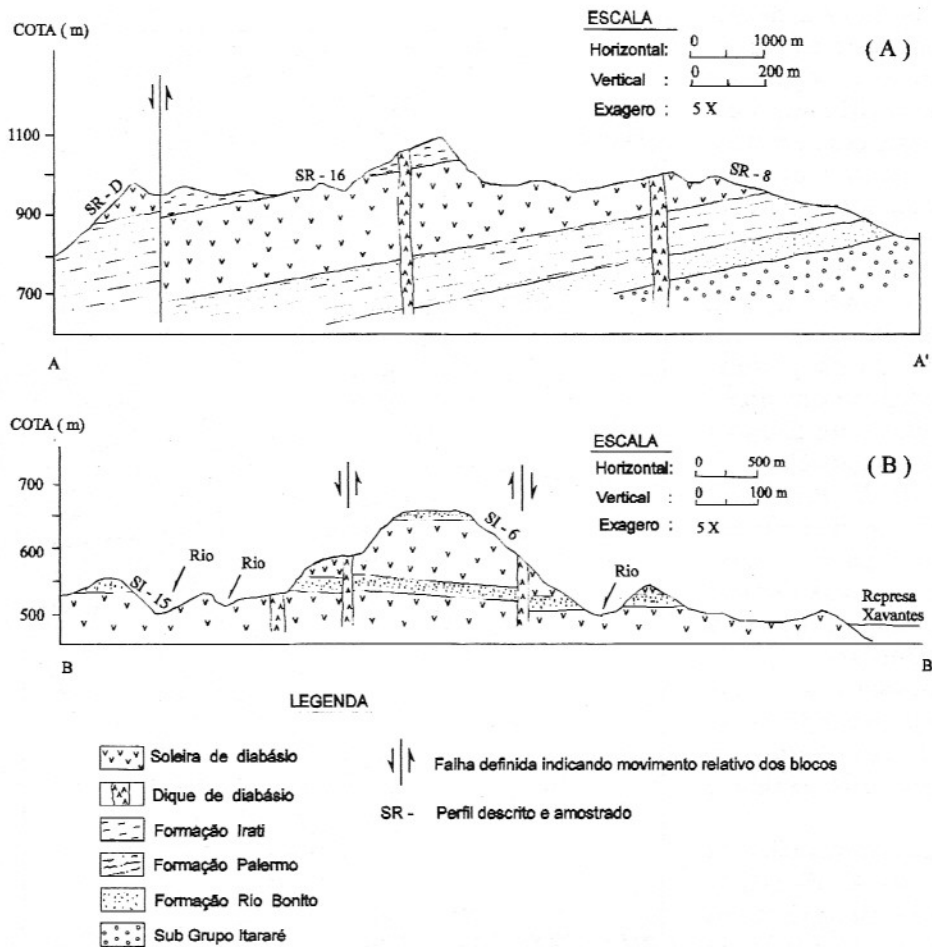


Figura 4 - Perfis geológicos das soleiras de Reserva (A) e Salto do Itaré (B).

ripiformes e tabulares em quantidades que variam de 29% a 60% em volume da rocha.

Quando a rocha apresenta matriz micropegmatítica, por vezes, os cristais de plagioclásio acham-se corroídos de forma a não ser possível distinguir o limite entre cristal e matriz. Possuem contatos retos e, ocasionalmente, irregulares com os piroxênios.

Embora pouco frequentes, os cristais de plagioclásio mostram-se com aspecto "sujo", possivelmente devido a circulação de fluidos residuais, dificultando, assim, o reconhecimento de suas maclas (perfil SI-3). De um modo geral, os cristais de plagioclásio apresen-

tam maclas polissintéticas, segundo a lei da albíta ou, de modo esporádico, do tipo albíta-carlsbad.

Cristais com zoneamento normal de intensidades variadas são, comumente, encontrados. As estimativas composicionais, realizadas por meios ópticos, revelaram valores percentuais de An, que variam de 34 a 74, nos núcleos, e 20 a 56, nas bordas.

**Piroxênios:** a composição modal dos piroxênios varia de 5% a 34% em volume das rochas de ambos os corpos estudados, sendo representados pela augita e pigeonita. Esse último tipo chega a atingir até 5% em volume na rocha, ocorrendo, comumente, junto às bordas da

augita, em íntima associação ou mesmo como cristais isolados.

A augita, geralmente, encontra-se como cristais sub-eudrais e outras vezes anedrais, de forma prismática ou granular e, com frequência, ocorrem cloritas associadas.

**Olivina:** a olivina e seus pseudomorfos ocorrem tanto em rochas de níveis de base, quanto intermediários e de topo das soleiras de Reserva e Salto do Itaré, sobretudo nos níveis de base, onde chega a 9% em volume da rocha.

Evidência de reação com o líquido magmático é sugerida apenas pelos contornos arredondados encontrados em muitos grãos isolados do mineral,

como já observado, por Ruegg (1969), em rochas basálticas da Bacia do Paraná.

A olivina, em muitos casos, mostra-se substituída por um material muito fino e de difícil reconhecimento, possuindo cor verde (esmectitas ?) e castanho amarelado (iddingsita ?). A substituição é de intensidade variada, encontrando-se desde olivina "fresca" até totalmente substituída, restando, então, apenas pseudomorfos.

**Quartzo:** trata-se de uma fase mineral comum nas amígdalas, ocorrendo, nesses casos, associado a carbonatos, filosilicatos muito finos e clorita. Também verificam-se cristais anedrais individualizados e em proporção modal variada (até 9%), bem como constituindo a matriz micropegmatítica, juntamente com o feldspato alcalino.

**Opacos:** esses minerais são representados pela magnetita, ilmenita e pirita, ocorrendo em proporção modal entre 3 a 10%.

**Calcita:** ocorre tanto preenchendo microfraturas, quanto intersticialmente na rocha, isto se verifica, principalmente, em níveis de topo das soleiras estudadas. É, também, um dos constituintes mineralógicos das amígdalas.

Por fim, são encontrados minerais que estão sempre em proporção modal inferior a 1 % ou ausentes, representados pela apatita, zircão, além de minerais tidos como produto de alteração. São eles: iddingsita (?), esmectitas (?), anfibólio, biotita, óxidos e hidróxidos de ferro, clorita e filossilicatos muito finos.

## CLASSIFICAÇÃO E NOMENCLATURA

Para a nomenclatura das rochas estudadas foram empre-

gados parâmetros petrográficos e químicos. A utilização de ambos os parâmetros, no entanto, foi em função de que a associação da nomenclatura, baseada em aspectos químicos e petrográficos, proporciona uma visão mais completa das rochas analisadas. Como exemplo, para as rochas que apresentam diferentes quantidades de matriz micropegmatítica, a nomenclatura química revela litotipos em que a correlação petrográfica mostra mais claramente o contexto geológico evolutivo dessas rochas.

### Critérios petrográficos

As soleiras de Reserva e Salto do Itararé revelaram oito litotipos diferentes. São eles: olivina-diabásios, olivina-diabásios granofíricos, diabásios vitrofíricos, diabásios, pigeonita-diabásios, diabásios granofíricos, quartzo-diabásios granofíricos e granófiros, com destaque para os tipos mais diferenciados, ou seja, as rochas com o complemento granofírico, ocorrendo, preferencialmente, em níveis de topo de ambas as soleiras, e os diabásios vitrofíricos, em níveis intermediários, de base e em zonas de resfriamento rápido da Soleira de Salto do Itararé.

### Critérios químicos

A nomenclatura química adotada foi a proposta no diagrama  $R_1$  vs.  $R_2$  (De La Roche *et al.*, 1980, modificada para o campo dos basaltos por Bellieni *et al.*, 1981), utilizando-se os dados das Tabelas 1 e 2, bem como, também, os parâmetros para se determinar os litotipos básicos, intermediários e ácidos estão de acordo com Le Bas *et al.* (1986).

No diagrama  $R_1$  vs.  $R_2$

(Fig. 5), as rochas que se distribuem nos campos de composição dos basaltos subalcalinos, andesi-basaltos, lati-basaltos e parte dos lati-andesitos são representados por tipos básicos. As rochas intermediárias situam-se nos campos do lati-andesitos e dacitos, bem como a rocha ácida, no campo dos riolitos.

Essa rocha ácida representa os veios pegmatóides granofíricos de contatos bem definidos, que ocorrem em níveis de topo da Soleira de Reserva. Na Soleira de Salto do Itararé, no entanto, o material ácido ocorre em veios milimétricos, bem como, também, dispostos de modo intersticial ou difuso na rocha, dificultando sua amostragem para estudos químicos.

Os conteúdos químicos das rochas de ambas as soleiras estudadas possuem caráter subalcalino toleítico, caracterizado nos diagramas álcalis vs. sílica e AFM (Figs. 6 e 7).

## CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA

Os diagramas de variação das Figuras 8 e 9 mostram as diferenças químicas e evolutiva dos corpos de Reserva e Salto do Itararé. Sendo assim, à medida em que os teores de MgO diminuem, verificam-se aumentos nos teores de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , Rb, Zr e Y e decréscimos de  $\text{TiO}_2$ , CaO,  $\text{FeO}$ , Ni e Cr. Essas tendências tornam-se mais evidentes a partir dos valores inferiores a 2% de MgO, representadas por rochas intermediárias e ácidas, com exceção do CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ .

Os valores de  $\text{Na}_2\text{O}$  mostram-se dispersos, apesar de aumentarem com a diminuição do MgO, enquanto, para o CaO,

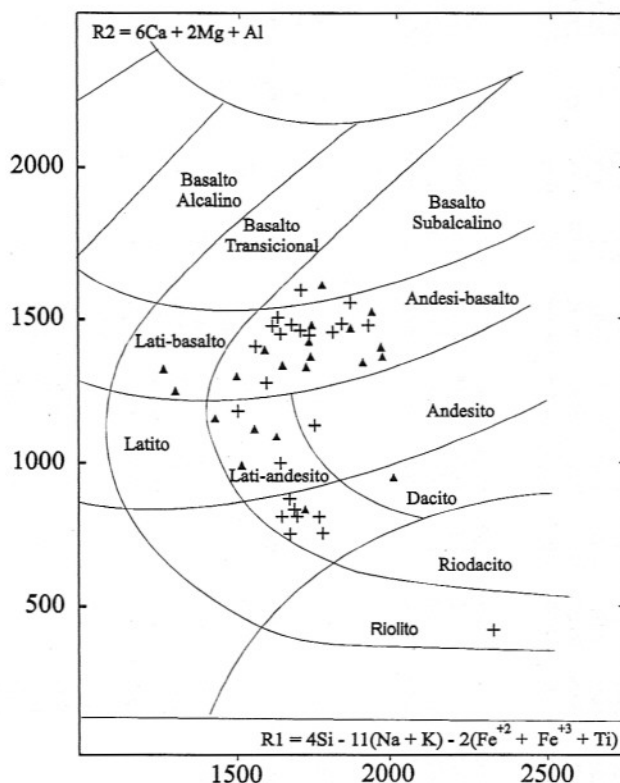
**Tabela 1** - Elementos maiores, menores (%) e traços (ppm) das rochas da Soleira de Reserva (SR-; SRD-). Para os cálculos das composições normativas e dos valores de mg# foi utilizada a razão  $Fe_2O_3/FeO = 0,15$ .

	SR-6.1	SR-6.4	SR-7.1	SR-7.1B	SR-7.3	SR-7.3B	SR-8.1A	SR-8.2	SR-8.2C	SR-8.3	SR-8.3C	SR-9.2	SR-9.2A	SR-9.4	SR-9.5B	SR-10	SRD-2	SRD-4	SRD-7	SRD-15	SRD-17	SRD-23	SRD-29
SiO <sub>2</sub>	50,77	49,26	48,89	48,17	50,92	49,51	49,32	49,76	49,66	51,21	50,17	48,34	49,06	50,08	49,94	55,8	59,55	58,01	56,99	57,34	58,63	57,01	53,15
TiO <sub>2</sub>	2,81	3,14	2,93	2,84	3,1	3,1	2,7	2,92	2,82	3,17	3,25	2,41	2,58	3,06	2,71	2,08	1,29	1,33	1,54	1,54	1,52	1,59	2,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,33	14,34	13,69	12,37	14,22	13,87	13,06	14,34	14,02	13,57	14,29	13,22	12,33	12,58	13,63	13,2	12,32	12,3	12,41	12,57	12,89	12,57	13,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,07	2,33	3,24	2,42	3,78	3,95	3,04	4,22	2,29	4,8	3,57	1,52	3,94	3,67	6,54	2,95	2,85	4,97	5,37	3,88	3,71	4,06	5,18
FeO	7,72	10,47	10,47	12,19	9,37	9,73	11,22	9,28	10,69	8,19	9,89	11,68	10,11	10,05	7,19	9,72	9,3	7,97	7,81	8,47	8,36	8,3	8,15
MnO	0,15	0,2	0,18	0,21	0,19	0,2	0,22	0,19	0,18	0,19	0,2	0,19	0,21	0,2	0,2	0,2	0,19	0,21	0,2	0,18	0,17	0,15	0,17
MgO	4,04	3,64	5,4	5,45	2,85	3,92	4,91	4,1	4,95	2,49	3,66	7,91	6,78	5,23	5,58	1,13	0,66	0,64	0,84	0,96	0,69	1,23	2,94
CaO	8,95	9,35	8,65	9,2	8,3	8,71	8,92	8,78	8,42	8,05	8,03	8,68	9,02	8,65	8,7	6,25	4,43	4,46	4,83	5,3	4,89	4,92	6,79
Na <sub>2</sub> O	2,07	2,61	2,23	2,27	2,58	2,62	2,2	2,19	2,51	2,63	2,35	2,14	1,81	2	1,96	2,91	2,98	3,03	2,78	3,03	3,24	2,97	2,41
K <sub>2</sub> O	1,19	1,08	1,2	1,07	1,55	1,29	1,24	1,33	1,28	1,71	1,46	1,12	1,14	1,35	1,3	2,52	3,07	2,93	2,87	2,82	3,01	2,71	2,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,43	0,56	0,41	0,61	0,5	0,5	0,47	0,87	0,46	0,44	0,74	0,32	0,78	0,41	0,54	0,21	0,37	0,42	0,39	0,48	0,21	0,88	0,87
P.F.	1,62	1,87	1,55	1,87	1,61	1,53	1,47	1,01	1,54	2,66	1,31	1,17	1,13	1,62	0,91	1,96	1,96	2,85	3,12	2,5	1,85	2,69	2,34
TOTAL	99,15	98,85	98,84	98,67	98,97	98,93	98,77	98,99	98,82	99,11	98,92	98,7	98,89	98,9	99,2	98,93	98,97	99,12	99,15	99,07	99,17	99,08	99,1
mg#	0,418	0,369	0,449	0,434	0,311	0,374	0,416	0,388	0,44	0,287	0,361	0,551	0,501	0,442	0,463	0,156	0,101	0,094	0,118	0,14	0,107	0,172	0,317
Composição normativa (CIPW)																							
Q	9,96	4,37	3,96	2,02	8,41	5,56	4,4	8,02	3,29	10,47	8,03	6,62	5,5	7,29	9,7	12,17	16,95	17,61	17,65	15,2	15,24	16,35	13,61
Ab	17,52	22,08	18,07	19,21	21,83	22,17	18,62	18,53	21,24	22,25	19,88	18,11	15,32	16,92	16,58	24,62	25,22	25,64	23,52	25,64	27,42	25,13	20,39
An	29,02	24,22	23,8	20,4	22,64	22,28	22,1	25,37	23,21	20,17	24,13	23,16	22,15	21,36	24,55	15,51	11,17	11,31	12,91	12,37	11,74	12,96	18,55
Hy	11,51	13,81	18,81	20,85	10,04	12,37	18,37	14,22	19,34	5,47	14,85	23,12	21,34	16,13	11,87	8,84	10,75	6,67	6,05	7,71	6,58	10,1	10,9
Ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Traços																							
Ni	41	33	50	77	27	49	57	34	27	13	35	70	63	50	56	7	1	5	6	17	9	1	1
Cr	59	59	31	80	11	25	75	58	73	33	4	85	91	49	60	13	18	17	12	59	4	19	39
Sr	535	493	439	384	524	468	422	478	474	515	464	418	425	448	433	503	465	479	471	480	483	445	473
Rb	23	22	23	21	35	27	24	28	27	47	29	23	26	30	25	56	76	78	73	72	73	71	50
Zr	168	181	180	170	221	199	169	169	180	239	218	154	156	199	177	399	578	577	531	509	506	484	339
Y	20	23	21	24	28	24	24	21	24	29	24	20	22	26	25	43	50	51	46	45	48	46	37
La	-	-	-	-	-	26,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,95	62,9	60,6	61	54,9	54,4	50,3	43,2
Ce	-	-	-	-	-	59,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128,8	75,26	123,7	120,5	108,9	118	99,9	90,8
Nd	-	-	-	-	-	34,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71,64	40,76	69,2	65,5	62,7	66,7	59,6	53,4
Sm	-	-	-	-	-	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,91	8,59	15,4	14,7	13,7	14,4	13,1	11,9
Eu	-	-	-	-	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,94	2,47	4,3	3,9	3,9	4,2	3,9	3,5
Gd	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,8	7,15	13,6	12,9	12	12,6	11,9	10,7
Dy	-	-	-	-	-	5,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,44	7,46	10,8	10,3	9,4	10,1	9,1	8,2
Ho	-	-	-	-	-	1,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,28	1,62	1,97	1,95	1,82	1,89	1,84	1,66
Er	-	-	-	-	-	3,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,92	4,39	5,9	5,6	5,4	5,7	4,9	4,6
Yb	-	-	-	-	-	2,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2	4,06	4,9	4,5	4,2	4,6	3,9	3,5
Lu	-	-	-	-	-	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,56	0,66	0,63	0,59	0,61	0,54	0,49

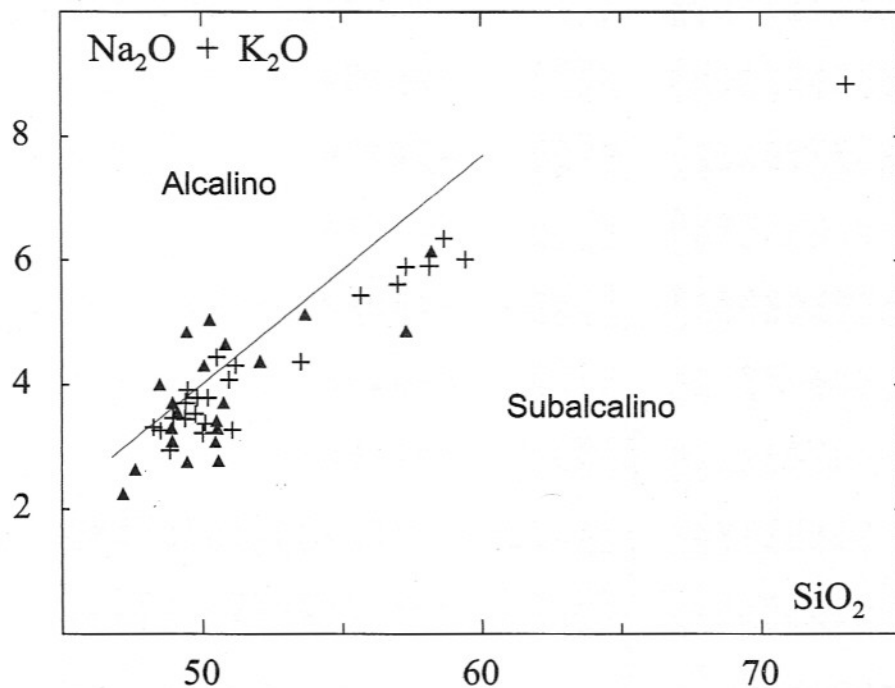


**Tabela 2** - Elementos maiores, menores (%) e traços (ppm) das rochas das soleiras de Reserva (SRD-) e Salto do Itararé (SI-). Para os cálculos das composições normativas e dos valores de mg# foi utilizada a razão  $Fe_2O_3/FeO = 0,15$ .

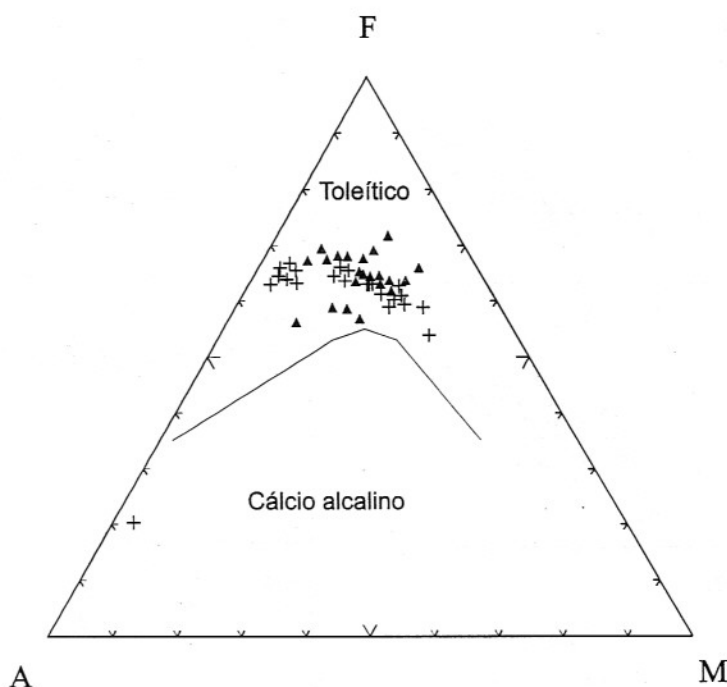
	SRD-34	SRD-X	SI-1A	SI-1C	SI-1X	SI-2A	SI-2D	SI-3A	SI-3C	SI-3D	SI-3E	SI-3H	SI-6B	SI-6D	SI-6F	SI-6I	SI-6J	SI-6L	SI-8X	SI-8Y	SI-15A	SI-15C
SiO <sub>2</sub>	50,45	72,99	49,57	48,81	57,24	50,72	50,65	50,19	49,28	48,51	50,23	47,06	48,83	53,62	58,34	51,98	47,32	49,08	50,13	50,43	50,56	49,08
TiO <sub>2</sub>	2,96	0,36	2,85	2,87	1,69	3,18	2,6	2,88	2,28	2,57	2,13	2,77	2,47	2,68	1,65	2,83	3,87	2,83	2,7	2,88	3,09	3,46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,94	11,87	11,71	12,68	12,39	13,54	14,29	16,31	14,51	17,39	14,34	13,09	13,58	12,57	12,38	13,21	11,98	11,85	14,43	14,58	13,6	13,35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,98	1,23	7,14	6,66	6,03	5,64	5,35	4,52	5,76	4,85	6,21	7,25	4,77	5,29	3,17	5,58	8,5	6,66	3,4	5,36	5,62	7,3
FeO	9,81	1,15	7,98	8,21	5,49	9	8,46	9,23	7,17	8,32	6,88	9	8,29	8,44	7,46	8,84	9,11	8,09	9,69	7,31	8,23	7,88
MnO	0,19	0,05	0,19	0,19	0,17	0,2	0,19	0,18	0,19	0,18	0,18	0,21	0,18	0,21	0,18	0,2	0,23	0,2	0,18	0,17	0,2	0,19
MgO	2,67	0,31	5,55	4,9	2,88	2,11	3,44	1,72	4,29	3,22	3,81	5,7	4,76	1,32	1,87	2,2	4	4,63	3,5	3,5	4,22	3,27
CaO	7,09	1,63	8,22	8,66	5,24	7,26	8,49	6,81	8,17	7,36	7,28	9	10,3	6,37	4,37	6,73	9,13	8,55	9,37	9,38	8	8,39
Na <sub>2</sub> O	2,74	2,87	1,29	2	2,24	3,04	2,45	2,69	3,45	2,72	3,47	1,35	2,22	3,06	2,99	2,62	1,72	2,49	2,59	2,2	1,94	2,16
K <sub>2</sub> O	1,68	5,97	1,48	1,33	2,63	1,6	1,27	1,63	1,48	1,29	1,58	0,73	0,94	2,1	3,1	1,73	0,86	1,24	0,91	1,12	1,19	1,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,73	0,02	0,52	0,49	1,02	0,87	0,1	0,56	0,42	0,58	0,58	0,32	0,65	0,83	1,12	0,49	0,77	0,63	0,56	0,55	0,33	0,42
P.F.	2,79	1,43	2,62	2,3	2,38	1,85	1,78	2,35	2,21	2,1	2,54	2,53	2,09	2,58	2,57	2,62	1,5	2,87	1,48	1,69	2,11	2,24
TOTAL	99,03	99,88	99,12	99,1	99,4	99,01	99,07	99,07	99,21	99,09	99,23	99,01	99,08	99,07	99,2	99,03	98,99	99,12	98,94	99,17	99,09	99,14
mg#	0,274	0,217	0,438	0,411	0,348	0,233	0,344	0,207	0,413	0,339	0,382	0,426	0,433	0,168	0,268	0,243	0,326	0,399	0,357	0,368	0,391	0,314
Composição normativa (CIPW)																						
Q	16,95	17,61	13,34	9,14	21,03	10,02	8,95	7,48	2,45	5,74	5,29	9,89	6,42	13,83	16,83	12,84	12,82	8,6	6,79	11,03	22,33	11,6
Ab	25,22	25,64	10,92	16,92	18,95	25,72	20,73	21,92	29,19	23,02	29,36	11,43	18,79	25,89	25,3	22,17	14,55	21,07	21,92	18,62	16,42	18,28
An	11,17	11,31	21,79	21,69	15,98	18,58	24,24	28,01	19,73	31,43	18,89	27,5	24,31	14,36	11,2	19,18	22,43	17,5	25,06	26,6	24,89	22,6
Hy	10,75	6,67	12,27	10,38	8,52	7,33	8,77	17,06	8,63	14,86	8,58	14,69	10,43	5,29	12	8,2	6,82	8,48	12,19	6,86	11,27	4,94
OI	-	1,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Traços																						
Ni	3	7	31	38	9	18	43	25	47	40	44	59	68	2	13	9	15	27	52	52	52	30
Cr	28	11	14	60	15	28	100	27	80	82	95	117	118	3	13	31	21	29	133	132	90	52
Sr	536	57	367	361	381	405	391	390	662	355	535	342	381	347	300	405	333	327	256	270	396	398
Rb	39	175	43	47	92	49	40	43	70	47	53	21	22	74	96	53	23	38	20	21	27	37
Zr	264	716	199	163	347	251	272	233	137	167	162	182	109	288	405	267	171	185	203	209	201	236
Y	31	49	36	29	50	36	29	34	28	27	27	25	20	41	48	40	28	26	30	31	28	29
La	35,5	45,35	-	-	-	-	-	-	18,25	-	-	-	19,76	-	-	31,82	22,47	25,18	-	-	-	-
Ce	73	99,96	-	-	-	-	-	-	43,45	-	-	-	44,6	-	-	75,26	52,44	57,57	-	-	-	-
Nd	43,5	42,17	-	-	-	-	-	-	25,06	-	-	-	23,5	-	-	40,76	29,77	32,32	-	-	-	-
Sm	10,2	7,83	-	-	-	-	-	-	5,35	-	-	-	4,75	-	-	8,59	6,53	6,97	-	-	-	-
Eu	3	0,74	-	-	-	-	-	-	1,65	-	-	-	1,4	-	-	2,47	2,01	2,1	-	-	-	-
Gd	9	6,04	-	-	-	-	-	-	4,57	-	-	-	4,4	-	-	7,15	5,56	6,15	-	-	-	-
Dy	6,9	6,01	-	-	-	-	-	-	4,86	-	-	-	4,14	-	-	7,46	5,95	6,64	-	-	-	-
Ho	1,39	1,24	-	-	-	-	-	-	1,08	-	-	-	0,93	-	-	1,62	1,31	1,4	-	-	-	-
Er	4,1	3,33	-	-	-	-	-	-	2,85	-	-	-	2,52	-	-	4,39	3,57	3,61	-	-	-	-
Yb	3,1	2,83	-	-	-	-	-	-	2,6	-	-	-	2,23	-	-	4,06	3,21	3,53	-	-	-	-
Lu	0,45	0,37	-	-	-	-	-	-	0,37	-	-	-	0,33	-	-	0,56	0,45	0,48	-	-	-	-



**Figura 5** - Diagrama  $R_1$  vs.  $R_2$ , proposto por De La Roche *et al.* (1980) e modificado para o campo dos basaltos por Bellieni *et al.* (1981), com os teores das amostras das soleiras de Reserva (cruzes) e Salto do Itararé (triângulos).



**Figura 6** - Diagrama álcalis vs. sílica com as amostras das soleiras de Reserva (cruzes) e Salto do Itararé (triângulos). A linha divisória dos campos alcalino e subalcalino é de Irvine & Baragar (1971).



**Figura 7** - Diagrama AFM com as amostras das soleiras de Reserva (cruzes) e Salto do Itararé (triângulos). A linha divisória dos campos toleítico e cálcio alcalino é de Irvine & Baragar (1971).

observa-se uma diminuição mais acentuada para valores inferiores a 4% de MgO. Os de  $Al_2O_3$ , mesmo que aparentemente dispersos, evidenciam, de um modo geral, um relativo aumento até valores próximos a 4% de MgO e a partir de então mostram uma gradativa diminuição.

O comportamento do Sr, por sua vez, caracteriza-se por exibir poucas variações em seus teores. Os conteúdos de  $P_2O_5$  apresentam-se de modo disperso, exceto quando chegam a termos mais diferenciados ( $MgO < 2\%$ ), observando-se, então, um forte empobrecimento em seus teores.

Dessa forma, constata-se o posicionamento dos conjuntos litológicos das duas soleiras estudadas, ao longo de tendências evolutivas dos elementos maiores, menores e traços, sugerindo, para cada uma delas, uma formação a partir de diferentes magmas com distintos

estágios de diferenciação.

Quando se analisa em separado a distribuição e as tendências químicas evolutivas de cada uma das soleiras, verifica-se que as rochas da Soleira de Reserva revelam diferenças, principalmente, nos elementos Rb, Sr e Y, uma amplitude maior nos teores de MgO (7,91% a 0,31% vs. 5,70% a 1,32%), além de uma tendência evolutiva mais definida que as rochas da Soleira de Salto do Itararé.

*Elementos terras raras:* os padrões de ETR (Fig. 10) mostram-se, de um modo geral, paralelos entre si, sendo que as rochas da Soleira de Reserva apresentam um enriquecimento marcante no total de ETR, principalmente em ETR leves.

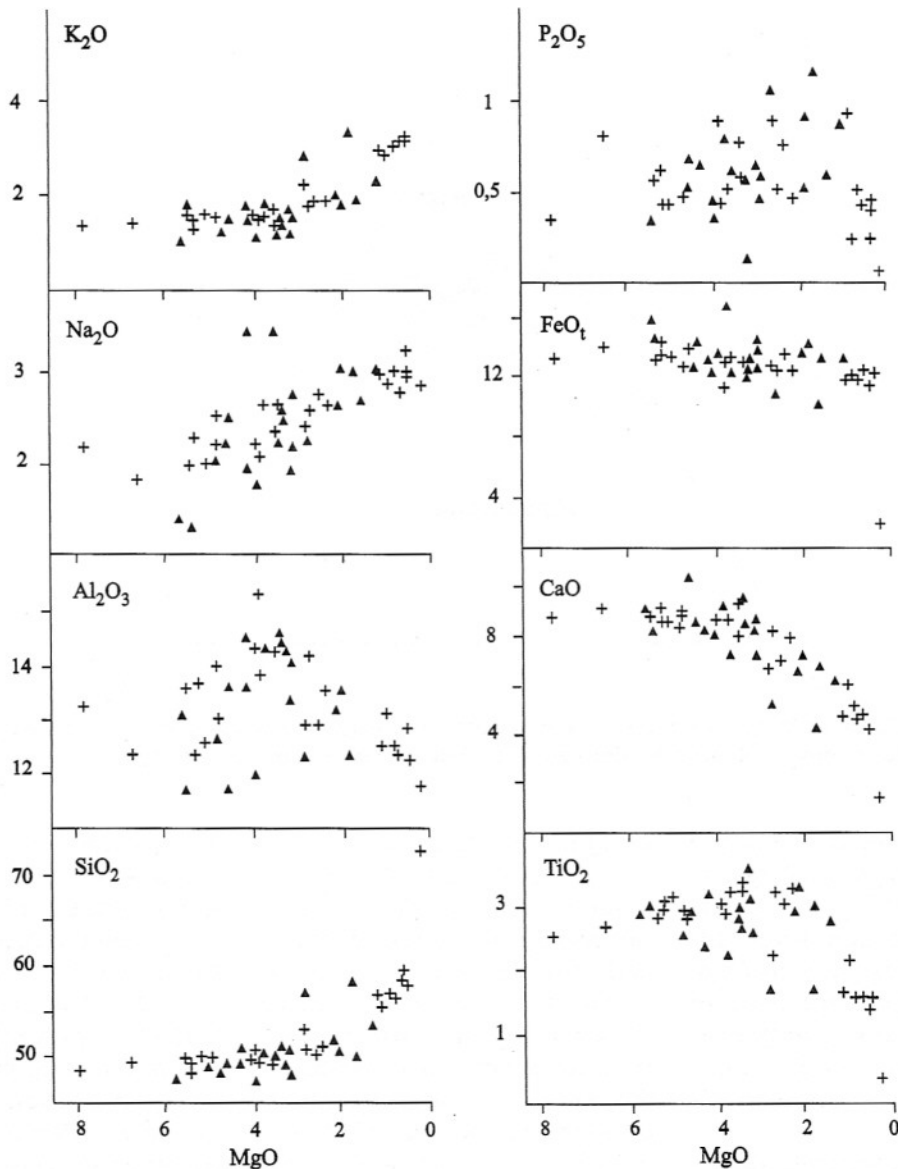
Em uma comparação das rochas com o mesmo grau de evolução magmática ( $MgO$  entre 2% e 4%) de ambas as soleiras estudadas, verifica-se, para as rochas da Soleira de Re-

serva, uma maior razão média de  $La_N/Lu_N$  (8,27 vs. 5,53), mesmo apresentando razão  $La_N/Sm_N$  semelhante (2,26) e  $Sm_N/Lu_N$  maior (3,66 vs. 2,44).

Por outro lado, a amostra SRD-X, representante de veios pegmatóides granofíricos, exibe um pronunciado enriquecimento em elementos terras raras leves, evidenciado pelas razões relativamente altas de  $La_N/Lu_N$  de 12,72 e  $La_N/Sm_N$  de 3,65. Além disso, o padrão de abundância de ETR (Figura 10) revela acentuada anomalia negativa de Európio ( $Eu/Eu^* = 0,33$ ), destacando a importante participação do plagioclásio durante o fracionamento.

## IMPLICAÇÕES PETROGENÉTICAS

As evidências geológicas, petrográficas e químicas indicam a existência de rochas com diferentes graus evolutivos nas



**Figura 8** - Diagramas de variação das composições químicas das rochas pertencentes às soleiras de Reserva (cruzes) e Salto do Itararé (triângulos).

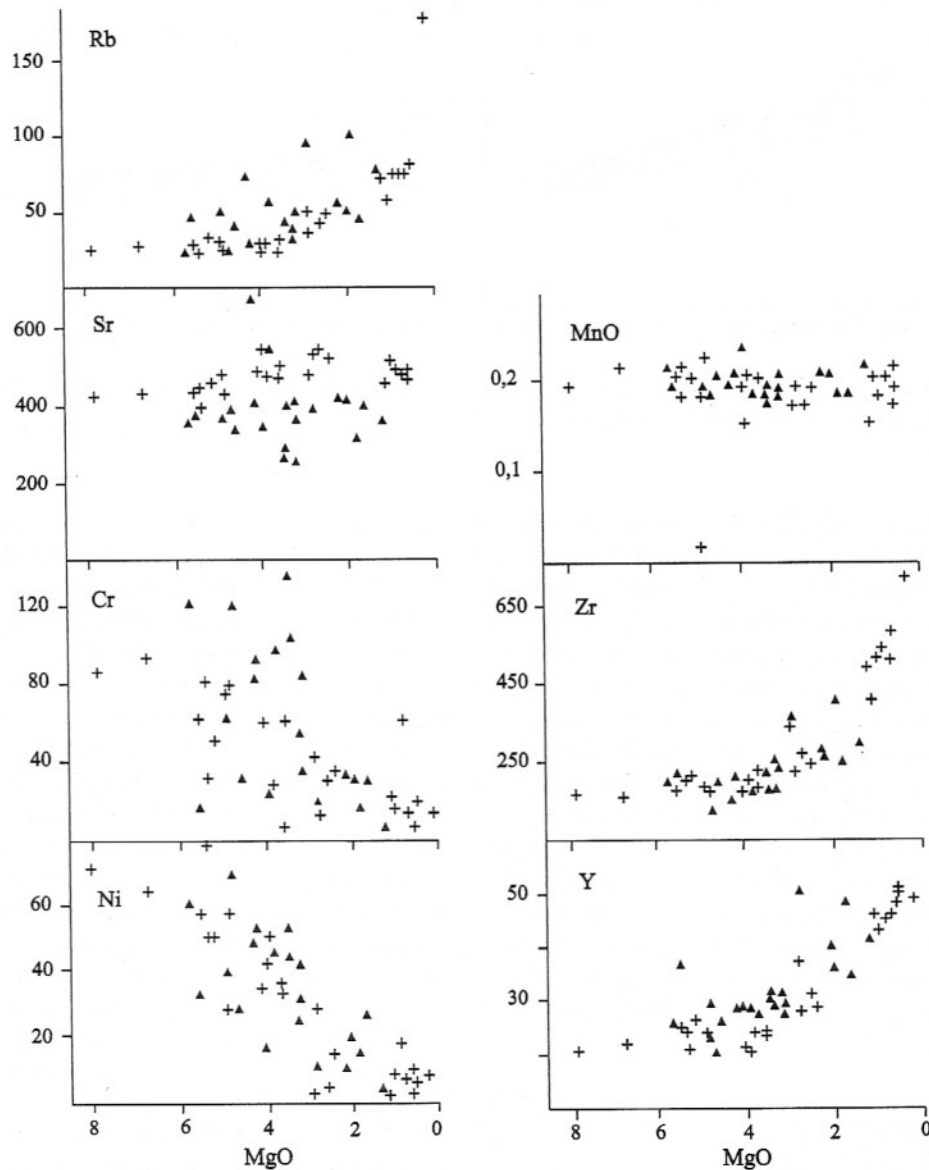
soleiras de Reserva e Salto do Itararé, sugerindo ser a cristalização fracionada *in situ* um importante processo petrogenético atuante na história da diferenciação de ambos os corpos, podendo explicar os diferentes litotipos encontrados.

O processo de cristalização fracionada é quimicamente caracterizado por (1<sup>a</sup>) alinhamento dos pontos nas tendências evolutivas dos diagramas

de variação; (2<sup>a</sup>) presença de rochas de composição intermediária, o que praticamente não se verifica na suíte de rochas vulcânicas da região norte da Bacia do Paraná, e (3<sup>a</sup>) paralelismo dos padrões de abundância dos elementos terras raras, com anomalia negativa de Eu no termo ácido.

No entanto, torna-se difícil de se admitir apenas o processo de cristalização fraciona-

da para a geração dos termos ácidos (veios pegmatóides granofíricos), sugerindo a possibilidade dessas rochas não representarem somente o líquido residual final, mas sim o líquido residual associado a fases minerais em desequilíbrio, incorporadas, possivelmente, por algum processo mecânico durante sua migração para locais de mais baixa pressão, como, por exemplo, fraturas, ou mes-



**Figura 9** - Diagramas de variação das composições químicas das rochas pertencentes às soleiras de Reserva (cruzes) e Salto do Itararé (triângulos).

mo alojando-se sob forma difusa na rocha.

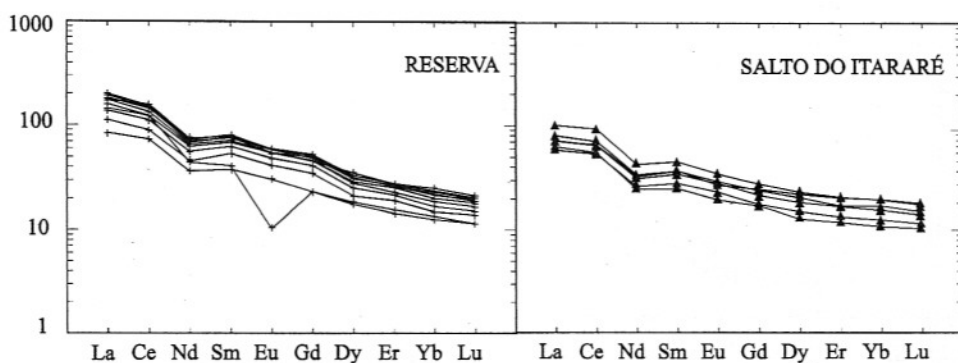
A hipótese é suportada pela presença de cristais, principalmente, de plagioclásio, com bordas corroídas e parcialmente “digeridos” pelo líquido residual final, representado pelo intercrescimento de quartzo e feldspato alcalino.

A Soleira de Reserva apresenta evidências químicas e petrográficas que indicam

melhores condições termodinâmicas de resfriamento, estando, conseqüentemente, mais diferenciada do que a Soleira de Salto do Itararé. Essas melhores condições termodinâmicas de resfriamento ocorreram, possivelmente, em função de sua maior espessura e pela ausência de tectonismo, quando da consolidação do corpo. Das evidências químicas, pode-se destacar a maior amplitude nos

teores de MgO, observada nos diagramas de variação das Figuras 8 e 9, e, das petrográficas, a presença de material vitrofírico, somente em suas zonas de borda.

Outra evidência de que o processo de diferenciação foi mais efetivo na Soleira de Reserva é a presença, em níveis de base desse corpo, de olivina modal (até 9%) e de valores mais elevados de MgO (até



**Figura 10** - Padrões de abundância dos elementos terras raras normalizados pelo condrito (Evenson *et al.*, 1978) das rochas das soleiras de Reserva e Salto do Itararé.

7,91%), sugerindo a atuação de processo cumulático mesmo que de pouca eficiência.

Os líquidos magmáticos iniciais, respectivamente para cada uma das soleiras estudadas, devem ter sido gerados a partir de fontes mantélicas composicionalmente distintas, ocasionando diferenças nas tendências evolutivas, principalmente, nos elementos Rb, Sr e Y, bem como, também, no conteúdo total dos ETR e nas razões médias de  $La_N/Lu_N$  de rochas de mesmo grau evolutivo.

### COMPARAÇÕES GEOQUÍMICAS COM AS ROCHAS VULCÂNICAS DA BACIA DO PARANÁ

Quando se comparam as concentrações dos elementos num mesmo intervalo de conteúdo de magnésio, no caso entre 4% e 5%, representando o mesmo intervalo de evolução (Fig. 11), é notável a maior semelhança geoquímica das rochas das soleiras estudadas com as vulcânicas de alto  $TiO_2$  da região norte da Bacia do Paraná (RNP), em comparação com as de baixo  $TiO_2$  da região sul da bacia (RSP).

Em relação à RNP, são

verificadas maiores proximidades (0,8x a 1,15x) nas concentrações de  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $K_2O$ , Sr e Ni, em ambas as soleiras, sendo que o Rb e Cr encontram-se no mesmo intervalo (0,8x a 1,15x), para as rochas da Soleira de Reserva, e entre 1,25x e 1,46x, para as do corpo de Salto do Itararé.

As maiores dispersões em relação a RNP ocorrem com os elementos Zr e Y (entre 0,66x e 0,79x), para ambos os corpos, e  $P_2O_5$  (1,31x), para a Soleira de Reserva.

### CONCLUSÕES

As soleiras de diabásio de Reserva e Salto do Itararé posicionam-se na faixa de rochas sedimentares paleozóicas da Bacia do Paraná, no contexto do Arco de Ponta Grossa. Mostram ângulos de mergulhos em torno de 1-2 graus para oeste, exceto quando afetados por falhamentos, observando-se, nesses casos, um acentuado aumento nos mergulhos. Seus contatos litológicos são concordantes e bruscos e, em certos locais, aparecem de forma discordante com ou sem a presença de falhamentos. Ocorrem auréolas de contato nas rochas encaixantes, alcançando dimen-

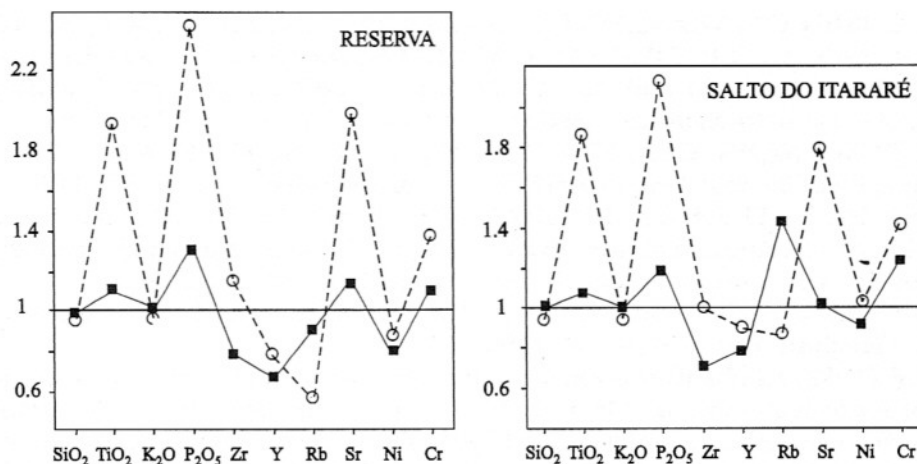
sões centimétricas.

A Soleira de Salto do Itararé destaca-se pelo seu caráter múltiplo, definido pela ramificação do corpo em duas partes, ocorrendo, entre elas, lentes de sedimentos da Formação Rio Bonito.

Nos níveis de topo, é encontrado material pegmatóide granofírico, disposto em veios milimétricos a decimétricos, com contatos bem definidos (Reserva), ou milimétricos, com contatos bem definidos e centimétricos, quando difusos na rocha (Salto do Itararé).

Os litotipos que compõem as soleiras são representados por basalto subalcalino, lati-basalto, andesi-basalto, dacito e riolito. Essas rochas são caracterizadas petrograficamente como diabásio vitrofírico, olivina diabásio, pigeonita diabásio, diabásio granofírico e granófiro.

Os dados químicos e petrográficos mostram que o corpo de Reserva apresenta-se mais diferenciado, quando comparado com o corpo de Salto do Itararé, devido a sua melhor condição termodinâmica de resfriamento. Isto se verifica em função de sua maior espessura, além de evidências, na Soleira de Salto do Itararé, de alívio de pressão, quando da



**Figura 11** - Concentrações relativas da média dos elementos maiores, menores e traços das rochas das soleiras de Reserva e Salto do Itararé, em relação às vulcânicas de alto titânio ( $\text{TiO}_2 > 2\%$ ) da região norte (quadrados) e baixo titânio ( $\text{TiO}_2 < 2\%$ ) da região sul (círculos) da Bacia do Paraná. Os dados das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná são de Piccirillo *et al.* (1988).

solidificação desse corpo causada, possivelmente, por falhamentos.

A cristalização fracionada foi o principal processo responsável pela geração de seus diversos litotipos, com exceção dos termos ácidos (veios pegmatóides granofíricos). Esses termos ácidos não representam apenas o líquido residual final, mas sim o líquido residu-

al associado a fases minerais em desequilíbrio, incorporadas por algum processo mecânico, durante sua migração para locais de mais baixa pressão.

As rochas das soleiras de Reserva e Salto do Itararé exibem uma maior proximidade composicional com os basaltos de alto titânio ( $\text{TiO}_2 > 2\%$ ) da região norte da Bacia do Paraná do que com aqueles de baixo

titânio ( $\text{TiO}_2 < 2\%$ ) da região sul.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPESP pelo auxílio concedido na forma de bolsa de mestrado (processo 87/2710-9) a um dos autores (V. Maniesi).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. (1964) Grupo São Bento - Geologia do Estado de São Paulo. Sec. Agr. Est., S. Paulo, Inst. Geogr. Geol., Bol. **41**:85-100.
- ALMEIDA, F.F.M. (1967) Origem da Plataforma Brasileira. DNPM, Div. Geol. Min., Rio de Janeiro (RJ), Bol. **241**:36p.
- BELLIENI, G.; PICCIRILLO, E.M.; ZANETTIN, B. (1981) Classification and nomenclature of basalts. IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. cir. 34. Contrib., **87**:1-19.
- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M.; NARDY, A.J.R.; ROISEMBERG, A. (1984a) High- and low- $\text{TiO}_2$  flood basalts from the Paraná Plateau (Brazil): Petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. Neues Jahr. Min. Abh., **150**(3):273-306.
- BELLIENI, G.; BROTZU, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; MELFI, A.J.; PACCA, I.G.; PICCIRILLO, E.M. (1984b) Flood basalts to rhyolite suites in the southern Paraná plateau (Brazil): paleomagnetism, petrogenesis and geodynamic implications. Jour. of Petrol., **25**(3):579-618.
- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MARTINEZ, L.A.; MELFI, A.J.; NARDY, A.J.R.; PICCIRILLO, E.M.; STOLFA, D. (1986a) Continental flood basalts from central-western regions of the Paraná plateau (Paraguay and Argentina): petrology and petrogenetic aspects. Neues Jahr. Miner. Abh., **154**(2):11-139.

- BELLIENI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A.J.; NARDY, A.J.R.; PAPTRECHAS, C.; PICCIRILLO, E.M.; ROISEMBERG, A.; STOLFA, D. (1986b) Petrogenetic aspects of acid and basaltic lavas from the Paraná plateau (Brazil): geological, mineralogical and petrochemical relationships; *Jour. of Petrol.*, **27**(4):915-944.
- CHANG, H.K.; KOWSWANN, C.O.; FIGUEIREDO, A.M.F.; BENDER, A.A. (1992) Tectonics and stratigraphy of the east brazilian rift system: an overview. *Tectonoph.*, **213**( 1/2), 97-138.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, P.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. (1980) A classification of volcanic and plutonic rocks using  $R_1$ - $R_2$  diagram and major element analyses. Its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, **29**:183-210.
- EVENSON, N.M.; HAMILTON, P.J.; O'NIONS, R.K. (1978) Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosm. Acta.*, **42**:1199-1212.
- FERREIRA, F.J.F. (1982) Alinhamentos estruturais magnéticos da região oriental da Bacia do Paraná e seu significado tectônico. *In: Geol. da Bacia do Paraná - reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos - PAULIPETRO, Consórcio IPT/CESP*, p.143-166.
- FERREIRA, F.J.F.; MORAES, R.A.V.; FERRARI, M.P.; VIANNA, R.B. (1981) Contribuição ao estudo do alinhamento estrutural de Guapiara. *In: Simp. Reg. de Geologia*, 3, Curitiba. SBG, **1**:226-240.
- FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. (1982) Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.*, **12**:590-611.
- GIRARDI, V.A.V.; MELFI, A.J.; AMARAL, S.E. (1978) Efeitos termiais associados aos diabásios mesozóicos da Bacia do Paraná. *Bol.IG-USP*, **9**:47-55.
- IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **8**:523-548.
- LE BAS, M.J.; LE MAITRE, R.W.; STREIKEISEN, A.; ZANETTIN, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the alkali-silica diagram. *Jour. of Petrol.*, **27**(3):745-750.
- MANIESI, V. (1991) Petrologia das soleiras de diabásio de Reserva e Salto do Itararé/PR. Dissertação de mestrado. IGCE-Universidade Estadual Paulista, 117p.
- MARQUES, L.S. (1988) Caracterização geoquímica das rochas vulcânicas da bacia do Paraná: Implicações petrogenéticas. São Paulo. Tese de doutoramento. IG - Universidade de São Paulo, 175p.
- MELFI, A.J. (1967) Potassium-argon dates for core samples of basaltic rocks from southern Brazil. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **31**:1079-1089.
- MINIOLLI, B.; POÇANO, W.L.; OLIVEIRA, S.M.B. (1971) Extensão geográfica do vulcanismo basáltico do Brasil meridional. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, **43**:433-437.
- PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. (1983) *Geologia do Brasil*. T. A. 1ª ed., São Paulo, SP. Queiroz Editor, EDUSP, 631p.
- PETRINI, R.; CIVETTA, L.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MARQUES, L.S.; MELFI, A.J. (1987) Mantle heterogeneity and crustal contamination in the genesis of low-Ti continental flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): Sr-Nd isotope and geochemical evidence. *Jour. Petrol.*, **28**:701-726.
- PICCIRILLO, E.M.; RAPOSO, M.I.B.; MELFI, A.J.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; BELLINI, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. (1987) Bimodal fissural volcanic suites from the Paraná Basin (Brazil): K-Ar age, Sr isotopes and geochemistry. *Geoch. Bras.*, **1**(1):53-69.
- PICCIRILLO, E.M.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MELFI, A.J.; STOLFA, D.; BELLINI, G.; MARQUES, L.S.; GIARETA, A.; NARDY, A.J.R.; PINESE, J.P.P.; RAPOSO, M.I.B.; ROISEMBERG, A. (1988) Petrochemistry of continental flood basalt-Rhyolite suites and related intrusives from the Paraná basin (Brazil). *In: The Mesozoic flood volcanism in the Paraná basin*. E.M. Piccirillo & A.J. Melfi (Eds.), IAG/USP-São Paulo, p.47-72.
- RENNE, R.P.; ERNESTO, M.; PACCA, I.G.; COE, R.S.; GLEN, J.G.; PRÉVOT, M.; PERIN, M. (1992) The age of Paraná flood volcanism, rifting of gondwanaland, and the Jurassic-Cretaceous boundary. *Science*, **258**:975-979.
- RUEGG, N.R. (1969) Aspectos geoquímicos, mineralógicos e petrográficos de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Tese de Doutorado. Fac. Fil. Ciênc. Letras, USP, 172p.
- SOARES, P.C. (1981) Estratigrafia das Formações Jurássico-Cretáceas na Bacia do Paraná, Brasil. *In: Cuencas sedimentares de Jurássico Y Cretáceo de America del Sul*. Buenos Aires, Comitê



Sudamericano del Jurássico Y Cretácico, **1**:271-304.

- SOARES, P.C.; MANIESI, V.; ANDRADE E SILVA, A.C.G.; NADALIN, R.J.; STEVANATO, R.; FURTADO, L.I.; CARVALHO, S.G.; OLIVEIRA, M.A.F.; SANTOS, J.F. (1987) Projeto Rio Sapucaí. Convênio UFPR-DOCEGEO. Relatório final. Depto. de Geologia, UFPR, Curitiba.
- TURNER, S.; REGELOUS, M.; KELLEY, S.; HAWKESWORTH, C.; MANTOVANI, M. (1994) Magmatism and continental break-up in the South Atlantic: high precision  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology. *Earth and Planet. Scien. Lett.*, **121**(3/4):333-348.
- WHITE, I.C. (1908) Relatório final da comissão de estudos das Minas de carvão de pedra do Brasil, Imp. Nac., Rio de Janeiro (RJ), 617p.