

**LITOGEOQUÍMICA DAS PRINCIPAIS UNIDADES
DO BATÓLITO PELotas NO RIO GRANDE DO
SUL**

Mário César Herédia de
Figueiredo 1
Antônio Romalino Santos
Fragoso César 1
Bárbara Isabelle Kronberg 2

1 Instituto de Geociências da
Universidade de São Paulo

2 Department of Geology,
Lakehead University, Thunder
Bay, Canadá

ABSTRACT

The Pelotas Batholith is composed predominantly of a Cambrian multi-intrusive granitic complex (Dom Feliciano Granitic Suite) associated to rhyolitic dike swarms and small basic plutons. Besides small alkali-granitic intrusions, the rest of the batholith is formed by older granitoid nappes (roof-pendants and mega-enclaves) of diorite-tonalite-granodiorite, granodiorite-monzogranite and 2-mica leucogranites.

The Piratiní Gneisses (Late Riphean - Vendian) correspond to calc-alkaline dioritic-tonalitic-granodioritic orthogneisses with chemical features of pre-collisional granitoids related to oceanic crust subduction (B-subduction) under an active continental margin.

The Pinheiro Machado Granitoids (Vendian) are alkali-calcic granodiorite-monzogranites with Caledonian-type characteristics, but appear to also correspond to pre-collisional granitoids as a latter and more mature phase in the evolution of the magmatic arc. Small 2-mica leucogranite sheets, intrusive into the Pinheiro Machado Granitoids, probably represent the syn-collisional stage.

The Dom Feliciano Granitic Suite (Cambrian) is subdivided into porphyritic and equigranular facies, with predominance of monzogranites and syenogranites, respectively, with alkali-calcic late-orogenic characteristics. Alkali-granitic plutons intrude all granitoids and may represent the post-orogenic phase of the Brasiliano Cycle in the region.

While the Rb/Sr isotopic data is consistent with the proposed evolution, the Nd model ages range from 2.0 - 1.2 Ga. This may reflect episodes of Sm/Nd fractionation within a lithospheric mantle instead of the accretion age of the granitoids. These apparent ages, which are also obtained in Paraná and Karroo continental basalts, probably indicate coupled evolution of the continental crust and lithospheric mantle. In the suggested model, the Piratiní Gneisses were originated by differentiation of basic magmas formed by partial melting of lithospheric mantle, induced by dehydration of subducted oceanic crust, while the more mature arc granitoids had increasing crustal contamination or mingling-mixing with crustal melts and finally, in the late- and post-orogenic stages, partial melting of continental crust predominates.

INTRODUÇÃO

O Batólito Pelotas é uma complexa estrutura granítica marginada por espessas faixas miloníticas transcorrentes sinistrais de direção em torno de NE-SW e localizada na Zona Central do Cinturão Dom Feliciano, desde o sudeste de Santa Catarina até o sudeste do Uruguai (Fragoso Cesar et al., 1986, 1989; Sallet et al., 1989a; Monteiro, em preparação). Sua extensão superior a 1.000 km e largura que, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, deve atingir cerca de 100 km, o caracterizam como um dos grandes batólitos do mundo, comparável a Sierra Nevada, Peninsular Ranges, Costeiro do Perú e outros. Seu limite oriental aflora apenas no sudeste uruguaio, onde através da Zona de Cisalhamento Alferes-Cordillera (Masquelin, 1989) separa-se da Nappe Granítica Sierra de Rocha (Fragoso Cesar et al., 1989). A oeste, seu limite com os metassedimentos e nappes graníticas da Zona Ocidental, assim como com o Batólito Encruzilhada do Sul (Fig. 1), dá-se através da Principal Zona de Cisalhamento Vertical (Fragoso Cesar et al., 1989), o que parece ser confirmado por dados gravimétricos (Shukowski et al., 1990).

A constituição interna deste batólito foi verificada em diversas seções regionais efetuadas no Uruguai, RS e SC (Fragoso Cesar et al., 1986, 1987, 1989) e mapeada em SC (Sallet et al., 1989a) e no RS (Fernandes et al., 1989; Monteiro, em preparação). Na região de Pinheiro Machado, RS, o mapeamento levantado por um dos autores (ARSFC) juntamente com o geólogo Rubens Luiz Monteiro, trabalho este em função da Tese deste colega, confirmou a litoestratigrafia que defendíamos e corrigiu várias distorções que não havíamos percebido anteriormente. Como resultado dos trabalhos citados, foram identificadas as seguintes unidades plutônicas do batólito no RS: Gnaisses Piratiní; Granitóides Pinheiro Machado; Leucogranitos Cordilheira; Suíte Granítica Dom Feliciano; Diques Riolíticos Asperezas; Gabros Toleíticos e outras básicas; e pequenos stocks de pertita granitos. Localmente são preservadas unidades supracrustais tais como: exposições de mármore das pedreiras Conde Matarazzo e Brasileira, contendo pequenos "sills" e diques de sienitos pré-orogênicos (Sallet et al., 1989b), situadas próximas a Pedro Osório; turbiditos pelíticos e areno-pelíticos anquimetamórficos na região de Cerro Chato, a norte de Erval; e pequenos platôs de piroclásticas ácidas junto à fronteira com o Uruguai, relacionados aos Riólitos Asperezas.

As relações de campo mostram que o Batólito Pelotas é, em essência, uma estrutura multi-intrusiva granítica cambriana, relacionada à instalação de grandes zonas de transcorrência profusamente injetadas por plútons da Suíte Granítica Dom Feliciano, em condições sin- a tardi-cinemáticas. Associadas a estas injeções, houve atividade sin-plutônica de pequenos corpos de gabros e diversos enxames de diques dos Riólitos Asperezas, alimentando, em superfície, vulcanismo riolítico. Dentro da grande massa granítica então formada, que deve compreender mais de 70% da área de exposição do batólito, ocorrem, como "roof-pendants", restos de seu embasamento, constituídos por nappes granitóides de Gnaisses Piratiní, Granitóides Pinheiro Machado e Leucogranitos Cordilheira e "fensters" e escamas tectônicas de metassedimentos associados a estas nappes (mármore e turbiditos). Como intrusões terminais, aparecem pequenos "stocks" de pertita granitos (Fragoso Cesar et al., 1989; Sallet et al., 1989a; Monteiro, em preparação).

Em trabalho anterior (Fragoso Cesar et al., 1986) postulamos que as unidades plutônicas acima descritas representassem testemunhos de magmatismo relacionado à subducção oceânica, colisão continental e soerguimento pós-colisional na evolução do Cinturão Dom Feliciano. Os trabalhos posteriores (Fragoso Cesar et al., 1987, 1989) apontaram novos elementos para esta hipótese e agora, graças principalmente a dados analíticos inéditos, pretendemos demonstrar sua validade.

AS UNIDADES DO BATÓLITO PELOTAS NO RIO GRANDE DO SUL

O embasamento do batólito: nappes granitóides e supracrustais associadas

Os "roof-pendants" de nappes graníticas que representam restos do embasamento do batólito, são reconhecidos em toda a sua extensão, tendo sido mapeados nas regiões de Quitéria (Fernandes et al., 1989) e Pinheiro Machado (Monteiro, em preparação). São eles constituídos pelos Gnaisses Piratiní, Granitóides Pinheiro Machado e Leucogranitos Cordilheira, os dois primeiros refletindo o plutonismo pré-colisional e o último, o sin-colisional. Na região de Quitéria, Fernandes et al., (1989) a eles se referiram como, respectivamente, Complexo Gnáissico Arroio dos Ratos, Metagranito Quitéria e Metagranito Arroio Francisquinho.

Os Gnaisses Piratiní ocupam áreas restritas, como regra ocorrendo na forma de enclaves tectônicos e xenólitos no interior dos Granitóides Pinheiro Machado. Na região de Pinheiro Machado (Monteiro, em preparação), sua maior exposição é de cerca de 1 km². Já na região de Quitéria (Fernandes et al., 1989), ocupam área superior a 100 km². Petrograficamente são biotita(+ hornblenda) ortognaisses derivados de quartzo-dioritos, tonalitos e granodioritos, comumente com enclaves de dioritos e, ocasionalmente, xenólitos de paragnaisses. Estruturalmente são gnaisses bandados afetados por dobras apertadas e metamorfozizados

em fácies anfibolito. As idades Rb/Sr obtidas em amostras destes gnaiss por Soliani Jr. (1986) variam de 884 ± 19 Ma e R_o de 0,7027 a 827 ± 25 Ma e R_o de 0,7074, marcando a instalação do arco magmático do Cinturão Dom Feliciano.

Os Granitóides Pinheiro Machado possuem amplas ocorrências, devendo equivaler a mais de 20% da área de exposição do batólito, constituindo diversas "manchas" irregulares como "roof-pendants" no seio da Suíte Granítica Dom Feliciano. Na região de Pinheiro Machado (Monteiro, em preparação), foram mapeados 14 "roof-pendants", possuindo, o maior deles, área superior a 20 km². Na região de Quitéria (Fernandes et al., 1989), estes granitóides ultrapassam 100 km² em área, intercalando escamas tectônicas dos Gnaisses Piratini e dos Leucogranitos Cordilheira. Petrograficamente são biotita monzogranitos, localmente granodioritos, porfiríticos a megacristais de K-feldspato atingindo até 6 cm de comprimento. Estruturalmente são foliados, marcados tanto por estruturas primárias (orientação preferencial de megacristais) como por tectônicas, ambas concordantes, de direção geral em torno de NE-SW e caimento para NW e para SE, variáveis de 10 a 70°, registrando dobramentos posteriores. A foliação tectônica, não considerando as geradas por transcorrências posteriores, altera de forma variável a sua fábrica, produzindo desde augen gnaisses até milonitos finos, estes últimos ocorrendo onde aflora a base de suas nappes, como exemplificado na região de Erval, confundidos por Fragoso Cesar et al. (1986) com metassedimentos (vide Fragoso Cesar et al., 1989). Uma isócrona Rb/Sr de referência destes granitóides apontou idade de 775 ± 36 Ma e R_o de 0,7060 (Soliani Jr., 1986), caracterizando a fase mais jovem e madura da evolução do arco do Cinturão Dom Feliciano.

Os Leucogranitos Cordilheira constituem "sheets" de 2-mica granitos a granodioritos, diversamente milonitizados e imbricados com os granitóides anteriores, representando granitos tipo-S gerados pela fusão de metassedimentos durante o avanço das nappes (Fragoso Cesar et al., 1986, 1989). Ocorrem preferencialmente na borda ocidental do batólito, onde Picada (1971) os definiu. No interior deste, são mais escassos, formando corpos menores como os aflorantes na região de Erval e de Pedro Osório (Fragoso Cesar et al., 1989). Não foram ainda radiometricamente analisados.

As supracrustais associadas, excluindo xenólitos de paragneisses, foram reconhecidas e interpretadas (Fragoso Cesar et al., 1989), em função das relações de campo, como janelas estruturais aflorantes sob as nappes graníticas. São elas, os turbiditos anquimetamórficos de Cerro Chato, marcando a sedimentação de flysch em uma antefossa durante o avanço das nappes e os mármore e intrusivas sieníticas da região de Pedro Osório, registrando a extensão oriental da Cunha Miogeoclinal Lavallega, sobre a qual empilharam-se as nappes graníticas.

O arcabouço do batólito: a Suíte Granítica Dom Feliciano e unidades associadas

Fragoso Cesar et al. (1986) definiram o Batólito Pelotas como um complexo multi-intrusivo e polifásico, visualizando que os plutonitos deformados do item anterior representavam fases iniciais de sua evolução magmática, considerando-os, portanto, autóctones. Em trabalhos posteriores (Fragoso Cesar et al., 1987, 1989; Sallet et al., 1989a; Monteiro, em preparação) foi reconhecido o caráter alóctone daquelas unidades, que foram interpretadas como estruturas anteriores à instalação do batólito. O Batólito Pelotas seria então uma grande estrutura plutônica gerada durante o Cambriano (cerca de 570 a 540 Ma) por inúmeras intrusões de granitos (s.s.) sub-alcálinos, ao longo das grandes zonas transcorrentes que então afetavam seu embasamento, intrusões estas agrupadas na Suíte Granítica Dom Feliciano.

A Suíte Granítica Dom Feliciano é constituída por centenas (ou milhares?) de plútons coalescentes de sienogranitos, subordinadamente monzogranitos e, localizadamente, K-feldspato granitos, quartzo-sienitos e quartzo-monzonitos, com teores baixos (menos de 5%) de máficos, predominantemente biotita. Como regra, contém fluorita como acessório. Devido a sua contemporaneidade com a instalação de grandes zonas de cisalhamento vertical NE-SW, seus corpos possuem formas alongadas e

estreitas, mostrando deformação variável desde cataclase incipiente até intensa milonitização. Abstraindo-se a deformação, que em largos trechos não é notável, destacam-se duas facies texturais principais: isotropa, localmente com pequenos fenocristais esparsos, de granulometria variável de fina a grossa; e porfirítica, a megacristais de K-feldspato euédricos, de até 5 cm, comumente com orientação por fluxo magmático paralelizado à direção tectônica NE-SW, o que torna-a confundível com os Granitóides Pinheiro Machado, conforme discutido por Monteiro (em preparação).

Os Riolitos Asprezas constituem milhares de diques organizados em enxames contemporâneos e intimamente associados à Suíte Granítica Dom Feliciano, conforme demonstram vários afloramentos em que seu caráter sin-plutônico é evidenciado. Assim como os granitos da citada suíte, também ocorrem desde incipientemente cataclasados até intensamente milonitizados. Localmente preservam suas efusões supracrustais piroclásticas, como exemplificado pelos ignimbritos e tufo da Suíte Vulcânica Ana Dias da região de Quitéria (Fernandes et al., 1989).

Gabros toleíticos de dimensões modestas (corpos de 1 a 20 km²), que pelas relações de campo são aparentemente contemporâneos aos granitos da Suíte Dom Feliciano, foram mapeados na região de Pinheiro Machado (Monteiro, em preparação).

As isócronas Rb/Sr obtidas nos granitos e riolitos acima discutidos (Soliani Jr., 1986), e que caracterizam a idade do batólito, variam de 572 ± 10 a 544 ± 5 Ma, com razões iniciais de 0,709 ou superior (nos riolitos alcança 0,714), o que inviabiliza sua interpretação, como granitos relacionados à consumo de crosta oceânica (B-subducção), conforme já sugerido por Fragoso Cesar et al. (1982a, b), Issler (1982), Jost et al. (1984) e Wernick et al. (1987). Recentemente, Fragoso Cesar et al. (1986, 1989) consideraram-nos como granitos sin- a tardi-cinemáticos aos grandes cisalhamentos tardi-colisionais do batólito, especulando que sua gênese estaria relacionada à fusões da base de crosta continental.

Intrusões finais, pós-colisionais, de pequenos "stocks" de pertita granitos hololeucocráticos indeformados, embora injetados em zonas de cisalhamento, foram mapeados na região de Pinheiro Machado (Monteiro, em preparação), cujo melhor exemplo é o granito Cerro dos Cachorros. Estes corpos não foram ainda datados, mas supõe-se que sejam Ordovicianos.

GEOQUÍMICA

Os dados analíticos inéditos para o Batólito Pelotas, aqui apresentados, para os Gnaisses Piratini (Tab. 1), Granitóides Pinheiro Machado (Tab. 2) e Suíte Granítica Dom Feliciano, facies porfirítica (Tab. 3), foram analisados no X-Ray Assay Laboratories Limited, em Don Mills, Ontário, Canadá, por fluorescência de raios-X. Os limites de detecção são de 0,01% em peso dos óxidos de elementos maiores e menores e de 10 ppm para os elementos traços. A localização das amostras analisadas pode ser solicitada a um dos autores (ARSFC).

Análises de granitos da Suíte Granítica Dom Feliciano, facies isotropa, disponíveis na literatura (Moreira e Marimon, 1982 - Complexo Arroio dos Ladrões; in Jost et al., 1984), também serão utilizadas na discussão e interpretação da granitogênese do Batólito Pelotas. Outros dados analíticos de granitóides do Rio Grande do Sul, já foram objeto de reavaliação e reinterpretação em trabalhos anteriores (e.g., Jost et al., 1984; Fragoso Cesar et al., 1986).

Os Gnaisses Piratini analisados mostraram uma ampla variação composicional, desde gabro-dioritos a tonalito-granodioritos, com predominância de termos intermediários. Nos diagramas de Harker (Fig. 2), observa-se que as duas amostras mais diferenciadas (44 e 5b) tem teores consideravelmente mais baixos de K₂O e, além disso, há ligeiras quebras nos "trends" de outros elementos, como no CaO. O empobrecimento de potássio dessas amostras é acompanhado pelo de Rb (Fig. 3), o que demonstra que os mesmos devam ter significação petrogenética e não sejam devidos simplesmente a erro analítico. Provavelmente, essas duas amostras de granodiorito correspondam a litologias de uma sequência

ígnea distinta, algo mais primitiva que a dos Gnaisses Piratiní (definida pelas outras amostras). Novas determinações, em trabalhos futuros, devem caracterizar melhor a diversidade composicional dessas litologias.

Com relação à razão cálcio-álcalis versus sílica (Fig. 6), os Gnaisses Piratiní apresentam um índice álcali-cálcio (Peacock, 1931) de cerca de 58, o que os caracterizam como uma sequência cálcio-alcálica. Algumas sequências cálcio-alcálicas de suítes intrusivas Mesozóico-Terciárias que apresentam índices álcali-cálcio comparáveis são, por exemplo, os granodioritos tardios do Panamá e o batólito Alaska Range (apud Brown, 1982).

A distribuição das amostras analisadas dos Gnaisses Piratiní no diagrama multicatiônico R_1-R_2 (Fig. 7) de La Roche et al. (1980) demonstra sua semelhança com granitóides pré-colisionais de margens de placa ativa, tais como os do batólito Sierra Nevada e os trondhjemitos da Finlândia (apud Batchelor & Bowden, 1985), e que correspondam aos equivalentes petrológicos da série de rochas plutônicas cálcio-alcálica trondhjêmica de Lameyre & Bowden (1982). Suas relações Sr-Ba-Rb (Fig. 8) mostram sua similaridade aos granitos de alto-Ca de Turekian & Wedepohl (1961) e aos granodioritos e quartzo-dioritos de El Bouseily & El Sokkary (1975) e também demonstram a separação das duas amostras mais ácidas, das demais amostras.

De modo geral, os teores de elementos traços sugerem que há uma comparação mais adequada com os granitóides de margem continental ativa, como o granodiorito Half Dome do batólito Sierra Nevada (Frey et al., 1978; Bateman & Chappel, 1979), a superunidade Linga do batólito costeiro do Peru (Pitcher, 1985) e as suítes intrusivas em crosta continental da região de Papua-Nova Guiné (Mason & McDonald, 1978), em vez de com os granitóides de arcos insulares.

Os Granitóides Pinheiro Machado apresentam-se como uma sequência expandida, com termos intermediário-ácidos, com predominância de litologias correspondentes a granodioritos e monzogranitos. Três amostras (63e, 70a e 24c) distinguem-se (Fig. 4) por teores mais elevados de Mg e Fe e apresentam boa coerência composicional. Desse modo, parece haver duas sequências originais, levemente diferentes, com "trends" bem definidos, mesmo em relação aos elementos traços (Fig. 5), com exceção de Nb e Y. O enriquecimento em Rb e empobrecimento em Sr e Ba, com o acréscimo da Sílica, sugere um aumento na razão K-feldspato/plagioclásio na evolução desses granitóides.

Os Granitóides Pinheiro Machado apresentam um índice álcali-cálcio da ordem de 53 (Fig. 6), na faixa das sequências álcali-cálcicas, como, por exemplo, os granitóides do arco continental da Nova Guiné (apud Brown, 1982), do Terciário, e o cinturão granitóide Trans-Labrador, do Proterozóico Inferior-Médio, interpretado (Kerr, 1989) como formado em um ambiente pós-colisional envolvendo espessamento crustal, soerguimento e atividade tectônica tensional ou transcorrente, com área-fonte variável, incluindo material mantélico e crosta continental mais antiga. Em termos das relações multicatiônicas de La Roche et al. (1980), distribuem-se (Fig. 7) no campo dos granitóides de soerguimento pós-colisional (Batchelor & Bowden, 1985), como os granitos Caledonianos, correspondendo às séries granitóides cálcio-alcálicas granodiorítica e monzonítica de Lameyre & Bowden (1982).

A Suíte Granítica Dom Feliciano, caracterizada por rochas ácidas, pode ser subdividida em duas facies principais, uma porfirítica e outra isotropa. A facies porfirítica é um pouco menos diferenciada, com predomínio de monzogranitos, enquanto a isotropa é dominada por sienogranitos. Os diagramas de Harker (Fig. 4) sugerem que ambas as facies poderiam corresponder a uma progressiva diferenciação de uma mesma sequência, com exceção dos teores de Fe_2O_3 mais elevados e de CaO levemente mais baixos para a facies isotropa, em relação à facies porfirítica, para teores similares de sílica. Isto, contudo, pode ser devido a diferenças laboratoriais, visto que as amostras da facies porfirítica correspondem a dados deste trabalho, enquanto as da facies isotropa são determinações disponíveis na literatura especializada (Moreira e Marimon, 1982; in Jost et al., 1984). Esta interpretação é baseada em evidências de campo que sugerem uma transição entre ambas as facies

dos granitos Dom Feliciano. Desse modo, a distinção entre elas (e.g., Figs. 6 e 7) pode ser um artifício devido a comparação de dados de diferentes laboratórios e, na verdade, elas corresponderem a uma progressiva diferenciação de uma única sequência, com variação transicional de seus aspectos texturais. Ambas as facies da Suíte Granítica Dom Feliciano tem tendências álcali-cálcicas (Fig. 6) e, no diagrama R_1-R_2 (Fig. 7), distribuem-se no campo dos granitos tardi-orogênicos (Batchelor & Bowden, 1985), que correspondem aos granitos da série sub-álcali na monzonítica (Lameyre & Bowden, 1982), como os granitos mais diferenciados do complexo Etive da Escócia.

No que diz respeito à distribuição de elementos traços (Fig. 5), os granitos Dom Feliciano, facies porfirítica, são relativamente mais enriquecidos em Sr, Ba e Zr que os Granitóides Pinheiro Machado. Os teores de Nb e Y para estes granitos, bem como os outros granitóides analisados, não definem uma tendência clara. Sua distribuição em patamares com intervalos regulares de 10 ppm, indicam que a confiabilidade destas determinações é muito reduzida. Desse modo, no diagrama discriminante de Pearce et al. (1984), que relaciona Nb+Y versus Rb, os granitóides analisados cairiam no campo dos granitóides de arco vulcânico, como seria de se esperar, mas todos em sua parte superior e sem uma clara distinção entre as diferentes sequências. A utilização de dados mais precisos de Nb e Y deverá permitir uma melhor definição desses granitóides com base na distribuição desses importantes elementos traços, inclusive na confecção de "spidergrams".

CONCLUSÕES

Os Gnaisses Piratini, que ocorrem como "roof-pendants" de nappes granitóides representando restos do embasamento do Batólito Pelotas, correspondem a uma sequência cálcio-alcálica composta por diorito-tonalito-granodioritos, com ampla predominância de termos intermediários. Suas composições de elementos maiores e traços são características de granitóides formados em ambiente pré-colisional, relacionado à subducção de litosfera oceânica sob margem continental ativa.

Os Granitóides Pinheiro Machado, que também ocorrem como restos do embasamento do batólito, embora em proporção considerável, constituem-se de granodiorito-monzogranitos, álcali-cálcicos, com composições comparáveis às de granitóides de soerguimento pós-colisional do tipo Caledoniano. Contudo, evidências de campo, como o fato destes granitóides serem cortados por 2-mica leucogranitos, interpretados como sin-colisionais, sugerem que eles também correspondam a granitóides pré-colisionais. Neste caso, eles seriam formados no arco magmático de margem continental ativa, ainda no ambiente pré-colisional, mas com maior maturidade que os Gnaisses Piratini. Em vários batólitos de margem continental tipo Andina (e.g., batólito costeiro do Peru, Pitcher, 1978; batólito Sierra Nevada, Bateman & Dodge, 1970; batólito de Idaho, Armstrong et al., 1977) existem tendências evolutivas para sequências progressivamente mais alcalinas e silícicas, desenvolvidas com o tempo ou com a distância da margem em subducção.

O período sin-colisional seria marcado pela presença de 2-mica leucogranitos a granodioritos, com xenólitos de metassedimentos, representando granitos tipo-S gerados pela fusão de metassedimentos durante o avanço de nappes. Sua ocorrência principal é na borda ocidental do batólito (granitos Cordilheira), além de ocorrerem escassamente no interior deste, como pequenas "sheets" na região de Erval e Pedro Osório.

O arcabouço principal (mais de 70%) do batólito é formado pela Suíte Granítica Dom Feliciano, do Cambriano, constituída por plútons de monzogranito-sienogranitos intrudidos contemporaneamente à instalação de grandes zonas de cisalhamento vertical, de direção NE-SW. A suíte pode ser subdividida em facies porfirítica, predominantemente monzogranítica, e isotropa, dominada por sienogranitos. Ambas as facies são álcali-cálcicas e corresponderiam a granitos tardi-orogênicos ou da série sub-alcálica monzonítica. Plútons circunscritos de álcali-feldspato granitos (Ordovicianos?) cortam localmente os granitos Dom Feliciano, como por exemplo os granitos Cerro dos Cachorros, Capão do Leão, Arroio do Bote, etc.

Esta granitogênese apresenta distintas seqüências litológicas, com grau de maturidade crescente, indicativas de uma origem em um arco magmático de margem continental ativa, estando registrados os estágios pré-colisional (B-subducção), sin-colisional e pós-colisional.

Os dados isotópicos Rb/Sr (Soliani Jr., 1986), como discutidos brevemente em trabalhos anteriores (Fragoso Cesar et al., 1986) e em capítulos iniciais deste trabalho, são coerentes com esta hipótese. As idades variam de cerca de 850 Ma para os Gnaisses Piratini, por volta de 780 Ma para os Granitóides Pinheiro Machado e 570-540 Ma para os granitos Dom Feliciano, com razões iniciais variando predominantemente entre 0,706 e 0,709. Como discutido por Brown (1982), estas razões iniciais assemelham-se às dos batólitos formados em arcos magmáticos que teriam embasamento continental. Razões iniciais ainda mais elevadas ocorrem em granitóides do Batólito Encruzilhada do Sul e em Santa Catarina e devem refletir uma granitogênese pós-colisional, com fusão parcial de crosta continental do Proterozóico Médio-Inferior.

A própria evolução dos granitóides do Batólito Pelotas, para seqüências álcali-cálcicas e com razões iniciais progressivamente mais elevadas, reflete uma crescente maturidade do arco magmático e sugere crescente retrabalhamento crustal.

Por outro lado, as idades Sm/Nd disponíveis para os granitóides do batólito (Mantovani et al., 1987) indicam valores de 1,2 a 2,0 Ga, que poderiam ser interpretadas como a idade de acreção crustal de granitóides (Gnaisses Piratini e Granitóides Pinheiro Machado) no Proterozóico Médio-Inferior. No entanto, achamos mais provável que isto reflita episódios prévios de fracionamento de Sm-Nd em um manto litosférico e, portanto, correspondam a idades aparentes. Cabe salientar, que idades Sm/Nd proterozóicas são também reveladas em basaltos continentais da Bacia do Paraná (Hawkesworth et al., 1986) e do Karroo (Ellam & Cox, 1989). Estes últimos autores interpretaram a idade isotópica Sm/Nd proterozóica como a idade aparente de uma isócrona mantélica correspondendo ao último episódio de fracionamento de Sm-Nd em uma fonte litosférica e uma posterior evolução conjunta da crosta continental e manto litosférico.

No modelo aqui sugerido para a evolução do Batólito Pelotas, os Gnaisses Piratini seriam originados por diferenciação de magmas básicos produzidos por fusão parcial de manto litosférico proterozóico, induzida pela desidratação de litosfera oceânica em subducção. Os granitóides de maior maturidade envolveriam crescente retrabalhamento de crosta continental ou mistura com magmas crustais, até o estágio pós-colisional, onde predominariam as fusões parciais da crosta continental proterozóica.

Agradecimentos

A realização deste trabalho tornou-se possível graças ao apoio financeiro da FAPESP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, R.L.; TAUBENECK, W.H.; HALES, P.O. - 1977 - Rb-Sr and K-Ar geochronometry of Mesozoic granitic rocks and their Sr isotopic composition, Oregon, Washington, and Idaho. *Geol.Soc.Am.Bull.*, 88: 397-411.
- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. - 1985 - Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chem.Geol.*, 48:43-55.
- BATEMAN, P.C. & CHAPPELL, B.W. - 1979 - Crystallization, fractionation and solidification of the Tivolumne intrusive series, Yosemite National Park, California. *Geol.Soc.Am.Bull.*, Part I, 90:465-482.
- BATEMAN, P.C. & DODGE, F.C.W. - 1970 - Variations of major chemical constituents across the central Sierra Nevada batholith. *Geol.Soc. Am.Bull.*, 81:409-420.

- BROWII, G.C. - 1982 - Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution, and relation to volcanic arcs. In: R.S.Thorpe (Ed.) Ande sites, John Wiley & Sons, p.437-461.
- EL BOUSEILY, A.M. & EL SOKKARY, A.A. - 1975 - The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chem.Geol.*, 16:207-219.
- ELLAM, R.M. & COX, K.G. - 1989 - A Proterozoic lithospheric source for Karroo magmatism. Evidence from the novanetsipicrites. *Earth planet.Sci.Lett.*, 92(2):207-218.
- FERNANDES, L.A.D.; TOMMASI, A. & PORCHER, C.C. - 1989 - Esboço estrutural de parte do Batólito Pelotas, região de Quitéria-Capivarita. IV Simp.Sul-Bras. Geol., Atas Porto Alegre (no prelo).
- FRAGOSO CESAR, A.R.S.; FIGUEIREDO, M.C.H.; SOLIANI JR., E.; FACCINI, U.F. - 1986 - O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: Congr.Bras.Geol., 34, Goiânia, Anais, SBG, v.3, p.1322-1343.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S.; MACHADO, R. & GOMEZ, C.R. - 1987 - Observações sobre o Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio e correlações com o Escudo do rio Grande do Sul. III Simp. Sul-Bras.Geol., Atas, 2:791-809, Curitiba.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S.; MACHADO, R.; MONTEIRO, R.L. & SALLET, R. - 1989 - Nappes e estruturas correlatas do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense: uma introdução ao problema. IV Simpl. Sul-Bras.Geol., Atas, Porto Alegre. (no prelo).
- FRAGOSO CESAR, A.R.S. ; WERNICK, E. & SOLIANI JR., E. - 1982a - Associação petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano (SE da Plataforma Sul-Americana). XXXII Congr.Bras.Geol., Anais, 1:1-12, Salvador.
- FRAGOSO CESAR, A.R.S.; WERNICK, E. & SOLIANI JR., E. - 1982b - Evolução geotectônica do Cinturão Dom Feliciano - uma contribuição através da aplicação do modelo de Tectônica de Placas. XXXII Congr.Bras.Geol., Anais, 1-13-23, Salvador.
- FREY, F.; CHAPPELL, B.W.; ROY, S.D. - 1978 - Fractionation of rare-earth elements in the Tvolunne intrusive series, Sierra Nevada Batholith California. *Geology*, 6:239-242.
- HAWKESWORTH, C.J.; MANTOVANI, M.S.M.; TAYLOR, P.N.; PALACZ, Z. - 1986 - Evidence from the Parana of south Brazil for a continental contribution to Dupal basalts. *Nature*. 322(6077):356-359.
- JOST, H.; FRANTZ, J.C.; WERNICK, E. - 1984 - Implicações geotectônicas da variação composicional temporal e regional dos granitóides do ciclo Brasileiro do Escudo Sul-Riograndense. In: Congr.Bras.Geol., 33, Rio de Janeiro, Anais... SBG, p.2978-3000.
- KERR, A. - 1989 - Geochemistry of the Trans-Labrador granitoid belt, Canada. A quantitative comparative study of a Proterozoic batholith and possible Phanerozoic counterparts. *Precambrian Res.*, 45:1-17.
- LAMEYRE, J. & BOWDEN, P. - 1982 - Plutonic rock type series: discrimination of various granitoid series and related rocks. In: R.Brousse & J. Lameyre (Eds.), *Magmatology, J.Volcanol. Geotherm.Res.*, 14: 169-186.
- LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRAND CLAUDE, P.; MARCHAL, M. - 1980 - A classification of volcanic and plutonic rocks using R₁-R₂ diagrams and major element analyses - its relationships with current nomenclature. *Chem.Geol.*, 29:183-210.

- MANTOVANI, M.S.M.; HAWKESWORTH, C.J.; BASEI, M.A.S. - 1987 - Nd and Pb isotope studies bearing on the crustal evolution of southeastern Brazil. *Rev.Bras.Geoc.*, 17:263-268.
- MASON, D.R. & McDONALD, J.A. - 1978 - Intrusive rocks and porphyry copper occurrences of the Papua New Guinea - Solomon Islands region: a reconnaissance study. *Econ.Geol.*, 73:857-877.
- MASQUELIN, H.C. - 1989 - Analisis estructural de las zonas de cizalla en las migmatitas de Punta del Este - Uruguay. IV Simp.Sul-Bras. Geol., Atas, Porto Alegre (no prelo).
- MONTEIRO, R.L. - em prep. - Geologia, petrologia e geocronologia do Batólito Pelotas na região de Pinheiro Machado, RS. Tese de doutoramento, IGUSP, São Paulo.
- MOREIRA, M.L. & MARIMON, M.P. - 1982 - Estudo petrográfico e litoquímico das rochas graníticas do Escudo Sul-Riograndense. In: Congr.Bras Geol., 32, Salvador, Anais... SBG, v.2,p.566-576.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. - 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks *J.Petrol.*, 25(4):956-983.
- PICADA, R.S. - 1971 - Ensaio sobre a tectônica do Escudo Sul-Riograndense. Caracterização dos sistemas de Falhas. XXV Congr.Bras.Geol., Anais. 1:167-191, São Paulo.
- PITCHER, W.S. - 1978 - The anatomy of a batholith. *J.Geol.Soc.Lond.*, 135:157-182.
- PITCHER, W.S. - 1985 - Magmatism at a plate edge. The Peruvian Andes. John Wiley & Sons, N.York, 328p.
- SALLET, R.; FERREIRA, A.C.; FRAGOSO CESAR, A.R.S.; MONTEIRO, R.L. & MACHADO, R. - 1989 - O arcabouço transalcalino tardi-orogênico do Batólito Pelotas e sua potencialidade para mineralizações em fluorita. IV Simp.Sul-Bras.Geol., Atas, Porto Alegre (no prelo).
- SALLET, R.; MONTEIRO, R.L.; MACHADO, R. & FRAGOSO CESAR, A.R.S. = 1989 Rochas sieníticas e básicas pré-orogênicas intrusivas na plataforma carbonática da Janela Estrutural Conde Matarazzo no Cinturão Dom Feliciano, RS. IV Simp.Sul-Bras.Geol., Atas, Porto Alegre (no prelo).
- SOLIANI JR., E. - 1986 - Os dados geocronológicos do Escudo Sul-Riograndense e suas implicações de ordem geotectônica. Tese de doutoramento. Inst.Geociências, USP, 425p. (inédito).
- TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, W.H. - 1961 - Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Bull.Geol.Soc.Am.*, 72: 175-192.
- WERNICK, E.; PUPIN, J.P.G.; WEBER-DIEFENBACH, K. & FERREIRA, C.J. - 1987 - Regional magmatic zoning of granitoids in the Dom Feliciano belt, Late precambrian of southern Brazil: lithogeochemistry and zircon tipology data. ISGAM, Extended Abstracts, 75-80. Salvador.

Tabela 1. Análises químicas dos Gnaisses Piratini

	63c	63b	63d	23b	5a	44	5b
SiO ₂ %	46,3	53,5	54,0	58,4	64,1	65,7	66,5
TiO ₂	1,35	1,62	1,05	1,11	0,69	0,64	0,52
Al ₂ O ₃	17,7	16,4	14,8	15,7	16,5	16,1	16,1
Fe ₂ O ₃ ^t	11,5	9,59	10,1	7,46	5,16	4,79	4,07
MnO	0,17	0,14	0,23	0,20	0,10	0,07	0,08
MgO	6,43	4,28	6,03	3,82	1,95	1,27	1,42
CaO	10,3	7,00	7,42	5,61	3,92	4,44	4,05
Na ₂ O	2,81	3,28	2,96	3,51	4,00	3,78	4,13
K ₂ O	1,57	2,26	1,97	2,76	2,57	1,65	1,91
P ₂ O ₅	0,28	0,40	0,23	0,30	0,20	0,17	0,17
P.F.	1,47	1,54	1,16	1,00	0,85	0,77	1,00
TOTAL	99,88	100,01	99,95	99,87	100,04	99,38	99,95
Ba ppm	340	740	220	710	370	300	310
Rb	90	160	150	180	240	90	140
Sr	570	490	290	320	410	350	380
Nb	20	30	10	30	20	20	30
Y	10	30	20	80	10	10	10
Zr	130	240	70	140	160	220	120
Cr	170	50	310	40	<10	<10	<10

Tabela 2. Análises químicas dos Granitóides Pinheiro Machado

	2a	3d	63e	24e	70a	24d	24c	24h
SiO ₂ %	62,7	65,0	67,0	67,8	68,5	69,5	69,7	74,3
TiO ₂	0,84	0,57	0,51	0,43	0,45	0,38	0,44	0,12
Al ₂ O ₃	16,9	16,1	15,4	15,9	15,3	15,5	15,2	14,3
Fe ₂ O ₃	4,94	3,45	3,78	2,55	3,20	2,04	2,95	0,43
MnO	0,09	0,07	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,02
MgO	1,46	1,23	1,56	0,98	1,39	0,85	1,03	0,14
CaO	3,87	3,52	3,24	2,74	2,82	2,49	2,62	1,81
Na ₂ O	3,65	3,18	3,52	3,76	3,44	3,68	3,51	3,35
K ₂ O	4,37	5,02	4,00	3,86	3,87	3,98	3,57	4,80
P ₂ O ₅	0,22	0,20	0,16	0,10	0,17	0,12	0,10	0,03
P.F.	0,85	1,39	0,70	1,08	0,77	1,16	0,77	0,54
TOTAL	99,89	99,73	99,96	99,27	99,96	99,77	99,96	99,84
Ba ppm	1.810	2.160	1.100	760	1.140	800	760	1.600
Rb	170	150	200	210	130	220	200	170
Sr	550	620	530	300	440	230	290	410
Nb	20	30	10	30	20	20	20	10
Y	20	10	20	20	10	40	20	10
Zr	360	210	170	130	160	150	190	100
Cr	<10	<10	10	10	20	10	20	<10

Tabela 3. Análises químicas dos granitos porfíricos Dom Feliciano

	60e	45	24g	24f	4	33a	52	63a	60f
SiO ₂ %	65,3	68,1	69,5	69,6	70,3	71,3	71,6	72,0	73,6
TiO ₂	0,45	0,69	0,34	0,35	0,32	0,29	0,35	0,22	0,20
Al ₂ O ₃	16,9	15,1	15,5	15,6	15,3	15,0	14,0	14,7	13,7
Fe ₂ O ₃ ^t	2,69	3,04	2,26	2,28	2,23	1,72	1,81	1,23	1,00
MnO	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,05	0,03	0,03	0,03
MgO	1,07	0,81	0,50	0,52	0,42	0,38	0,41	0,32	0,26
CaO	2,97	2,19	2,03	2,00	1,86	1,65	1,66	1,61	1,53
Na ₂ O	3,79	2,72	3,51	3,49	4,61	4,05	2,99	3,44	3,35
K ₂ O	5,28	5,47	5,16	5,18	3,81	4,62	5,75	5,60	4,89
P ₂ O ₅	0,17	0,21	0,11	0,11	0,10	0,09	0,10	0,17	0,05
P.F.	0,62	1,39	0,77	0,70	0,93	0,62	0,62	0,54	0,93
TOTAL	99,29	99,77	99,73	99,88	99,98	99,77	99,32	99,86	99,54
Ba ppm	1.430	1.120	2.280	2.250	1.110	1.900	960	820	970
Rb	120	230	210	210	130	100	150	180	130
Sr	720	340	630	630	160	620	480	240	390
Nb	10	10	30	10	20	10	10	20	10
Y	10	20	20	10	10	30	10	10	10
Zr	180	470	290	280	300	240	220	110	90
Cr	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

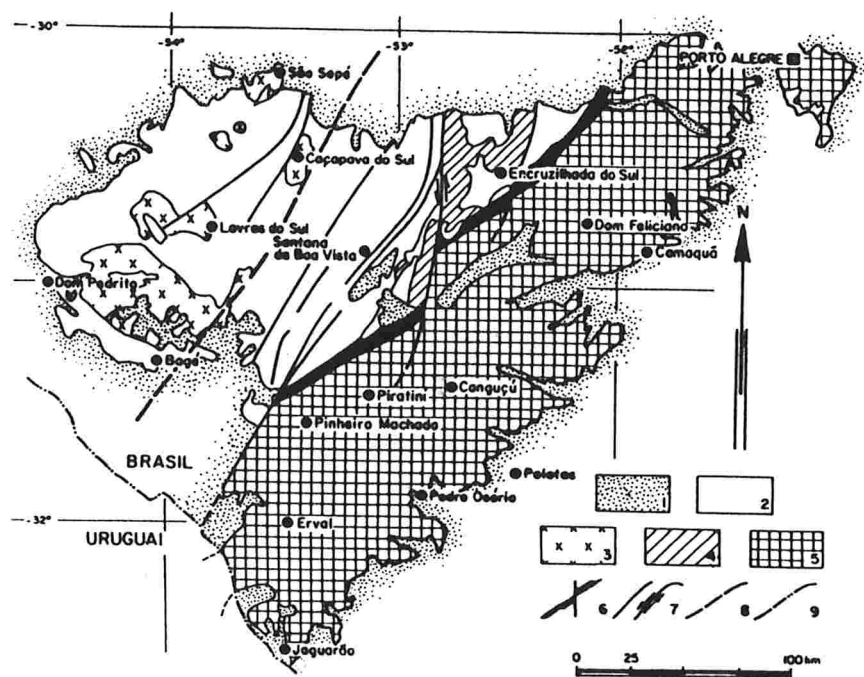


Figura 1. Esboço geológico com as principais unidades graníticas do Estado do Rio Grande do Sul. Simbologia: 1- Cobertura Fanerozoica; 2 - Outras unidades do Escudo; 3 - Granitóides intrusivos nestas; 4 - Batólito Encruzilhada do Sul; 5 - Batólito Pelotas; 6- Principal Zona de Cisalhamento Vertical; 7 - Falhas Diversas; 8 - Limite ocidental aproximado do Cinturão Dom Feliciano; 9 - Fronteira Brasil-Uruguaí.

Figura 2. Diagramas de variação de óxidos de elementos maiores (em peso %) versus sílica, para os Gnaisses Piratiní.

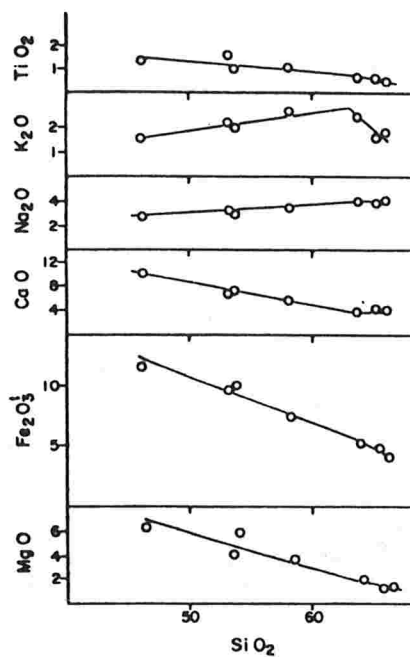


Figura 3. Diagramas de variação de elementos traços (em ppm) versus sílica, para os Gnaisses Piratiní.

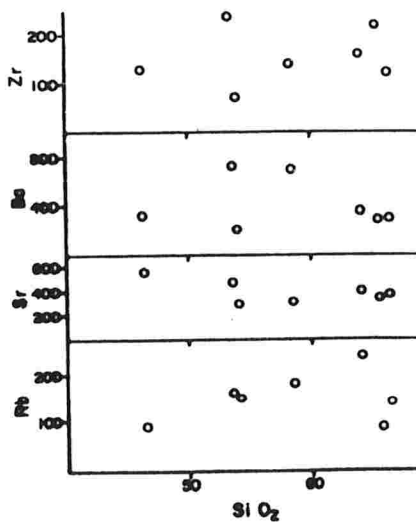


Figura 4. Diagramas de variação de óxidos de elementos maiores (em peso %) versus sílica, para os Granitóides Pinheiro Machado (círculos cheios) e para a Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies porfirítica (quadrados vazados) e fácies equigranular (quadrados cheios).

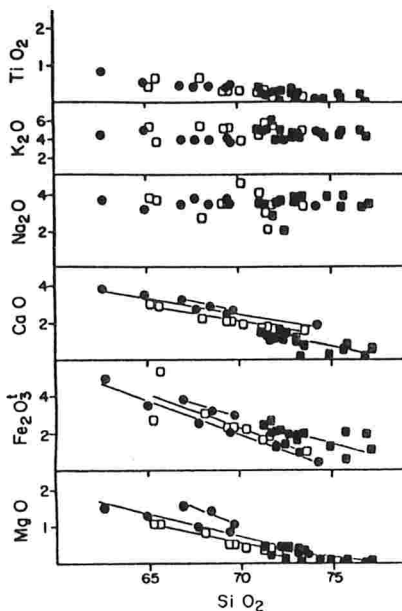


Figura 5. Diagramas de variação de elementos traços (em ppm) versus sílica, para os Granitóides Pinheiro Machado (círculos cheios) e para a Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies porfirítica (quadrados vazados).

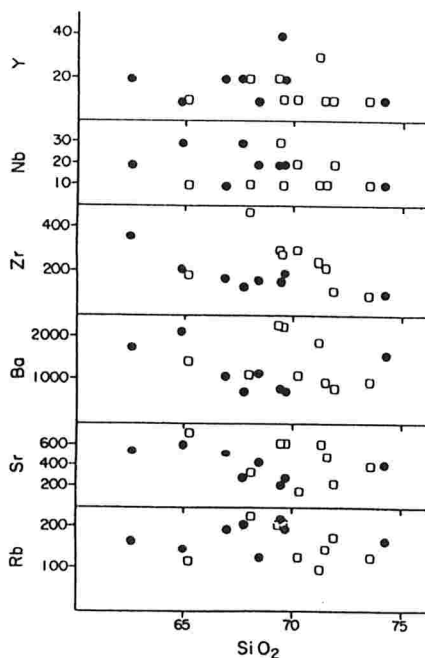


Figura 6. Diagrama da razão cálcio/álcalis versus sílica (Brown, 1982), para os Gnaisses Piratiní (círculos vazados), Granitóides Pinheiro Machado (círculos cheios) e Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies porfirítica (quadrados vazados) e fácies equigranular (quadrados cheios).

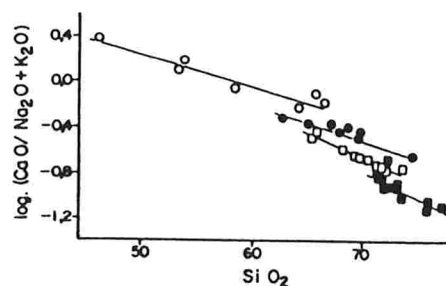


Figura 7. Diagrama R_1 - R_2 (La Roche et al., 1980) para os Gnaisses Piratiní (círculos vazados), Granitóides Pinheiro Machado (círculos cheios) e Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies porfirítica (quadrados vazados) e fácies equigranular (quadrados cheios).

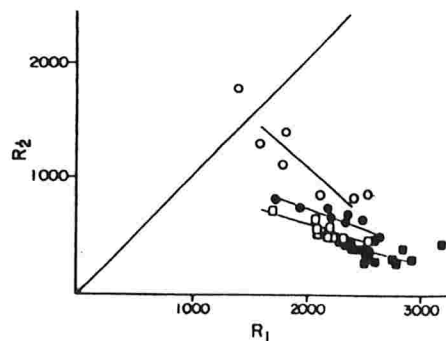


Figura 8. Diagrama ternário Sr-Ba-Rb, para os Gnaisses Piratiní (círculos vazados), Granitóides Pinheiro Machado (círculos cheios) e Suíte Granítica Dom Feliciano, fácies porfirítica (quadrados vazados).

