



André Gaspar Parente Teixeira

**Estudos Geoquímicos Comparativos de Granitos Tardi a
Pós-Colisionais do Segmento Central do Orógeno Ribeira
no Estado do Rio de Janeiro**

*Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.*

Orientador:

Prof. DSc. Julio Cezar Mendes

M
GL
T266E

**Rio de Janeiro
Abril de 2010**

TEIXEIRA, André Gaspar Parente

Estudos Geoquímicos Comparativos de Granitos Tardi a Pós-Colisionais do Segmento Central do Orógeno Ribeira no Estado do Rio de Janeiro / André Gaspar Parente Teixeira - Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO, 2010.

x, 39 p.: il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2010.

Orientador: Julio Cezar Mendes

1. Geoquímica. 2. Granitos 3. Orógeno Ribeira 4. Rio de Janeiro – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Julio Cezar Mendes II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Estudos Geoquímicos Comparativos de Granitos Tardi- a Pós-Colisionais do Segmento Central do Orógeno Ribeira no Estado do Rio de Janeiro.

André Gaspar Parente Teixeira

**Estudos Geoquímicos Comparativos de Granitos Tardi a Pós-
Colisionais do Segmento Central do Orógeno Ribeira no Estado do
Rio de Janeiro**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientador:

Prof. DSc. Julio Cezar Mendes

Aprovada em ____ de _____ de 2010.

Por:

Orientador: DSc. Julio Cezar Mendes (UFRJ)

PhD. Everton Marques Bongioiolo (UFRJ)

DSc. Silvia Regina de Medeiros (UERJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
Abril de 2010

AGRADECIMENTOS

Não seguindo apenas formalidades, agradecimentos devem ser feitos mediante atos e gestos, há um grupo de pessoas que devo mencionar aqui.

Agradeço enormemente a meus pais, Mauro e Isabel, por todo carinho, ajuda e incentivo durante toda a minha vida; à minha avó Ana, sempre terna e presente; ao meu irmão Daniel pelo apoio, convivência e por me incentivar a seguir a carreira de geólogo; a todos os membros da minha linda família, avós, tios e primos; ao afilhado Gabriel, pela luz infantil e alegria contagiante; aos amigos e amigas que estão sempre presentes, dentre estes, agradeço especialmente aos componentes da minha banda *MTM* por toda inspiração artística durante esta jornada.

Agradeço ao meu orientador, professor doutor Julio Cezar Mendes, o *Julinho*, pela amizade, atenção e ensinamentos dedicados durante a elaboração do presente trabalho e aos professores doutores Everton Marques Bongioiolo e Silvia Regina de Medeiros por aceitarem compor a banca examinadora e despendarem tempo para leitura e avaliação deste trabalho.

RESUMO

TEIXEIRA, André Gaspar Parente. **Estudos Geoquímicos Comparativos de Granitos Tardi a Pós-Colisionais do Segmento Central do Orógeno Ribeira no Estado do Rio de Janeiro**. 2010. x, 39p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

No presente relatório foi conduzido o estudo comparativo dos aspectos geoquímicos e petrográficos de corpos graníticos tardi a pós-colisionais do segmento central do Orógeno Ribeira no estado do Rio de Janeiro. Foram estudados os seguintes corpos plutônicos: Pedra Branca; Favela/Andorinha; São José do Ribeirão; São Pedro; Parati; Mangaratiba; Conceição de Jacareí; Frades e Nova Friburgo. São corpos em geral arredondados, intrudindo rochas geradas durante a Orogenia Brasileira - Pan africana, formados após o período de máxima deformação. Estes corpos possuem enclaves de litotipos máficos, estruturas de fluxo magmático e mistura mecânica. São basicamente sienos a monzogranitos e apresentam mineralogia pouco variável, compostos por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo e biotita, podendo apresentar hornblenda, como fases essenciais, e apatita, allanita, titanita, zircão e minerais opacos como as fases acessórias mais comuns. Características geoquímicas indicam um magmatismo álcali-calcico a cálcio-alcálico de altíssimo K, pertencente ao grupo ferroso, metaluminoso a fracamente peraluminoso, enriquecido em Fe_2O_3 , Ba e Zr, além de ETR_L . Os processos reinantes na câmara magmática durante a gênese de tais corpos foram os de mistura de magmas, cristalização fracionada e assimilação. O diagrama *Spider* normalizado para crosta continental média de Weaver & Turner (1984) denota através de um padrão pouco fracionado, o enriquecimento de até 10 vezes o valor médio da crosta continental, enquanto que o diagrama para ETR mostra um padrão em gaivota clássico de granitos, com discreta anomalia negativa de Eu e valores de ETR_L variando de 100 a 1000 vezes o condrito. Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos sugerem um *trend* de evolução magmática gerador de rochas nos estágios tardi a pós-colisionais, com a possibilidade de algumas terem sido geradas sincronicamente à colisão, com uma relevante herança de arco. Segundo parâmetros propostos por Chapell & White (2001), as rochas estudadas tendem a possuir características pertinentes principalmente a granitos do tipo-I. Os aspectos observados no presente trabalho estão de acordo com os apresentados por Junho (1990), Mendes *et al.* (2002) e Ludka *et al.* (2006), tornando-se viável a utilização do termo Província Granítica Pós-Colisional do Rio de Janeiro (PGPCRJ), com a finalidade de denotar as similaridades geoquímicas, petrográficas e geocronológicas dos corpos graníticos do Rio de Janeiro, bem como lhes conferir um caráter regional, podendo sugerir uma gênese comum para estes corpos. Contudo, estudos, principalmente de cunho isotópico, ainda são necessários.

Palavras-chave: geoquímica, granitos, Orógeno Ribeira, estado do Rio de Janeiro.

ABSTRACT

TEIXEIRA, André Gaspar Parente. **Geochemical Comparative Studies of Late to Post-Collisional Granites of the Central Segment of the Ribeira Orogen in Rio de Janeiro.** 2010. x, 39p. Final Paper (Bachelor of Geology) - Department of Geology, Institute of Geosciences, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This report is about a comparative study of geochemical and petrographic aspects of the late to post-collisional granites of the central segment of the Ribeira Orogen in Rio de Janeiro. The following plutons were studied: Pedra Branca; Favela/Andorinha; São José do Ribeirão, São Pedro, Parati; Mangaratiba; Conceição de Jacareí; Frades and Nova Friburgo. They are in general rounded bodies, intruding rocks generated during the Brazilian-Pan African Orogeny, they were formed after the period of maximum deformation. Those bodies have enclaves of mafic rocks, magmatic flow and mingling structures. Their compositions are basically syeno to monzogranites and they have little variable mineralogy, consisting of potassium feldspar, plagioclase, quartz and biotite, hornblende may be also present as essential components, and apatite, allanite, titanite, zircon and opaque minerals as the most common accessory phases. Geochemical characteristics indicate an alkali-calcic to calc-alkaline magmatism with very high-K, belonging to ferroan group, metaluminous to weakly peraluminous, enriched in Fe_2O_3 , Ba and Zr, and LREE. Processes prevailing in the magmatic chamber during the genesis of such bodies were magma mixing, fractional crystallization and assimilation. The Spider diagram normalized to average continental crust by Weaver & Turner (1984) shows through a little fractional standard, with enrichment of 10 times the average continental crust, while the diagram for REE shows a seagull pattern, which is classic to granitic rocks, a slight negative Eu anomaly and LREE values ranging from 100 to 1000 times the chondrite. Discriminant diagrams of tectonic environments suggest a trend of magmatic evolution which generated these rocks in the late and post-collisional stages, with the possibility of some of them having been generated synchronously to the collision; they also have an important legacy of magmatic arc. According to the parameters proposed by Chapell & White (2001), the studied rocks tend to have characteristics relevant mainly to the I-type granites. The aspects observed in this study are consistent with those presented by Junho (1990), Mendes *et al.* (2002) and Ludka *et al.* (2006), thus it is viable to use the term Post-collisional Granitic Province of Rio de Janeiro (PCGPRJ), in order to denote the geochemical, petrographic and geochronological similarities of these granitic bodies, as well as give them a regional character, suggesting a common genesis for these bodies. Nevertheless, isotopic studies are still necessary.

Key words: geochemistry, granites, Ribeira Orogen, state of Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização Geotectônica - (a) Situação da Faixa Ribeira no contexto da Plataforma Sul-Americana. Localização da Faixa Ribeira no contexto do sudeste brasileiro (Brito Neves & Cordani, 1991).....	3
Figura 2 – Mapa ilustrando a posição da Faixa/Orógeno Ribeira, crátons e faixas móveis que a limitam (Heilbron et al., 2004).....	4
Figura 3 – Seção estrutural da Faixa Ribeira relacionando os diferentes terrenos e domínios estruturais, formados pelo orógeno colisional de idade neoproterozóica/cambriana (Trouw et al., 2000).....	4
Figura 4 - Os diferentes tipos de granitos e seus ambientes tectônicos (Pitcher, 1983), adaptado por Biondi (2003). Classificação que separa granitos em tipo M (mantélicos), I (de refusão de rochas ígneas), S (fusão de rochas sedimentares) e A (anorogênicos), suas especializações metalogenéticas e ambientes de origem.....	8
Figura 5 – Mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro simplificado de Reis & Mansur (1995) pelo DRM.....	9
Figura 6 – Legenda de cores e símbolos utilizada para discriminar os litotipos estudados.....	15
Figura 7 – Diagrama TAS por Cox et al. (1979), adaptado por Wilson (1991) para os granitos tardi a pós-colisionais.....	16
Figura 8 – Classificação de rochas ígneas plutônicas, segundo os parâmetros de De la Roche <i>et al.</i> (1980).....	17
Figura 9 - Diagrama AFM, com amostras dos granitos estudados plotadas	18
Figura 10 – Diagrama SiO ₂ – K ₂ O, por Peccerillo & Taylor (1976) para distinção de séries magmáticas.....	19
Figura 11 – Diagramas de Frost <i>et al.</i> (2001) para classificação de séries magmáticas.....	20
Figura 12 – Diagrama Índice de Shand (1943) mostrando o teor de alumínio das rochas graníticas.....	21
Figura 13 – Diagramas de Variação de Harker para elementos maiores.....	24
Figura 14 - Diagramas de Variação de Harker para elementos menores/traços.....	25
Figura 15 - Diagrama <i>Spider</i> normalizado para crosta continental média, proposto por Weaver & Turner (1984).	26
Figura 16 - Diagrama <i>Spider</i> de distribuição de ETR normalizados para o condrito de Boynton (1984).	27
Figura 17 - Diagramas Rb x Y+Nb e Nb x Y para discriminação de ambiente tectônico por Pearce <i>et al.</i> (1984).	28
Figura 18 - Diagrama R1 x R2 de Batchelor & Bowden (1985) para discriminação de ambientes tectônicos	29

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS DO ESTUDO E METODOLOGIA UTILIZADA.....	1
3. GEOLOGIA REGIONAL – O Orógeno Ribeira	2
3.1. Estágios Colisionais relacionados à construção do Orógeno Ribeira	5
4. GEOLOGIA LOCAL	6
4.1. O Terreno Oriental do Orógeno Ribeira	6
4.2. Os Granitos da Província Granítica Pós-Colisional do Rio de Janeiro	7
4.2.1. Granito Pedra Branca	9
4.2.2. Granito Favela/Andorinha	11
4.2.3. Granito São José do Ribeirão.....	11
4.2.4. Granito São Pedro	12
4.2.5. Granito Parati.....	12
4.2.6. Granito Mangaratiba	13
4.2.7. Granito Porfirítico Conceição de Jacareí.....	13
4.2.8. Granitos Frades e Nova Friburgo.....	14
5. LITOGEOQUÍMICA	14
5.1. Diagramas para Classificação Litológica	15
5.1.1. Diagrama TAS (Cox <i>et al.</i> , 1979)	15
5.1.2. Diagrama de De la Roche <i>et al.</i> (1980).....	16
5.2. Diagramas para Distinção das Séries Magmáticas	17
5.2.1. Diagrama AFM.....	17
5.2.2. Diagrama SiO ₂ -K ₂ O (Peccerillo & Taylor, 1976).....	18
5.2.3. Diagramas de Frost <i>et al.</i> (2001)	19
5.2.4. Índice de Shand (1943).....	20
5.3. Diagramas de Variação de Harker	22
5.4. Diagramas Multielementares (<i>Spider Diagrams</i>) e ETR.....	25
5.5. Diagramas Discriminantes para Ambientes Tectônicos	27
6. CONCLUSÕES	30
7. REFERÊNCIAS	33

ANEXOS

- Tabela de composição química de elementos maiores dos granitos tardi a pós-colisionais.
- Tabela de composição química de elementos traços dos granitos tardi a pós-colisionais.
- Tabela de composição química de elementos terras raras dos granitos tardi a pós-colisionais

1. INTRODUÇÃO

O estudo de corpos graníticos de caráter tardi a pós-colisional da porção central do Orógeno Ribeira, especialmente aqueles inseridos no estado do Rio de Janeiro, tem sido feito por diversos autores há algumas décadas. Um dos primeiros trabalhos detalhados acerca do assunto foi o de Hemlbald *et al.* no ano de 1965, correspondente ao mapeamento geológico do estado da Guanabara (cidade do Rio de Janeiro) em escala 1:50.000, incluindo a cartografia dos corpos graníticos encontrados. A partir da década de 70, estudos relevantes são conduzidos, os mapeamentos geológicos vinculados ao DRM continuam e vários outros trabalhos são publicados (*e.g.* Leonardos Jr., 1973). Nos anos 80, os estudos detalhados continuam e uma série de trabalhos importantes é publicada (*e.g.* Pires *et al.*, 1982). Já na década de 90, autores constataam que similaridades petrológicas, geoquímicas e geocronológicas dos diferentes corpos graníticos ocorrem de fato. Um trabalho que merece destaque por tal proposição é o de Junho em sua tese de doutorado em 1990. O estudo de granitos do Rio de Janeiro continua a ser bastante realizado nos dias atuais, porém, a correlação entre diferentes maciços intrusivos tem sido feita de forma escassa, haja vista a quantidade de informações disponíveis oriundas de estudos pretéritos. Mendes *et al.* (2002) destaca-se nesse âmbito como um dos mais recentes estudos, onde os autores correlacionam características petrográficas e geoquímicas de corpos de diferentes regiões.

2. OBJETIVOS DO ESTUDO E METODOLOGIA UTILIZADA

O presente trabalho tem como objetivo principal comparar, estudar e discutir o comportamento geoquímico dos granitos pós-colisionais do Estado do Rio de Janeiro. Bem como, analisar os aspectos relativos à petrografia destes corpos, visando contribuir para um melhor entendimento da evolução magmática relacionada à granitogênese da Província Ganítica Pós-Colisional do Rio de Janeiro (PGPCRJ) (Mendes *et al.*, 2002), inserida no contexto pós-tectônico do Domínio Costeiro do Terreno Oriental do Segmento Central do Orógeno Ribeira.

Tal linha de pesquisa foi conduzida através do estudo de dados litogeoquímicos retirados de fontes bibliográficas atuais dos seguintes corpos graníticos: Pedra Branca; Favela/Andorinha; São José do Ribeirão; São Pedro; Parati; Mangaratiba; Conceição de Jacareí; Frades e Nova Friburgo, todos localizados no Estado do Rio de Janeiro.

Para isso, foi feita uma revisão de dados bibliográficos presentes em teses, artigos, livros, etc. referentes a tais corpos e à geologia regional, bem como a seleção de análises geoquímicas

das amostras dos diferentes granitos. O que concerne às análises químicas foi digitalizado sob forma de tabela no software Microsoft Excel e levado ao software GCD-kit, onde diagramas geoquímicos foram confeccionados e posteriormente interpretados e discutidos.

3. GEOLOGIA REGIONAL – O Orógeno Ribeira

O Orógeno Ribeira corresponde às rochas de idades relacionadas ao Ciclo Brasileiro que margeiam o Cráton do São Francisco. Situa-se no segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira (**figura 1**), que corresponde a um conjunto de faixas de dobramento desenvolvidas diacronicamente à Orogenia Neoproterozóica Brasileiro - Pan africana, da qual se originou a porção ocidental do paleocontinente Gondwana (Almeida, 1977; Almeida *et al.*, 1981). O Orógeno Ribeira possui *trend* estrutural NE-SW e foi formado pela interação entre o Craton do São Francisco e outra(s) placa(s) e/ou microplaca(s) e/ou arco de ilhas situado(s) a sudeste deste craton, bem como com a porção sudoeste do Craton do Congo (Heilbron *et al.*, 2004) (**figura 2**). O seu principal período de atividade orogênica ocorreu entre 670 e 480 Ma, segundo Trouw *et al.* (2000).

O Orógeno Ribeira foi subdividido em cinco terrenos tectono-estratigráficos: Ocidental, Paraíba do Sul, Embu, Oriental e Cabo Frio (Heilbron *et al.*, 2004). Os quatro primeiros foram amalgamados há *ca.* 580 Ma, enquanto que o Terreno Cabo Frio só foi colado aos demais em *ca.* 520 Ma. Tal subdivisão foi feita com base ora por falhas de empurrão, ora por zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas (**figura 3**).

Acerca dos compartimentos tectono-estratigráficos do Orógeno Ribeira tem-se o Terreno Ocidental interpretado como a margem passiva do paleocontinente São Francisco retrabalhada durante o Neoproterozóico, compreendendo dois domínios tectônicos: o Domínio Andrelândia e Domínio Juiz de Fora (Heilbron *et al.*, 1998); o Terreno Oriental possuindo três domínios tectônicos distintos e seu contato com o Terreno Ocidental representado por uma zona de cisalhamento de baixo a médio ângulo, denominado Contato Tectônico Central (Almeida *et al.*, 1998); o Terreno Paraíba do Sul como a cobertura do Terreno Ocidental e aflorando como uma *klippe* sinformal complexamente deformada e metamorfozizada na fácies anfíbolito (Heilbron, 1993); o Terreno Cabo Frio como o último estágio colisional do Orógeno Ribeira, datado por Schmitt (2001), que o designou Orogênese Búzios, entre 535 – 510 Ma, com associações metassedimentares das sucessões Búzios (Heilbron *et al.*, 1982) e Palmital; e o Complexo Embu

correspondente à cobertura supracrustal, dividido em duas associações litológicas: a unidade inferior Rio Guaripu e a unidade superior Rio Paraitinga.

As rochas investigadas no presente trabalho estão inseridas no contexto tectônico e estratigráfico do Domínio Costeiro do Terreno Oriental, portanto, uma explanação mais detalhada deste Terreno será apresentada mais adiante no capítulo referente à Geologia Local.

Rochas do embasamento mais velhas que 1,7 Ga afloram em praticamente todos os terrenos acima descritos, com exceção do Terreno Oriental. Tais rochas ocorrem como janelas antiformais no Domínio Autóctone e como lascas tectônicas nos domínios alóctones (Heilbron *et al.*, 2004). Cinco associações litológicas foram descritas: faixas arqueanas do tipo *greenstone belt*, de direção NE-SW; rochas ígneas de caráter bimodal (2,22 - 2,12 Ga) intrusivas nos *greenstone belts*; ortognaisses migmatíticos com composição na suíte TTG, granitóides e metabasitos de idades arqueanas a paleoproterozóicas do Complexo Mantiqueira; ortogranulitos paleoproterozóicos do Complexo Juiz de Fora; e hornblenda ortognaisses paleoproterozóicos dos Complexos Quirino e Região dos Lagos, que ocorrem nos Terrenos Paraíba do Sul e Cabo Frio, respectivamente.

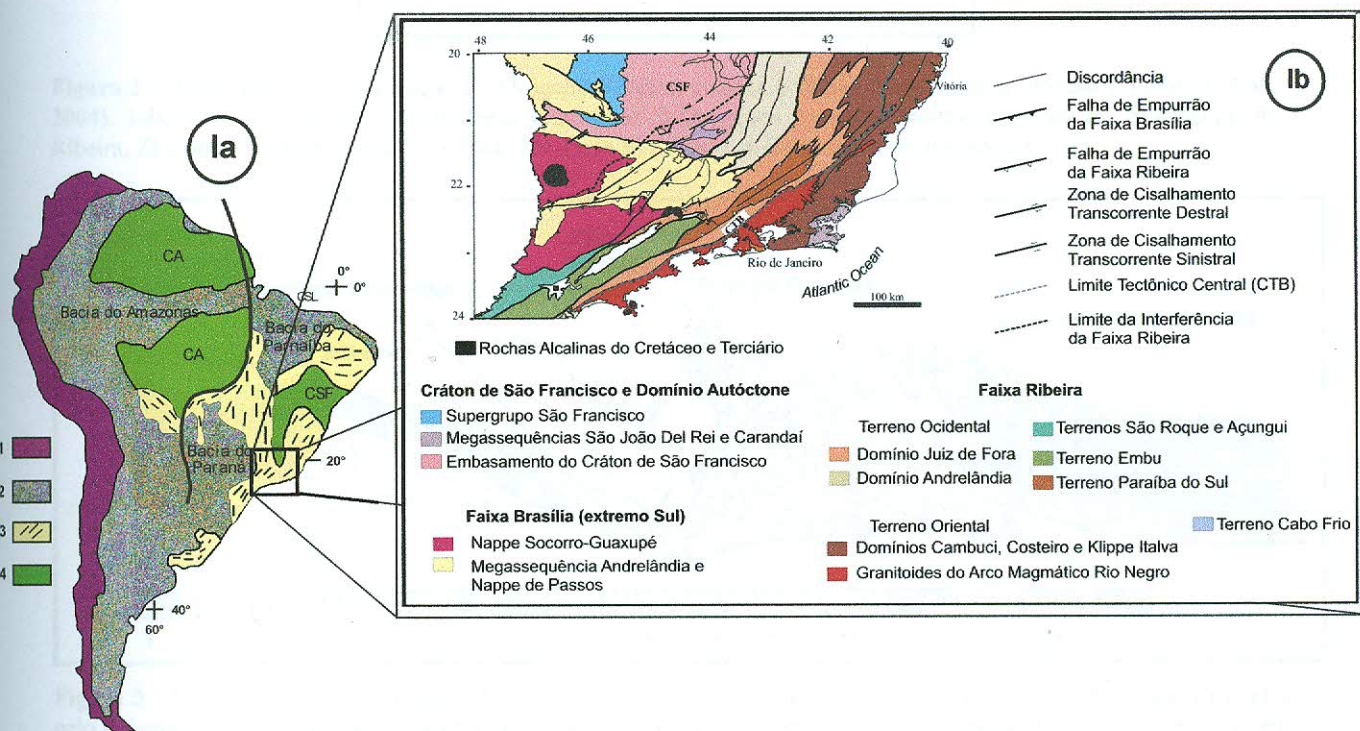


Figura 1- Localização Geotectônica - (a) Situação do Orógeno Ribeira no contexto da Plataforma Sul-Americana. Simbologia: 1-Faixas Móveis Meso-Cenozóicas; 2- Coberturas fanerozóica; 3-Faixas Móveis sin-Brasilianas; 4- Crátoms sin-Brasilianos. (b) Localização da Faixa Ribeira no contexto do sudeste brasileiro (Brito Neves & Cordani, 1991, adaptado).

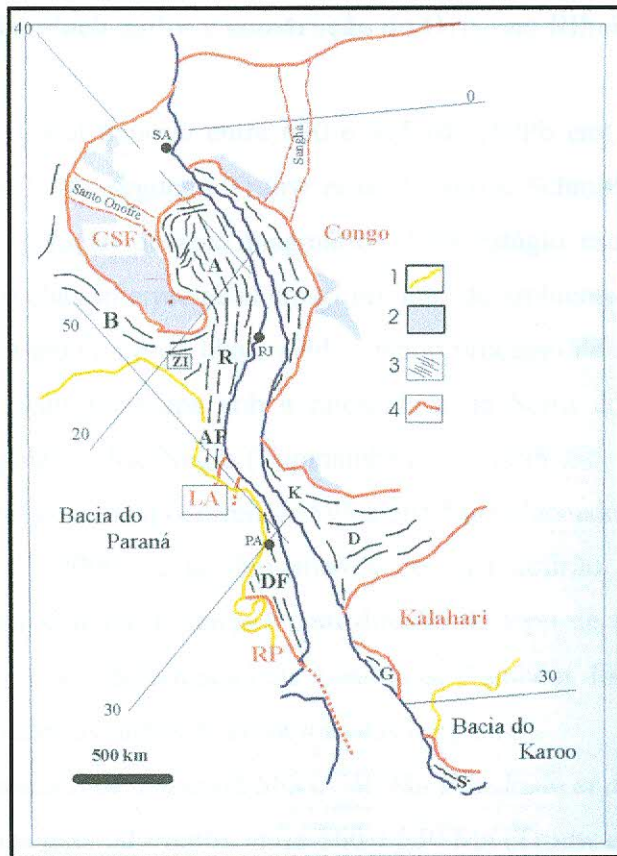


Figura 2 – Mapa ilustrando a posição do Orógeno Ribeira, crátons e faixas móveis que a limitam (Heilbron et al., 2004). 1-Bacias fanerozóicas. 2-Coberturas cratônicas. 3-Orógenos neoproterozóicos (B-Brasília, A-Araçuaí, R-Ribeira, ZI-Zona de Interferência, AP-Apiaí, DF-Dom Feliciano). 4-Crátons neoproterozóicos.

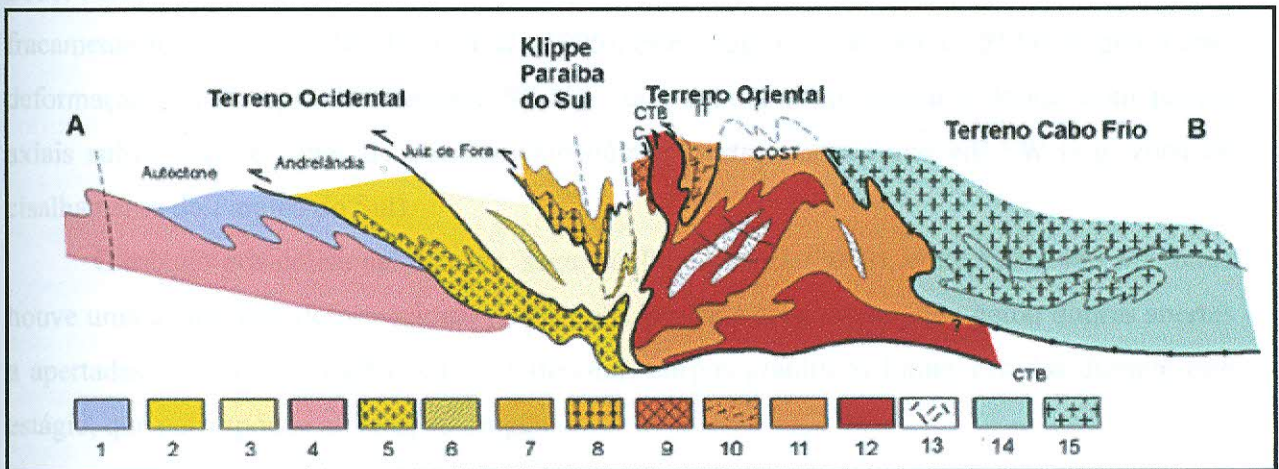


Figura 3 – Seção estrutural do Orógeno Ribeira relacionando os diferentes terrenos e domínios estruturais, formados pelo orógeno colisional de idade neoproterozóica/cambriana (Trouw et al., 2000). Legenda: Terreno Ocidental (1-6): 1 a 3 - Megassequência Andrelândia nos domínios Autóctone, Andrelândia e Juiz de Fora; 4 a 6 – Associações do embasamento (Complexos Barbacena, Mantiqueira e Juiz de Fora); Terreno Paraíba do Sul (7-8): 7 – Grupo Paraíba do Sul; 8 – Complexo Quirino; Terreno Oriental (9-13): 9 – Sequência Cambuci; 10 – Sequência Italva; 11 – Sequência Costeiro; 12 – Arco Magmático Rio Negro; 13 – Granitos Colisionais; Terreno Cabo Frio (14-15): 14 – Sequências Búzios e Palmital; 15 – Complexo Região dos Lagos.

3.1. Estágios Colisionais relacionados à construção do Orógeno Ribeira

O estágio précolisional ocorreu entre 630 e 595 Ma (U/Pb em zircões, Machado *et al.*, 1996) ou entre 790 a 600 Ma, segundo Trouw *et al.* (2000) e Schmitt *et al.* (2004), e se deu através da subducção e geração de arco magmático. Este estágio está registrado no Terreno Oriental onde ocorrem rochas interpretadas como produto de ambientes de arco magmático de margem continental ativa e/ou arco de ilhas, evidenciando processo de subducção. A subducção para SE da paleoplaca Sanfranciscana sob a microplaca da Serra do Mar gerou os plútons granitóides do Arco Magmático Rio Negro (Tupinambá *et al.*, 1998).

O primeiro estágio colisional ocorreu de 595 a 565 Ma (Machado *et al.*, 1996), ou de 600 a 560 Ma (Trouw *et al.*, 2000), e se deu através de uma colisão oblíqua entre as placas supracitadas, gerando um sistema de *nappes* com direção de topo de transporte tectônico para NW e registro de duas fases deformacionais contínuas. Também foram gerados plútons de granitóides tipo-S associados às falhas de empurrão das *nappes*.

O episódio colisional II se deu entre 565 e 540 Ma (Machado *et al.*, 1996). Alguns autores propõem idades diferentes para tal evento, entre 560 a 530 Ma (Trouw *et al.* 2000, Campos Neto 2000, Heilbron & Machado 2003).

O estágio tardicolisional ocorreu entre 530 e 510 Ma (Trouw *et al.* 2000, Campos Neto 2000, Heilbron & Machado 2003) e está registrado por plútons graníticos, em geral do tipo I, fracamente foliados. Para Machado *et al.* (1996), este estágio vai de 540 a 520 Ma e gerou uma deformação (DR3), aproximadamente SE-NW, que deixou como registro, dobras com planos axiais subverticais e zonas de cisalhamento dúcteis destrais com rumo NE-SW (*e.g.* zona de cisalhamento do Paraíba do Sul).

O estágio pós-colisional ocorreu, segundo Trouw *et al.* (2000), entre 510 a 480 Ma, onde houve uma quarta fase deformacional (DR4) relacionada a esse evento, que gerou dobras abertas a apertadas e zonas de cisalhamentos. Diferentes corpos graníticos foram gerados durante este estágio, que corresponde ao colapso orogênico.

4. GEOLOGIA LOCAL

Para este trabalho foram selecionados corpos graníticos do Estado do Rio de Janeiro, inseridos no contexto geológico do segmento central do Orógeno Ribeira. Estes corpos intrudem as rochas do Domínio Costeiro do Terreno Oriental, estes compartimentos tectônicos estão explicados a seguir.

4.1. O Terreno Oriental do Orógeno Ribeira

O Terreno Oriental foi separado em três compartimentos tectônicos, Cambuci, Costeiro e Italva (Tupinambá *et al.*, 2000; Heilbron & Machado, 2003; Tupinambá *et al.*, 2007). Uma breve explanação acerca de cada compartimento encontra-se a seguir:

O Domínio Cambuci, termo introduzido por Tupinambá *et al.* (2007), é composto por uma sucessão metavulcanossedimentar metamorfizada em fácies anfíbolito alto a granulito, intrudidas por diversas gerações de rochas granitóides. Corresponde à base do Terreno Oriental, onde ocorrem variados gnaisses associados a rochas metamáficas, gnditos, rochas calcissilicáticas e mármore dolomíticos, que atestam sua origem sedimentar.

No Domínio Costeiro ocorrem duas sucessões metassedimentares em fácies anfíbolito alto a granulito denominadas São Fidélis (Silva *et al.* 1978; Batista 1984, 1986; Reis & Mansur 1995) e São Sebastião do Alto, esta última introduzida por Tupinambá *et al.* (2007). A primeira corresponde à unidade basal e é composta por biotita gnaisses granatíferos, com sillimanita e, localmente, cordierita, freqüentemente migmatizados e associados a lentes de rochas calcissilicáticas, anfíbolitos e quartizitos feldspáticos. A segunda sucessão corresponde à unidade superior e comporta (granada)-(hornblenda)-biotita gnaisses migmatíticos com estrutura bandada e/ou porfirítica ou, localmente, nebulítica. Diversas gerações de corpos granitóides intrudem este Domínio, como por exemplo, os ortognaisses do Complexo Rio Negro, rochas das unidades Bela Joana, Desengano e Angelim, bem como corpos graníticos tardi a pós-tectônicos, que são os objetos de estudo do presente trabalho (no caso, os granitos Pedra Branca; Favela/Andorinha; São José do Ribeirão; São Pedro; Parati; Mangaratiba; Conceição de Jacareí; Frades e Nova Friburgo, todos localizados no Estado do Rio de Janeiro). Dados SHRIMP obtidos por Schmitt *et al.* (2003, 2004) *apud* Tupinambá *et al.* (2007) para gnaisses dessa unidade indicam deposição no Neoproterozóico e contribuição de rochas do embasamento e do Arco Magmático Rio Negro.

A *Klippe* de Italva é o compartimento superior do Terreno Oriental. Na base desta *klippe* ocorrem dioritos, gabros e tonalitos do Complexo Rio Negro. Já a porção superior é ocupada pelas rochas do Grupo Italva, que é um conjunto metavulcanossedimentar rico em mármore e anfibolitos, com gnaisses homogêneos ou bandados com contatos gradacionais entre si (Tupinambá *et al.*, 2007). Diferentemente dos outros compartimentos descritos, o metamorfismo principal não ultrapassa o limite da fácies anfibolito e a deformação é moderada, representada por uma xistosidade grossa e dobras recumbentes e reclinadas. Heilbron & Machado (2003), através de dados U-Pb/TIMS para os anfibolitos, estimam uma idade de cristalização de *ca.* 840 Ma e indicações de retrabalhamento metamórfico em *ca.* 501 Ma.

4.2. Os Granitos da Província Granítica Pós-Colisional do Rio de Janeiro

Os corpos graníticos estudados neste trabalho estão situados no estado do Rio de Janeiro. São corpos com características petrológicas, geoquímicas e geocronológicas semelhantes, correspondentes a intrusões ácidas num contexto tardi a pós-tectônico do Segmento Central do Orógeno Ribeira. Mendes *et al.* (2002) utilizaram o termo Província Granítica Pós-Colisional do Rio de Janeiro (PGPCRJ) com a finalidade de agrupá-los geograficamente, afirmando haver afinidades geológicas entre os diferentes plútons.

Pitcher (1983) sugeriu correlações entre diferentes tipos de granitos e ambientes geotectônicos. Em seu trabalho, o autor afirma que em ambientes de soergimento pós-colisional coexistem dois tipos básicos de granitos, tipos I (derivados de fonte mantélica e refusão de rochas ígneas) e S (derivados de fusão de rochas sedimentares e fontes rasas). Um esquema simplificado em língua portuguesa pode ser encontrado em Biondi (2003), demonstrado na **figura 4**.

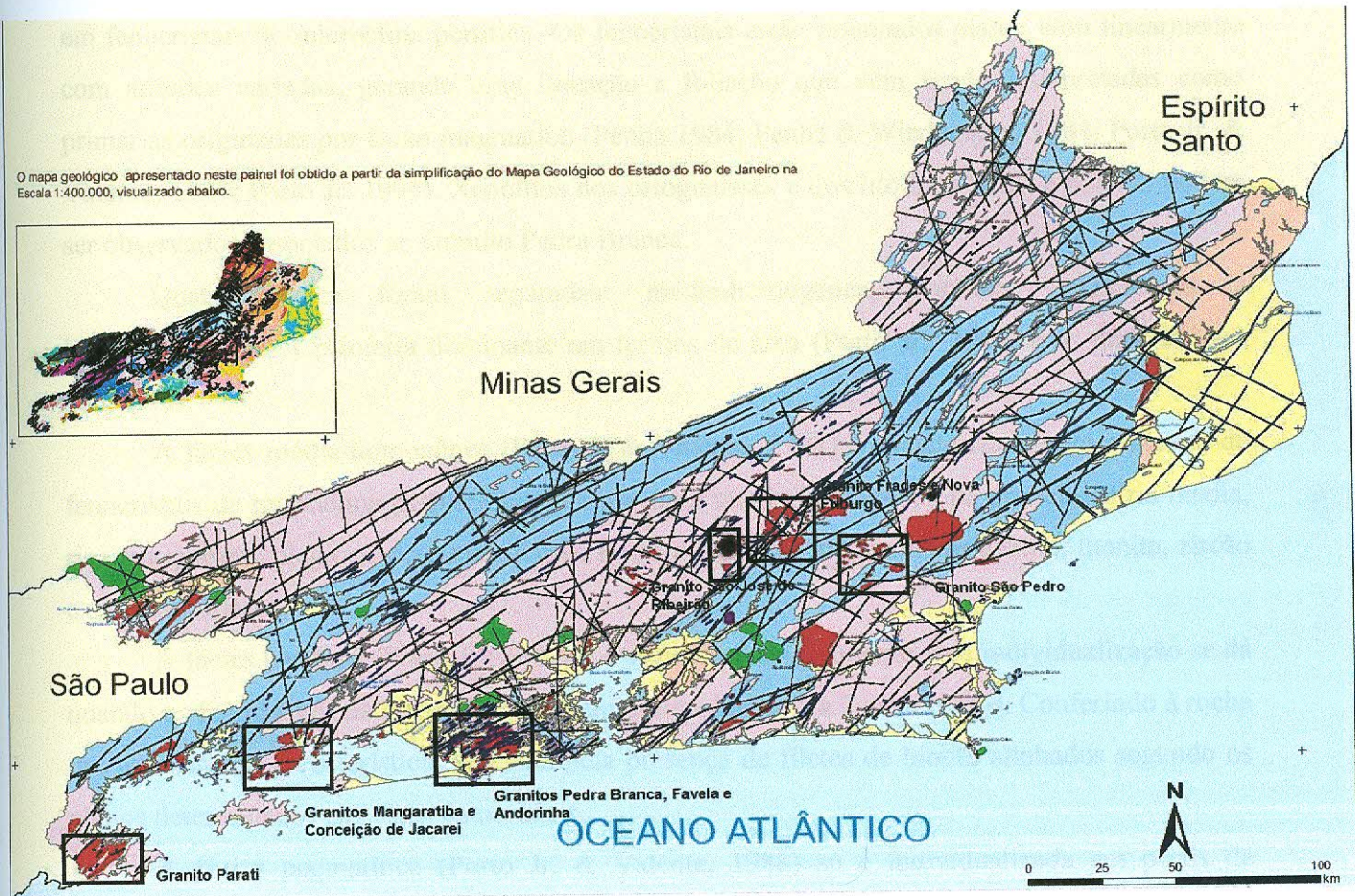
Os corpos estudados no presente trabalho foram os granitos Pedra Branca, Favela/Andorinha, São José do Ribeirão, São Pedro, Parati, Mangaratiba, Conceição de Jacareí, Frades e Nova Friburgo, indicados no mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro (**figura 5**).

Orogênico

Anorogênico

	Arco de ilha oceânico	Arco magmático e margem continental bacias marginais	Soerguimento pós - colisional	Colisão continental oblíqua (transpressão)	Rifteamento
	Cones vulcânicos e vulcanoclásticos.	Sedimentação em bacias marginais limitadas por falhas.	Bacias molássicas.	Sedimentação em bacias "pull-apart" e de frente de empurrões.	Preenchimento de "rifts".
	Basaltos de arco de ilha.	Grandes volumes de dacitos e andesitos.	Basaltos de platô.	Vulcanismo félsico raro.	Lavas e tufo alcalinos em caldeiras.
	Gabros quartzo-dioritos "tipo M".	Séries diferenciadas de tonalitos e granodioritos "tipo I". Granitos e gabros presentes.	Granodioritos "tipo I" e "tipo S" em associação com dioritos e gabros.	Migmatitos. Forte predominância de granitos "tipo S". Predominam monzogranitos leucocráticos.	Biotita-granitos, granitos alcalinos e sienitos "tipo A".
	Pequenos plutões zonados.	Batolitos lineares, discordantes, com saídas vulcânicas.	Plutões dispersos.	"Diápiros" e batolitos concordantes em zonas de cisalhamentos.	Caldeiras subsidentes.
	Depósitos apicais disseminados de Cu-Au.	Depósitos apicais disseminados de Cu e Cu-Mo.	Depósitos muito raros.	Veios e disseminações (greisens) de Sn e W em escarnitos.	Disseminações em "vugs" e pegmatitos com fluorita, Sn, Nb, U e Th.
	Subduções de placa oceânica sob outra placa oceânica.	Subdução de placa oceânica sob placa continental.	Soerguimento rápido, após colisão.	Superposição intercontinental de placa continental sobre placa continental.	"Rift" endocratônico ou pós-orogênico.
	Razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ menor que 0,704.	Al / (Na+K+Ca/2) menor que 1,1, frequentemente menor que 1,0. Razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ menor que 0,706.	Al / (Na+K+Ca/2) próxima de 1,0. Razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0,705 e 0,709.	Al / (Na+K+Ca/2) maior que 1,05. Razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ maior que 0,708.	Peralcalino. Relativamente rico em F. Razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ entre 0,703 e 0,712.

Figura 4: Os diferentes tipos de granitos e seus ambientes tectônicos (Pitcher, 1983), adaptado por Biondi (2003). Classificação que separa granitos em tipo M (mantélicos), I (de refusão de rochas ígneas), S (fusão de rochas sedimentares) e A (anorogênicos), suas especializações metalogenéticas e ambientes de origem.



LEGENDA:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| Sedimentos Quaternários | Rochas Básicas |
| Sedimentos Terciários | Rochas Paraderivadas |
| Rochas Alcalinas | Rochas Ortoderivadas |
| Diques de Diabásio | Fraturas, falhas e dobras |
| Granitos homogêneos | |

Figura 5: Mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro simplificado do mapa 1:40.000 de Reis & Mansur (1995) pelo DRM, disponível em http://www.drm.rj.gov.br/Download/estadoRJ_mapa_geologico_placa.pdf (adaptado).

4.2.1. Granito Pedra Branca

A principal área de ocorrência de rochas graníticas da cidade do Rio de Janeiro corresponde ao Complexo Granítico Pedra Branca (CGPB) e localiza-se na porção centro-oeste da cidade (Porto Jr., 1994).

O Granito Pedra Branca (Porto Jr. & Valente, 1988; Porto Jr., 2004) corresponde à Unidade Granito Pedra Branca (UGPB) (Porto Jr. *et al.*, 1993) e é um litotipo de caráter tardi- a pós-colisional. É um granito de composição sieno a monzogranítica com textura porfírica, rico

em fenocristais de microclina pertítica. Os fenocristais estão orientados planar e/ou linearmente com atitudes variadas, gerando uma lineação e foliação que vêm sendo interpretadas como primárias originadas por fluxo magmático (Penha 1984; Penha & Wiedemann, 1984; Porto Jr. & Valente, 1988; Porto Jr, 1994). Xenólitos dos ortognaisses e dos litotipos tardi- a pós-D3 podem ser observados associados ao Granito Pedra Branca.

Quatro fácies foram separadas: média-homogênea, bandada, pegmatítica e hololeucocrática. A primeira dominante em termos de área (Porto Jr., 2004) e as duas últimas mais raras.

A fácies média-homogênea (Porto Jr & Valente, 1988) é caracterizada pela presença de fenocristais de microclina pertítica envolta por uma matriz homogênea de granulometria média, rica em quartzo, plagioclásio e microclina. Fases acessórias composta por apatita, titanita, zircão e minerais opacos.

A fácies bandada (Porto Jr., 1993) é a segunda mais freqüente. Sua individualização se dá quando os fenocristais de microclina atingem dimensões de 5 a 7 centímetros. Conferindo à rocha um bandamento característico, realçado pela presença de filetes de biotita alinhados segundo os planos determinados por estes fenocristais.

A fácies pegmatítica (Porto Jr. & Valente, 1988) só é individualizada em perfis de pedreiras (Porto Jr., 2004). De acordo com Porto Jr. (2004), trata-se de uma rocha composta quase que exclusivamente de cristais centimétricos de microclina pertítica que ocorre sob forma de diques e bolsões pegmatíticos no contato com as rochas encaixantes.

A fácies hololeucocrática é a mais restrita em área (Porto Jr., 2004). Ocorre como bandas interestratificadas homogêneas e contrastantes à fácies média-homogênea, que lhe serve como rocha hospedeira. É uma rocha de cor branca, textura equigranular, composta por microclina, plagioclásio e quartzo, com biotita ausente e possuindo magnetita como seu principal mineral acessório (Porto Jr., 2004).

O contato entre as várias fácies do granito Pedra Branca é quase sempre gradacional, excetuando o formado entre as fácies pegmatítica e média-homogênea. Porto Jr. (2004) interpreta os contatos gradacionais como produto de uma cristalização que se deu em um intervalo de tempo relativamente curto, associado à existência de um fluxo magmático diferencial com diferentes mobilidades dentro da mesma câmara magmática.

O granito Pedra Branca foi datado por Heilbron & Machado (2003) pelo método U/Pb em zircão e apresentou idade de 513 ± 5 Ma.

4.2.2. Granito Favela/Andorinha

Os granitos pós-colisionais descritos por Porto Jr. (2004) correspondem aos granitos Andorinha (Penha *et al.* 1980) e Favela (Pires *et al.* 1982). São rochas de cor cinza, homogêneas, que variam texturalmente de equigranular a porfírica (Porto Jr. 2004). Foram divididas faciologicamente de acordo com essas variações na textura e pela presença de allanita em exemplares de composição mais intermediária.

Na área correspondente ao Maciço da Pedra Branca, o granito Favela/Andorinha ocorre mais comumente sob a forma de diques pouco espessos sub-horizontais, intercalados aos gnaisses encaixantes e no Granito Pedra Branca.

A fácies equigranular caracteriza-se por ser um tipo rico em microclina, plagioclásio, quartzo e biotita com allanita, titanita, zircão, apatita e minerais opacos como minerais acessórios. É desprovida de enclaves e fenocristais. No diagrama QAP de Streckeisen (1976), as amostras caem no campo do monzogranito.

A fácies porfírica, segundo Porto Jr. (2004), apresenta o alinhamento de uns poucos fenocristais de microclina em uma matriz equigranular média, denotando uma estrutura de fluxo. É constituída por plagioclásio, quartzo, microclina, biotita, allanita, minerais opacos, zircão, titanita e apatita, e de minerais secundários produtos de saussuritização. Encontram-se no diagrama de classificação petrográfica de Streckeisen (1976) no campo dos monzogranitos. O granito desta fácies pode incluir enclaves microgranulares mesocráticos em pequeno volume. A presença de fenocristais de K-feldspatos caracteriza a textura porfírica, enquanto que aglomerados de plagioclásio e quartzo representam a textura glomeroporfírica.

Os granitos pós-colisionais Favela e Andorinha foram datados por Heilbron & Machado (2003) através do método U/Pb para zircões e apresentaram idade de 480 ± 8 Ma.

4.2.3. Granito São José do Ribeirão

O granito São José do Ribeirão, litotipo principal do Maciço Intrusivo São José do Ribeirão, é uma rocha de cor cinza, hololeucocrática a leucocrática, localmente porfírica, de granulometria fina a média que apresenta uma fraca estrutura de fluxo E-W marcada pela orientação de K-feldspatos e biotitas. Segundo Mendes *et al.* (2002), trata-se de um monzogranito composto essencialmente por quartzo, microclina, oligoclásio e biotita. Minerais opacos, allanita, titanita, zircão e apatita são as fases subordinadas. Xenólitos associados a esse litotipo são raros.

Estruturas de mistura mecânica entre o granito e os microdioritos são notórias, principalmente nas bordas do maciço (Mendes *et al.*, 2002).

4.2.4. Granito São Pedro

Trata-se de uma rocha leucocrática, isotrópica, de cor cinza claro e granulometria fina. Composta essencialmente por quartzo, microclina, plagioclásio (An33) e biotita como fases essenciais e opacos, titanita, apatita, allanita, e zircão, como fases acessórias. A litologia foi estudada por Chaves (2009) que a classificou, a partir de contagem modal e plotagem no diagrama de Streckeisen (1976) como sienogranito.

O granito São Pedro possui tendência a uma orientação irregular de cristais de feldspato e lamelas de biotita, gerada, provavelmente, por fluxo magmático, conferindo-lhe uma lineação fraca, que é realçada pela erosão. Ocorrem também enclaves surmicáceos e fenocristais espaçados de feldspato branco (Chaves, 2009).

4.2.5. Granito Parati

O plúton Parati, localizado na região limítrofe entre Rio de Janeiro e São Paulo, é um batólito de forma circular constituído de rochas com composições graníticas/quartzomonzoníticas a granodioríticas, que afloram como fácies porfirítica ou equigranular. (Ludka *et al.*, 2006).

Os granitos são constituídos mineralogicamente por K-feldspato, microclina em geral, plagioclásio, quartzo e fases máficas, correspondentes a biotita e hornblenda. Em sua mineralogia acessória, pode-se encontrar expressiva quantidade de titanita e minerais opacos, além de apatita, zircão e allanita, em menor quantidade.

Subordinados aos granitos, sob forma de enclaves ou interdigitados, são encontrados litotipos de rochas básicas, com estruturas de mistura mecânica evidentes. A fácies porfirítica tem composição modal monzogranítica e textura inequigranular seriada com fenocristais de microclina orientados ou caóticos variando de 2 a 5 cm e matriz granodiorítica. Esses fenocristais ficam cada vez mais escassos, definindo assim a fácies equigranular, com composição modal quartzomonzonítica a granodiorítica e mesma mineralogia que a porfirítica.

Zircões da fácies porfirítica foram datados por Ludka *et al.* (2006) através do método de diluição isotópica de idade U-Pb. O diagrama da concórdia forneceu idade $499,8 \pm 3,7$ Ma.

4.2.6. Granito Mangaratiba

De acordo com Guimarães (1999), o Granito Mangaratiba parece ser equivalente aos granitos Andorinha, descrito por Penha *et al.* (1980), Favela, descrito no Rio de Janeiro por Pires *et al.* (1982) e Porfirítico do maciço da Pedra Branca, descrito por Junho (1990, 1993); citados no presente trabalho.

É uma rocha de coloração cinza até rósea, de granulação média a grosseira, porfirítica a equigranular, composta por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico (que corresponde aos fenocristais na fácies porfirítica) e biotita, além de acessórios como titanita, allanita, magnetita e pirita, sendo os secundários sericita, clorita, carbonatos e muscovita.

As variações de cor observadas no Granito Mangaratiba se dão graças ao grau de assimilação dos enclaves microgranulares máficos na rocha. Além desses, também são encontrados enclaves xenolíticos de gnaisses encaixantes. O granito apresenta estruturas de fluxo magmático não muito pronunciadas, com direções principais N50E e EW (Guimarães, 1999), tais direções são semelhantes às do Granito Pedra Branca, mostrando provável correlação entre as litologias.

Machado *et al.* (1996) dataram zircões do granito Mangaratiba através do método U-Pb de diluição isotópica e obtiveram idade de cristalização de cerca de 500 Ma.

4.2.7. Granito Porfirítico Conceição de Jacareí

Trata-se de uma rocha porfirítica com fenocristais que chegam a 5 cm de feldspato potássico, numa matriz de granulação grossa, rica em quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita. Minerais acessórios comuns são opacos, titanita, allanita, apatita e zircão inclusos nas biotitas ou, menos freqüentemente, em outros minerais essenciais. Hornblenda pode ocorrer na proporção de traço. Sericita, clorita e carbonatos correspondem aos minerais secundários.

Esta rocha apresenta, em geral, coloração cinza – rósea a cinza-claro e estruturas de fluxo, com zonas de turbulência que orienta os fenocristais de feldspato potássico e alguns enclaves não estirados. Além disso, feições indicativas de mistura mecânica (*mingling*) podem ser observadas, sugerindo uma possível coexistência de magmas contrastantes na formação desse Complexo (Guimarães, 1999).

4.2.8. Granitos Frades e Nova Friburgo

De acordo com Junho (1990), o granito Frades corresponde a associação de granitos megaporfíricos que ocorrem sob forma de lajedos subverticais, cortados por diques de granito porfírico e leucogranitos de pequeno a médio porte. Enclaves microgranulares máficos podem ocorrer associados aos granitos.

O Maciço Nova Friburgo está encaixado em migmatitos e ortognaisses do Grupo Serra dos Órgãos e ortognaisses do Batólito Serra dos Órgãos. O granito Nova Friburgo assemelha-se ao granito Frades composicionalmente, correspondendo a granitos megaporfíricos, a sul e porfíricos, a norte, cortados por diques de leucogranitos aplíticos de pequeno a médio porte, com enclaves microgranulares máficos também subordinados.

Junho (1990) agrupa geneticamente as litologias pertencentes aos maciços intrusivos Frades e Nova Friburgo e correlaciona a fácies granito megaporfírico ao granito Suruí de Penha *et al.* (1979). Tal litotipo caracteriza-se pela presença de fenocristais de microclina com orientação linear e planar. Tal como o granito porfírico, o granito megaporfírico possui composição modal monzogranítica. O granito porfírico, segundo Junho (1990), corresponde aos granitos Andorinha (Penha *et al.*, 1979) e Favela (Pires *et al.*, 1982) supracitados.

5. LITOGEOQUÍMICA

Os dados referentes às análises químicas dos corpos graníticos supracitados foram retirados das seguintes fontes bibliográficas: Porto Jr. (2004), para os granitos Pedra Branca, Favela e Andorinha; Mendes *et al.* (2002), para o granito São José do Ribeirão; Chaves (2009), para o granito São Pedro; Guimarães (1999), para os granitos Mangaratiba e Conceição de Jacareí; Junho (1990), para os granitos Frades e Nova Friburgo e Ludka *et al.* (2006), para o granito Parati. Todos esses dados foram digitalizados e apresentados sob forma de tabela, encontrada na seção de anexos.

As análises químicas selecionadas possuem boa qualidade, com valores totais entre 99,24 e 101,04%. O percentual de perda ao fogo ou LOI (*lost on ignition*) varia de 0,3 a 1,95% demonstrando o baixo grau de alteração das amostras. As amostras selecionadas possuem valores de SiO₂ variando de 66 a 75% de peso (apenas uma amostra da fácies hololeucocrática do granito Pedra Branca possui 75% de sílica, as demais não passam de 73%). Os teores de Fe₂O₃, Ba e Zr

são relativamente elevados. Concentrações maiores de elementos de terras raras leves (ETR_L) em relação aos pesados são esperadas para rochas graníticas e também dignas de nota.

As amostras selecionadas foram separadas em símbolos e cores, mostrados na **figura 6**, a fim de se promover uma melhor visualização e facilitar o estudo de diagramas geoquímicos.

●	Gr. C. de Jacareí
▲	Gr. Mangaratiba
◆	Gr. São Pedro
○	Granito Favela
■	Granito Frades
◇	Granito N. Friburgo
●	Granito Parati
▼	Granito PB
⊠	Granito SJR

Figura 6: Legenda de cores e símbolos utilizada para discriminar os litotipos estudados.

5.1. Diagramas para Classificação Litológica

5.1.1. Diagrama TAS (Cox *et al.*, 1979)

O diagrama TAS foi desenvolvido por Cox *et al.* em 1979 e adaptado por Wilson (1989) para as rochas plutônicas como um diagrama de variação que considera a porcentagem em peso do somatório dos álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) – TA (total de álcalis) e a porcentagem em peso de sílica (SiO_2) – S (sílica). É utilizado para classificar rochas ígneas, diferenciando-as em séries alcalinas e subalcalinas.

De acordo com a **figura 7**, pode-se observar que as amostras de granitos selecionadas concentram-se majoritariamente no campo subalcalino, de rochas ácidas com composição granítica. Algumas amostras plotam no limite com o campo dos granodioritos. Quatro amostras do Granito Pedra Branca e uma do Granito São Pedro encontram-se no campo de rochas alcalinas. Em média, as amostras apresentam valores de SiO_2 variando de 66 a 72% e a porcentagem de álcalis varia de 7 a 12% .

TAS (Cox et al. 1979)

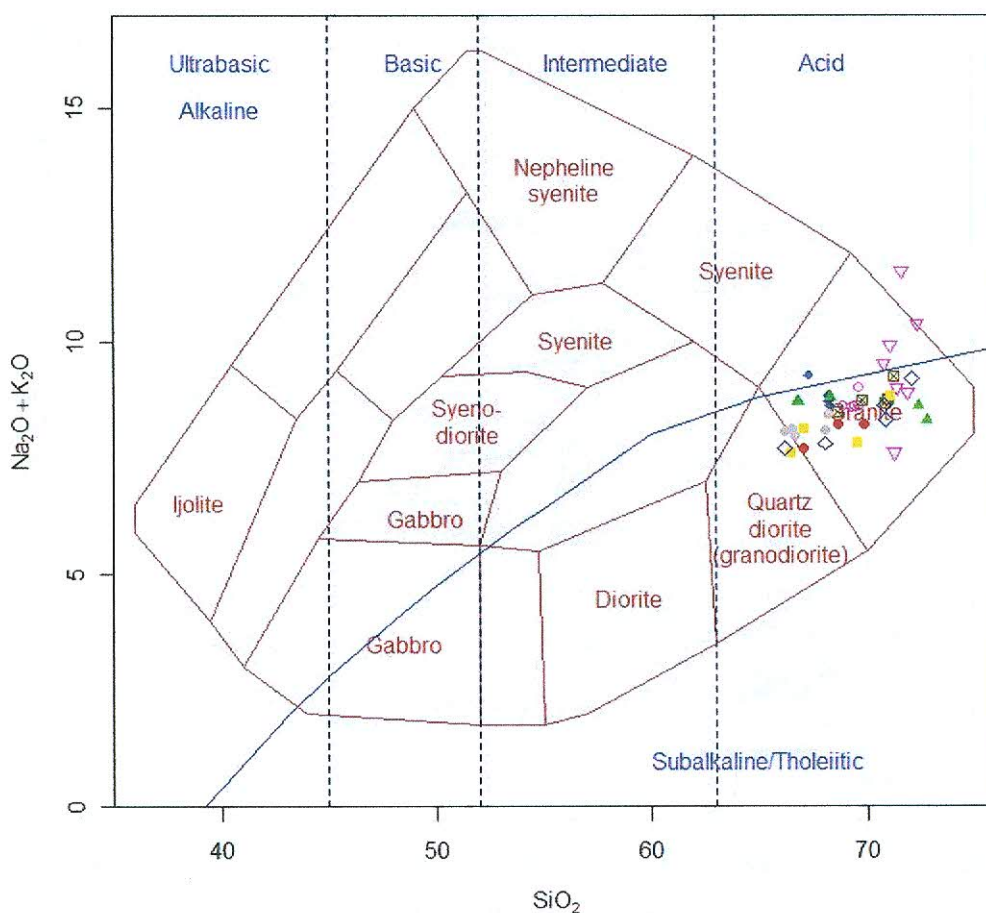


Figura 7: Diagrama TAS por Cox et al. (1979), adaptado por Wilson (1989) para os granitos tardi a pós-colisionais.

5.1.2. Diagrama de De la Roche et al. (1980)

De la Roche et al. (1980) propuseram um esquema de classificação para rochas ígneas plutônicas baseado na proporção de cátions expressos sob forma de milicátions. Este esquema possui algumas vantagens, dentre elas, o fato de a química dos elementos maiores mais importantes da rocha ser usada para esta classificação e este esquema ser suficientemente geral, podendo ser aplicado a qualquer tipo de rocha ígnea. A desvantagem reside na dificuldade de entendimento deste esquema e em sua reprodução (Rollinson, 1993).

As rochas estudadas encontram-se plotadas, em maioria, no campo dos granitos. Algumas amostras encontram-se no campo dos granodioritos e quatro exemplares, dois pertencentes ao Granito Pedra Branca e dois ao Mangaratiba, no campo do álcali-granito (figura 8).

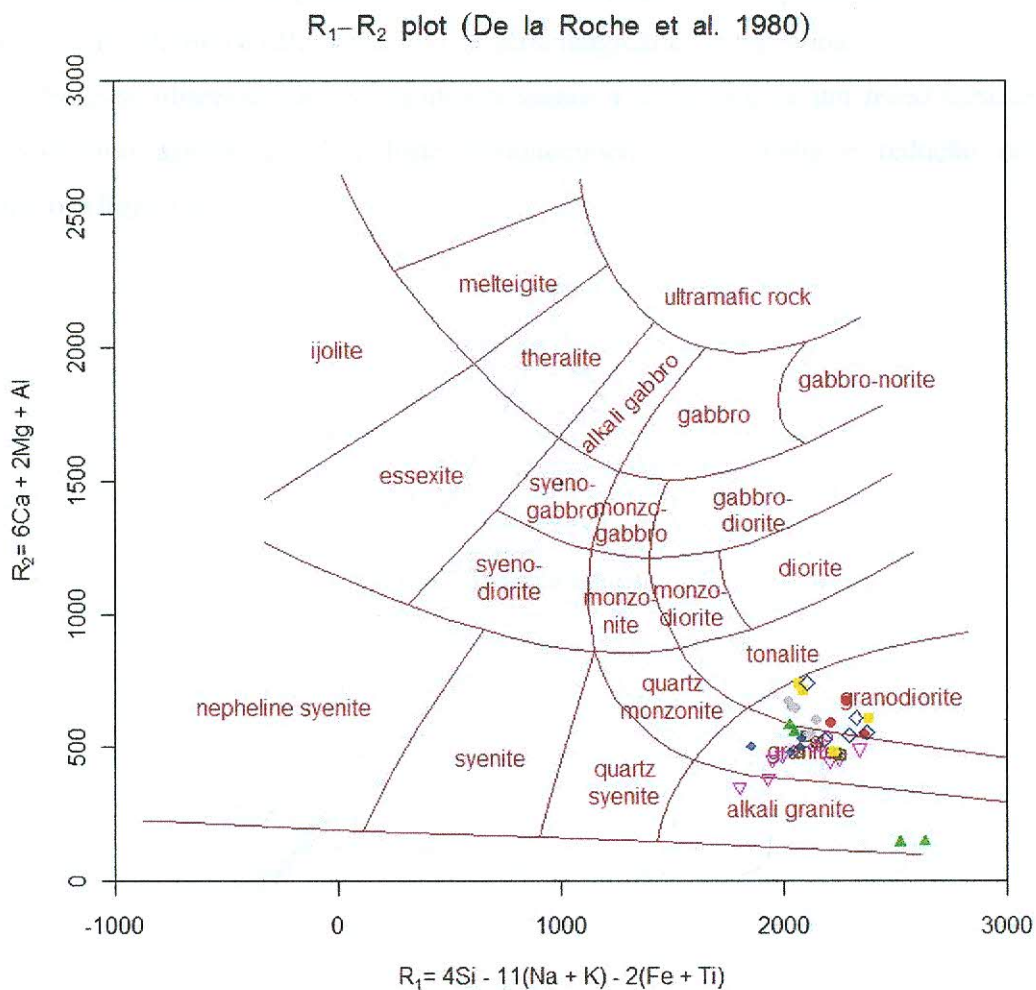


Figura 8: Classificação de rochas ígneas plutônicas, segundo os parâmetros de De la Roche *et al.* (1980).

5.2. Diagramas para Distinção das Séries Magmáticas

5.2.1. Diagrama AFM

O diagrama AFM é o diagrama de variação triangular mais popular usado em geoquímica e recebe esse nome por causa dos óxidos plotados em seus vértices – álcalis ($Na_2O + K_2O$), óxidos de ferro ($FeO + Fe_2O_3$) e MgO . A plotagem deve ser feita mediante a soma dos óxidos e cálculo de cada um deles como porcentagem da soma. Os óxidos de ferro ($FeO + Fe_2O_3$) devem ser recalculados para ferro total, ou seja, todo Fe_2O_3 é convertido para FeO através do parâmetro de conversão, isto é $F = FeO + 0,8998 Fe_2O_3$ (Rollinson, 1993).

O diagrama AFM permite identificar a evolução de magmas na distinção de *trends* de diferenciação toleítico e cálcio-alcálico na série magmática subalcalina.

Pode-se observar que os granitos possuem a assinatura de um *trend* caracteristicamente cálcio-alcálico assinalado pelo forte enriquecimento em álcalis e redução em elementos cálfêmicos (**figura 9**).

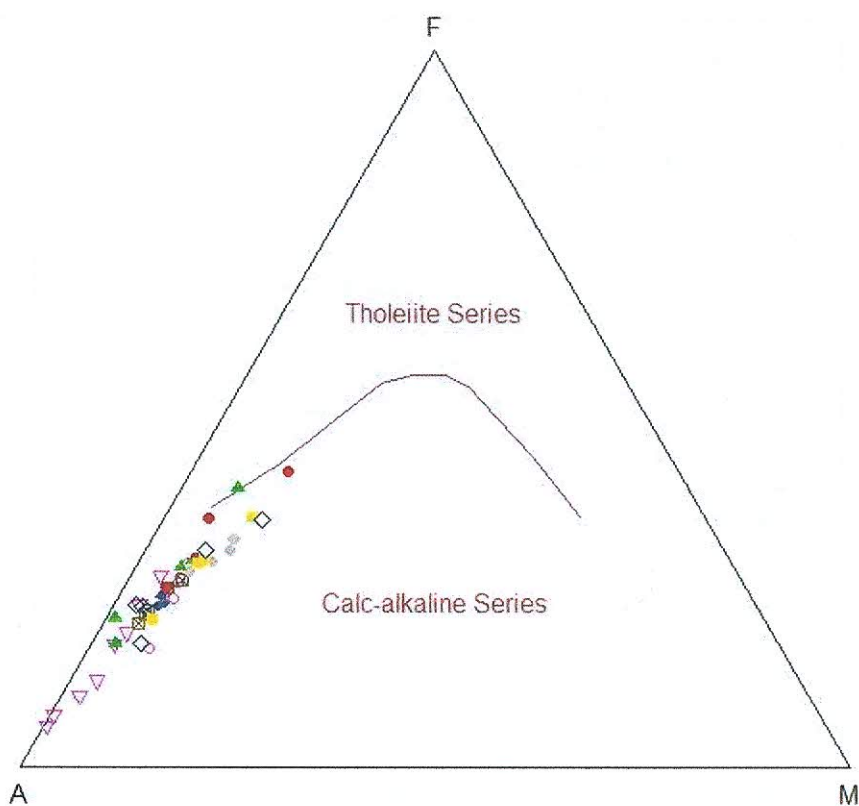


Figura 9: Diagrama AFM, com amostras dos granitos estudados plotadas.

5.2.2. Diagrama SiO₂-K₂O (Peccerillo & Taylor, 1976)

O diagrama SiO₂ – K₂O desenvolvido por Peccerillo e Taylor em 1976 considera a proporção de peso em percentagem dos óxidos citados, permitindo a distinção das séries magmáticas em toleítica, calcioalcalina, calcioalcalina de alto-K e shoshonítica.

É possível observar na **figura 10** que as amostras concentram-se, quase em totalidade, no campo das rochas da série shoshonítica, porém as rochas selecionadas não têm afinidades com aquelas pertencentes à série shoshonítica. Segundo Wilson (1989), a série shoshonítica corresponde à transição entre as séries calcioalcalina de alto-K e alcalina.

Portanto, pode-se concluir que as amostras pertencem à série cálcioalcalina com elevadíssimo teor de K_2O (a maioria delas com valores de 4,5 e 7% em peso), o que é corroborado pelo diagrama AFM. O elevado percentual de K_2O sugere que houve uma relevante contribuição crustal na geração dos magmas.

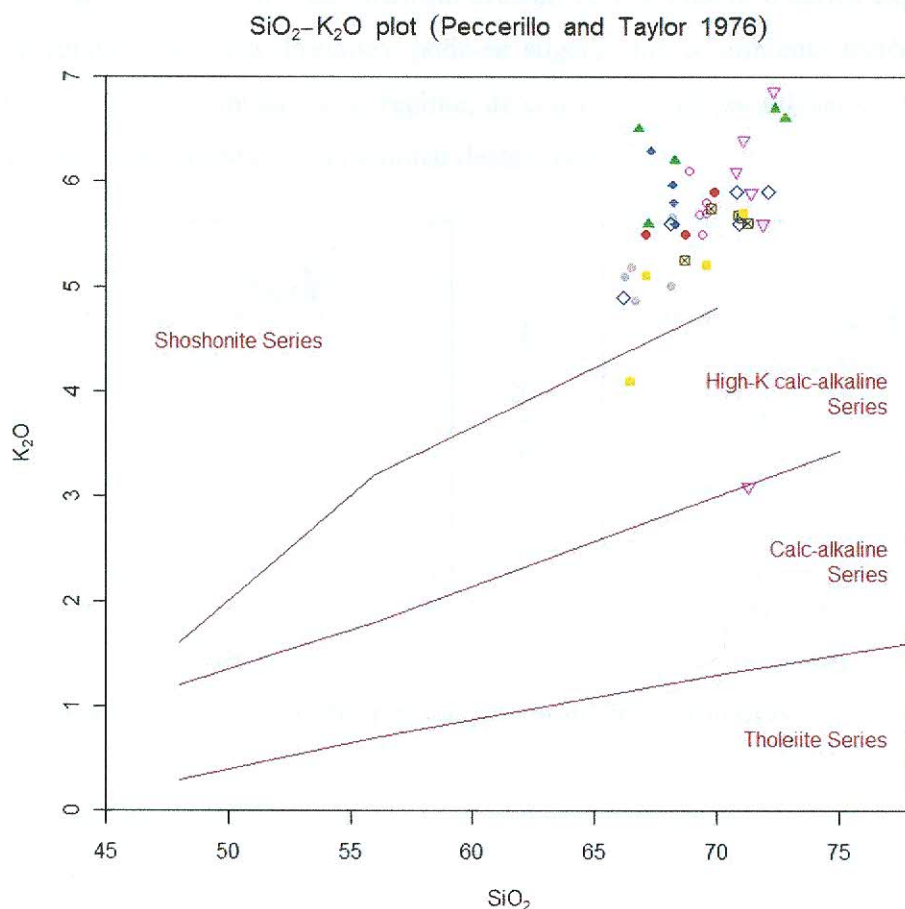


Figura 10: Diagrama SiO₂ – K₂O, por Peccerillo & Taylor (1976) para distinção de séries magmáticas.

5.2.3. Diagramas de Frost *et al.* (2001)

Os diagramas propostos por Frost *et al.* (2001) classificam quimicamente a série magmática das rochas com base na concentração de alguns elementos maiores. Através de sua leitura, observa-se que as amostras estudadas no presente trabalho provêm de um magmatismo ferroso de caráter cálcio-alcalino a álcali-cálcico (**figura 11**).

O esquema de classificação determinado pela razão $FeO/(FeO+MgO)$ versus teor de SiO₂ revela informações a respeito da história de diferenciação de magmas graníticos. Entretanto, a

composição química desses magmas reflete a composição das rochas-fonte e não o contexto tectônico no qual estes se inserem (Pearce *et al.*, 1984; Frost *et al.*, 2001).

De acordo com Brown (1982), granitóides calcialcalinos ocorrem em ambientes com regime tectônico compressional e são resultantes da fusão da crosta. Já os granitóides álcali-cálcicos são gerados em zonas de extensão crustal, correspondem a séries expandidas e são de origem profunda, mantélica. Portanto, pode-se sugerir que o ambiente tectônico na época do magmatismo sofria uma mudança de regime, de compressional para distensivo, o que pode estar relacionado ao caráter tardi a pós-colisional destas rochas.

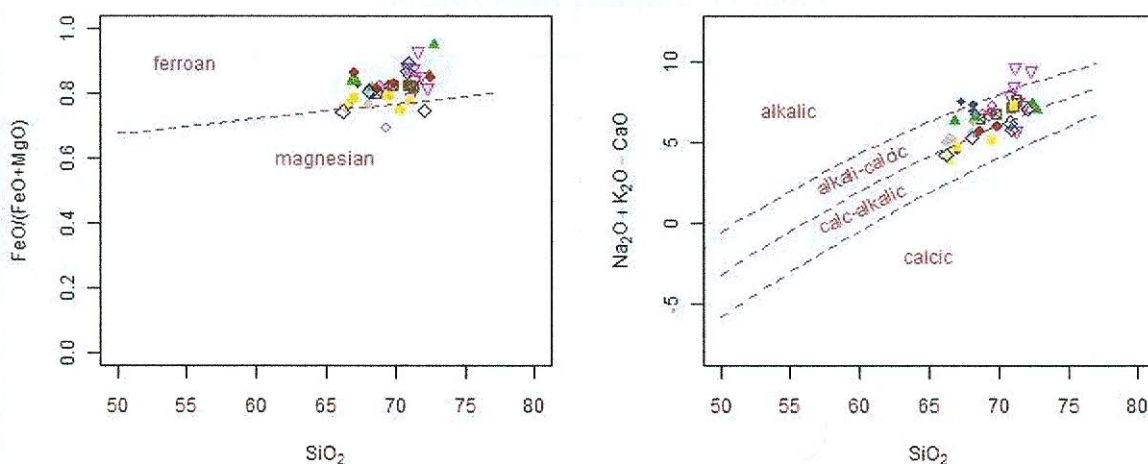


Figura 11: Diagramas de Frost *et al.* (2001) para classificação de séries magmáticas.

5.2.4. Índice de Shand (1943)

O diagrama Índice de Shand (1943) apresentado na figura abaixo define as rochas em função do teor de alumínio nelas presente. As rochas aqui estudadas revelam-se como meataluminosas a fracamente peraluminosas, comportamento esperado para rochas calcialcalinas muito evoluídas.

Teores relativamente elevados de alumínio em rochas graníticas podem estar associados à alocação de alumínio nos tetraedros de SiO_2 . Na formação de minerais aluminossilicatados, principalmente os tectossilicatos (grupo dos feldspatos, no caso), tetraedros alumínio-oxigênio são formados e se ligam aos de sílica (silício-oxigênio), compartilhando íons de oxigênio, formando uma estrutura tridimensional. Já os filossilicatos, tais como muscovita e biotita, que em geral também fazem parte da composição de granitos, possuem em sua estrutura atômica folhas de íons hidroxila coordenadas pelos íons de alumínio. Frost *et al.* (2001) preconizam que em

rochas fracamente peraluminosas o excesso em alumínio deve estar alocado na biotita, fase máfica importante na composição dos granitos aqui estudados.

Além disso, a relação entre alumínio e cálcio é preponderante na delimitação dos campos metaluminoso e peraluminoso do diagrama de Shand (1943). Portanto, rochas mais evoluídas possuem teores de cálcio mais baixos, e isso implica num relativo aumento de alumínio; desta forma granitos mais evoluídos do tipo I geralmente começam a apresentar assinaturas fracamente peraluminosas (Clarke, 1981; Chappell & White, 2001).

A/CNK-A/NK plot (Shand 1943)

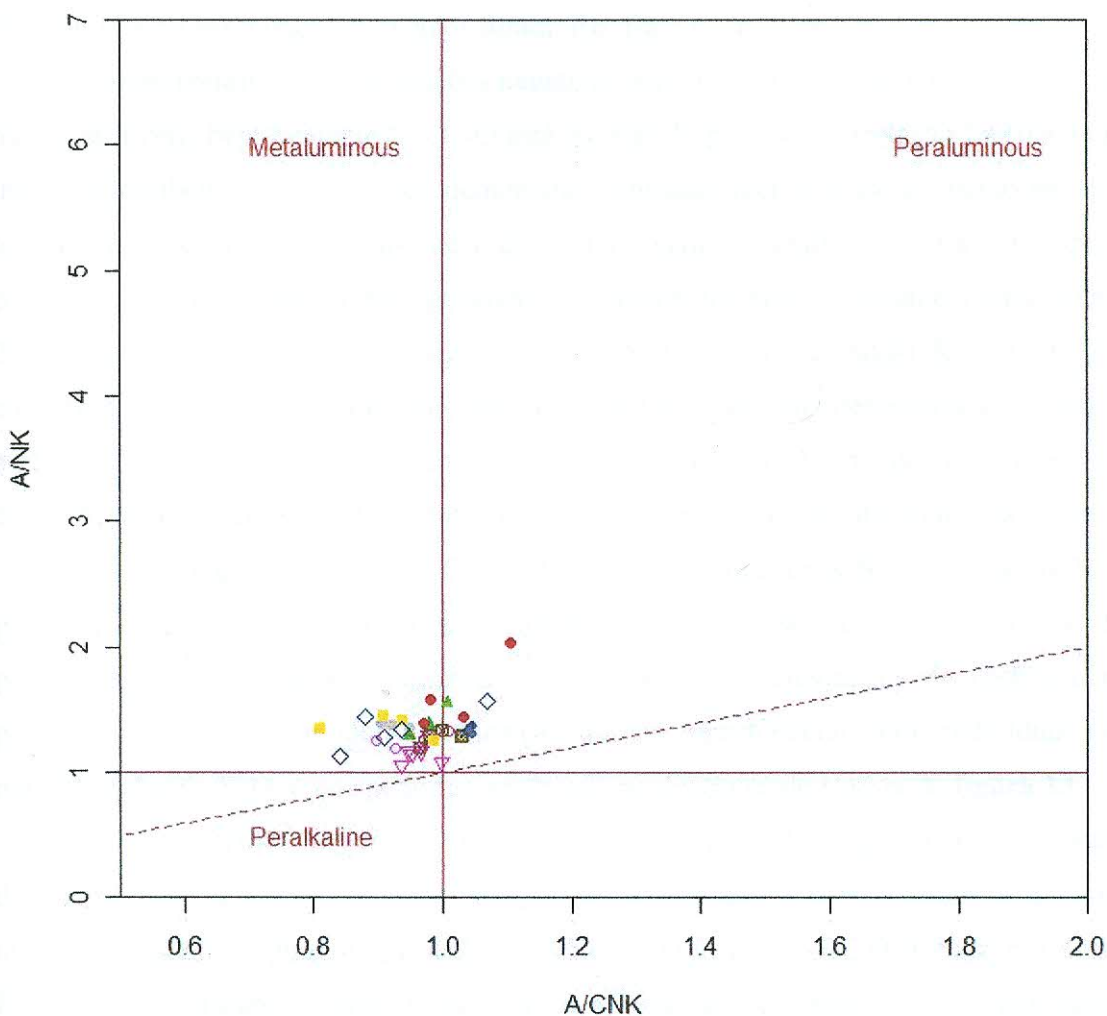


Figura 12: Diagrama Índice de Shand (1943) mostrando o teor de alumínio das rochas graníticas.

5.3. Diagramas de Variação de Harker

Os diagramas de variação de Harker são úteis para verificar o *trend* de evolução magmática, confirmar a série magmática das quais as rochas estudadas pertencem e analisar os processos magmáticos reinantes durante a cristalização. O estudo desses diagramas é feito a partir de gráficos de variação de óxidos ou de elementos menores e traços *versus* percentual de sílica (óxido de silício – SiO₂) como índice de diferenciação - escolhida devido a sua abundância durante a evolução magmática.

Os óxidos aqui analisados foram: TiO₂, Al₂O₃, FeO_t, MgO, CaO, Na₂O, K₂O e P₂O₅. Os elementos menores e traços estudados foram: Rb, Ba, Sr, Zr, Nb e V.

Foram identificadas correlações negativas para TiO₂, FeO_t, MgO, CaO e P₂O₅, através de *trends* retilíneos bem evidentes. O K₂O está assinalado por uma correlação levemente positiva e um *trend* também retilíneo, o que demonstra o enriquecimento nesse elemento em direção aos termos mais evoluídos do grupo de rochas investigado. O gráfico Na₂O x SiO₂ apresenta um padrão de difícil reconhecimento, podendo ser considerado como constante, numa faixa média de 2 a 3,5% do primeiro óxido ao longo de todo espectro de concentração de SiO₂. Já o Al₂O₃, se comparado aos demais óxidos, apresenta uma distribuição mais desordenada, evidenciada pelo espalhamento de pontos, no entanto é possível identificar tendência fraca de decréscimo no teor deste óxido com o aumento do teor de SiO₂, com um *trend* retilíneo muito mal definido.

A diminuição dos teores de CaO e Al₂O₃ com o aumento de SiO₂ pode ser reflexo de uma provável cristalização precoce e concomitante de K-feldspato e plagioclásio. Os feldspatos potássicos são os principais minerais que compõem os fenocristais de rochas com textura porfírica. As rochas das fácies porfírica estariam representadas pelos indivíduos com teores mais elevados de K₂O, o que pode ser observado no diagrama de Harker da **figura 13**.

As correlações negativas de FeO_t, MgO e TiO₂ sugerem um esgotamento na disponibilidade destes óxidos na formação de fases máficas com o decorrer da cristalização magmática, além de precipitação de óxidos de Fe-Ti e de Mg-Fe. O decréscimo nos teores de P₂O₅ sugere o mesmo, porém, neste caso, o mineral que é formado com a participação deste óxido é a apatita.

Nos diagramas de Harker para elementos menores e traços (Rb, Ba, Sr, Zr, Nb e V, aqui estudados), observam-se correlações negativas dos seguintes elementos químicos: Ba, Sr, Zr e V; correlação positiva para Rb. Já o Nb apresenta-se com um padrão disperso de difícil interpretação (**figura 14**).

A baixa concentração destes elementos nos magmas faz com que eles sejam preferencialmente estabilizados em fases minerais acessórias (apatita, zircão, alanita, etc.), sendo insuficientes para se estabilizarem nas fases minerais essenciais.

A diminuição nos teores de Zr relaciona-se à cristalização de zircão. A diminuição do V indica um esperado controle dos óxidos de ferro e biotita na distribuição deste elemento, haja vista que em direção aos termos mais evoluídos, há um empobrecimento nessas fases minerais. O Rb apresenta comportamento coerente com o K_2O , pois substitui, muitas vezes, o K presente nos alcalifeldspatos e biotita. O Sr pode substituir o cálcio (Ca) presente nos alcalifeldspatos e plagioclásios, principalmente, e apresenta um empobrecimento com o aumento de sílica.

Os *trends* que definem o comportamento da variação de óxidos e de elementos menores e traços com relação ao teor de sílica são em geral retilíneos, podendo ser interpretados como indicativo de um possível processo de mistura de magmas durante a evolução da câmara magmática, juntamente com o processo de cristalização fracionada e assimilação.

A mistura de magmas é um processo de evolução magmática que implica na coexistência de dois ou mais magmas com características contrastantes numa mesma câmara, podendo gerar um magma híbrido, fruto da homogeneização desses magmas parentais. Quando o processo envolve mistura química e mecânica, utiliza-se o termo *mixing* e, neste caso, as características primárias dos magmas parentais são mascaradas. Quando não se comprova a formação de produtos híbridos, mas é possível visualizar a interação mecânica entre dois magmas distintos, utiliza-se o termo *mingling*.

Cristalização fracionada ocorre quando, com o arrefecimento de um magma, uma quantidade de minerais passa a coexistir com o líquido remanescente em equilíbrio. É um poderoso processo de diferenciação magmática, graças ao contraste de composições químicas entre cristais e líquidos (Best, 2001). Durante este processo, há a mudança na composição do magma parental, formando líquidos derivativos a partir deste fracionamento. Para que este fracionamento seja mais efetivo, deve-se haver a segregação dos cristais, através de processos tais como segregação por gravidade, por fluxo laminar, dentre outros (Hughes, 1985).

A assimilação ou contaminação simples corresponde à incorporação química de rochas encaixantes pelo magma, produzindo uma rocha híbrida (Best, 2001). Este processo muda a composição original dos materiais envolvidos. Para alguns autores, trata-se de um processo pouco expressivo graças a diversos fatores condicionantes (Hughes, 1985). A assimilação quando associada à cristalização fracionada é, este sim, um processo bastante efetivo e relaciona-se a magmas com tempo de residência alto em câmaras magmáticas relativamente rasas.

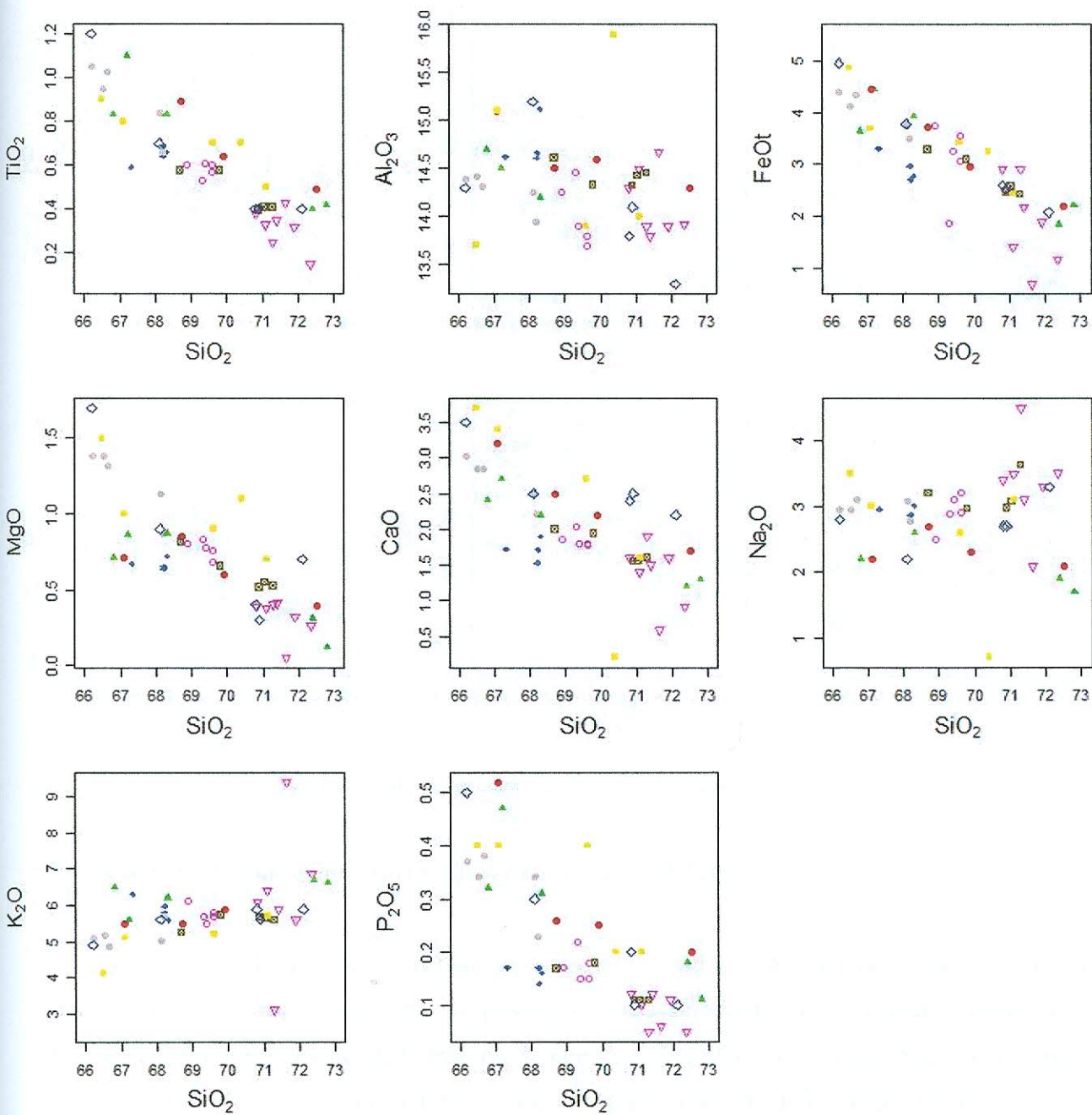


Figura 13: Diagramas de Variação de Harker para elementos maiores.

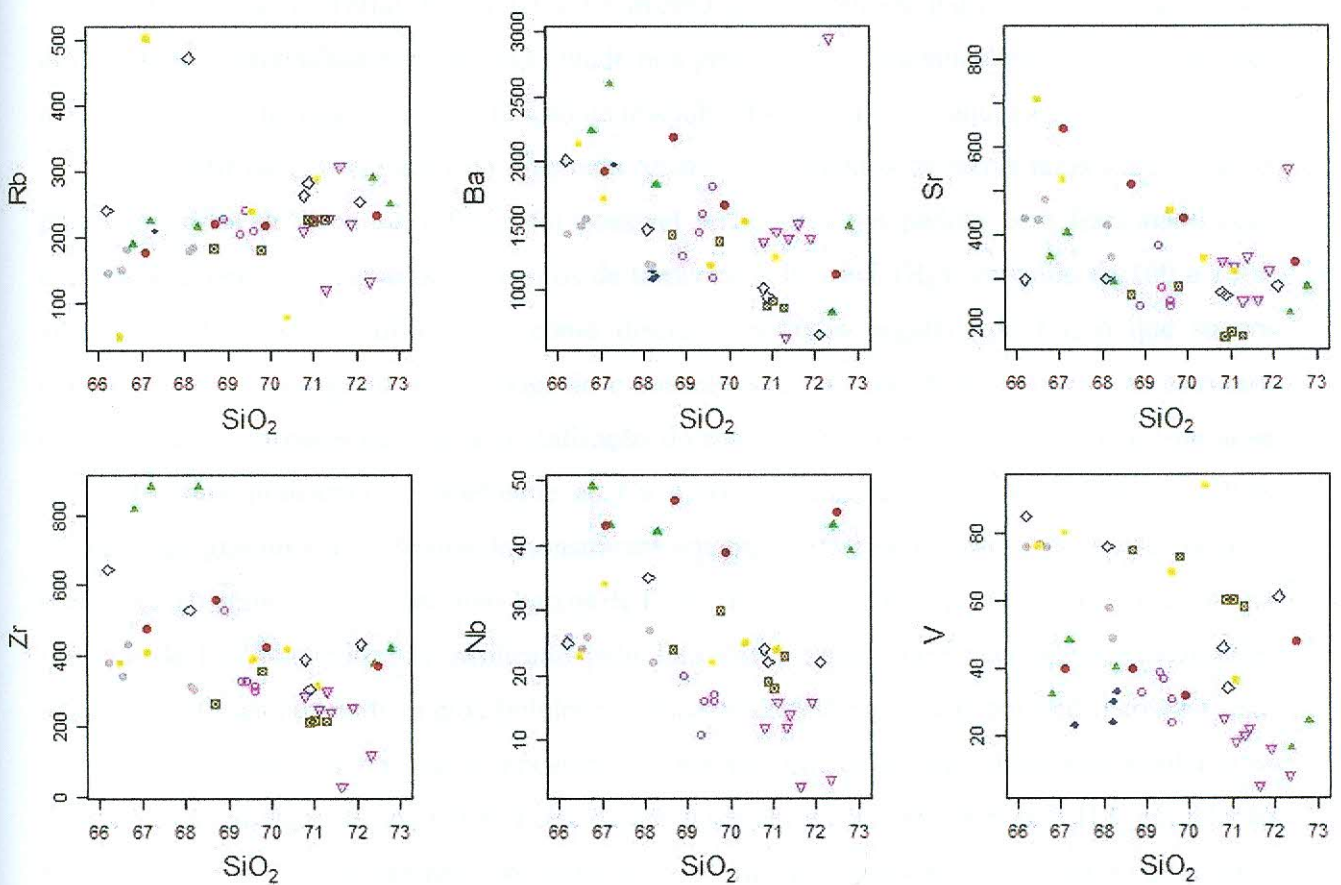


Figura 14: Diagramas de Variação de Harker para elementos menores/traços.

5.4. Diagramas Multielementares (*Spider Diagrams*) e ETR

Com a finalidade de se avaliar aspectos relacionados à ambiência tectônica onde os granitos foram gerados, bem como as possíveis fontes geradoras, foram confeccionados dois diagramas *Spider*, um normalizado para crosta continental média, proposto por Weaver & Tarner (1984) e outro de distribuição de ETR normalizados para o condrito de Boynton (1984).

O diagrama multielementar normalizado para crosta continental média de Weaver & Tarner (1984) mostra um enriquecimento de até 10 vezes o valor médio da crosta continental, um padrão pouco fracionado e relevantes anomalias negativas de U, Sr, P e Ti e anomalias positivas de K, Sm e Nd. Anomalias negativas observadas para elementos HFS (Ti, P, Zr e Hf) têm sido apontadas como características de granitos gerados em ambiente de arco ou apontam herança de processos associados à geração de rochas de arco (Pearce *et al.*, 1984; Wilson, 1989). Concentrações mais expressivas de LILEs podem ser indicadoras de contaminação crustal de magmas, de acordo com Rollinson (1993)

Os elementos Terras Raras (ETR) correspondem a ótimos indicadores petrogenéticos devido ao seu baixíssimo grau de mobilidade nos processos pós-magmáticos (hidrotermalismo, metamorfismo e intemperismo) em função da insolubilidade em fluidos aquosos.

A partir da interpretação do diagrama *Spider* de elementos de terras raras normalizados para o condrito de Boynton (1984), foi possível reconhecer um padrão bem fracionado com considerável enriquecimento de elementos de terras raras leves (ETR_L), variando de 100 a 1000 vezes os valores do condrito, bem como discreta anomalia negativa de Eu, o que sugere condições de baixa fugacidade de oxigênio e conseqüente retenção deste elemento na estrutura cristalina dos feldspatos durante a cristalização do magma. Sob essas condições, o Eu torna-se bivalente, geoquimicamente semelhante ao Ca e ao Sr, substituindo-os nos feldspatos. Duas amostras do granito Pedra Branca demonstraram um comportamento notavelmente diferenciado, estas apresentaram valores bem mais baixos de ETR_L , na faixa de 30 vezes o condrito, e anomalia positiva de Eu. Isso pode ser explicado pelo fato das amostras pertencerem, provavelmente, àquelas das fácies pegmatítica e/ou hololeucocrática, mais félsicas e ricas em feldspatos, ou seja, elas acumulam mais Eu em suas composições químicas, tornando-o mais abundante, conferindo-lhe valores positivamente anômalos. Estas rochas possuem valores menores de LILE em relação às demais, pois, provavelmente, possuem menos minerais acessórios relevantes, tais como allanita e apatita, por exemplo, para a adesão desses elementos.

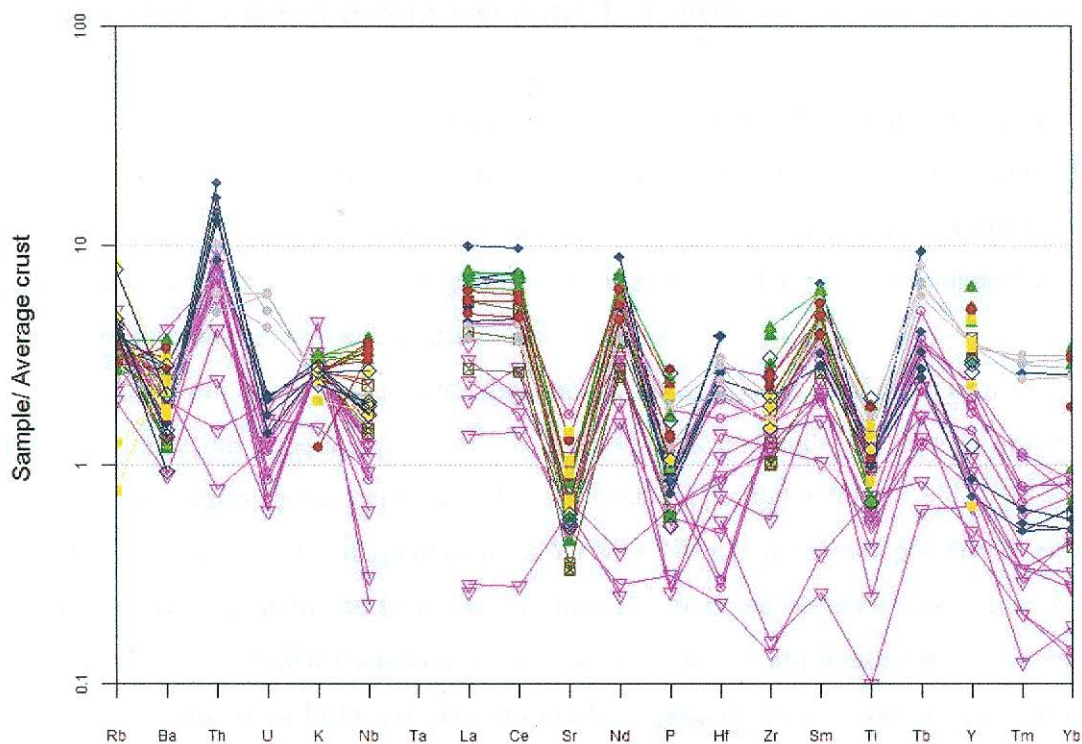


Figura 15: Diagrama *Spider* normalizado para crosta continental média, proposto por Weaver & Turner (1984).

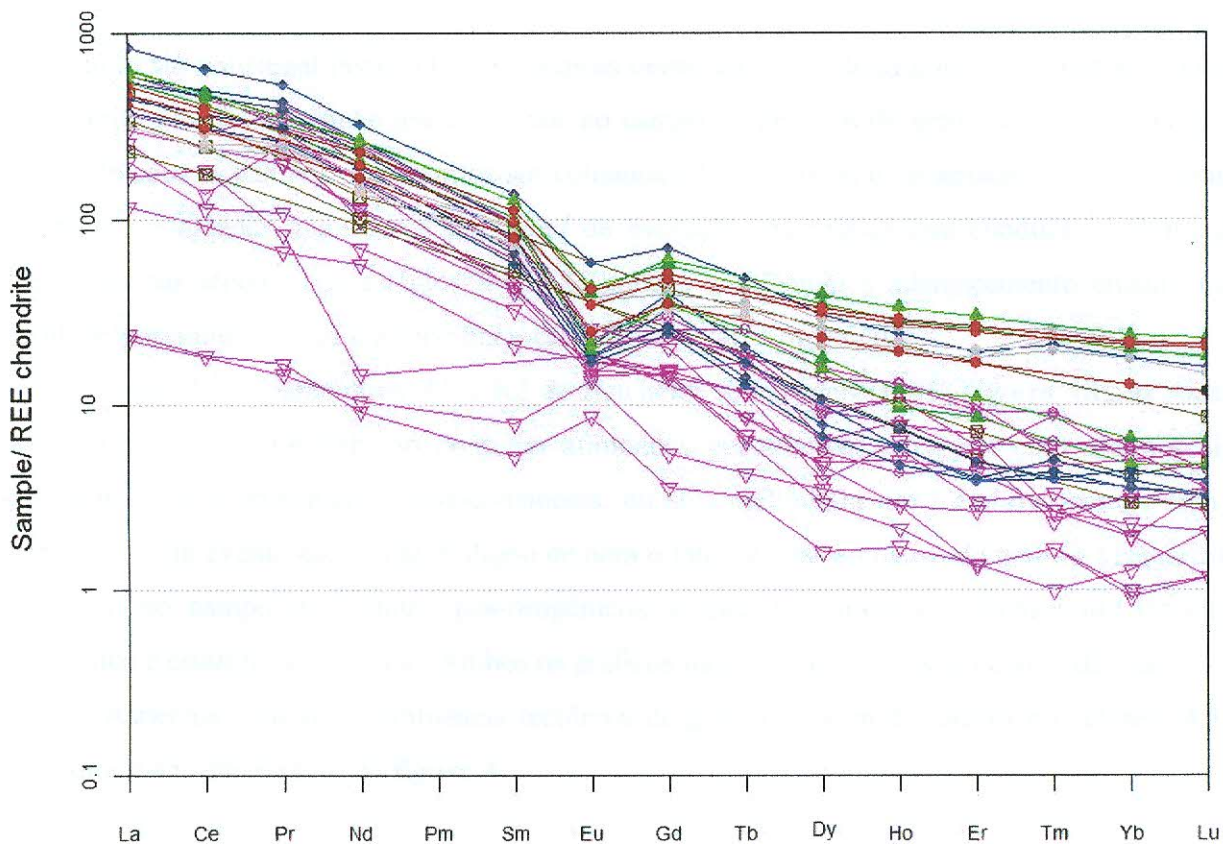


Figura 16: Diagrama *Spider* de distribuição de ETR normalizados para o condrito de Boynton (1984).

5.5. Diagramas Discriminantes para Ambientes Tectônicos

Diagramas discriminantes raramente fornecem confirmação sobre o ambiente tectônico gerador de magma. Eles devem ser utilizados para sugerir uma filiação, e nunca como prova. Os principais fatores a serem considerados quando se projetam diagramas discriminantes são: número de amostras; grau de superposição entre os campos; o efeito da mobilidade dos elementos e a variação de ambientes tectônicos utilizados.

Granito é um litotipo cujo reconhecimento do ambiente tectônico gerador, com base somente em diagramas geoquímicos, é difícil. Uma vez que a abundância dos elementos maiores, menores e traços nestas rochas dependem de vários fatores petrogenéticos.

Através da análise dos diagramas $Rb \times Y+Nb$ e $Nb \times Y$ propostos por Pearce *et al.* (1984) para discriminação de ambiente tectônico (figura 17), pode-se observar que a maior parte das amostras estudadas possuem filiação química com os granitos intraplaca (WPG). Três amostras de granitos: uma do Nova Friburgo, uma do Frades e uma do Pedra Branca possuem assinatura

de granito sin-colisional (syn-COLG). Todas as outras amostras do granito Pedra Branca e cinco do granito Favela/Andorinha tendem a cair no campo de granitos de arco-vulcânico (VAG), no limítrofe com os campos dos granitos sin-colisionais (syn-COLG) e intraplaca (WPG), portanto, as rochas estudadas apresentam um *trend* de evolução magmática que conduziu a formação destas rochas através dos estágios finais da colisão continental e adelgaçamento crustal, mas também possuindo ainda uma forte herança química do arco magmático.

Segundo os parâmetros R1 x R2 de Batchelor & Bowden (1985) (figura 18), as rochas estudadas no presente trabalho possuem afinidades geoquímicas em geral com granitos sin-colisionais, tardi-orogênicos e pós-colisionais, ou seja, delimitam um *trend* que conota com o término de um evento colisional. É digno de nota o fato de duas amostras do granito Margaritiba plotarem no campo de granitos pós-orogênicos, o que determinaria o fechamento do ciclo orogênico e estabilização crustal. Ambos os gráficos mostram tendências em concordância.

Aspectos relativos à ambiência tectônica de granitos foram discutidos no subitem 4.2 e encontram-se sumarizados na figura 4.

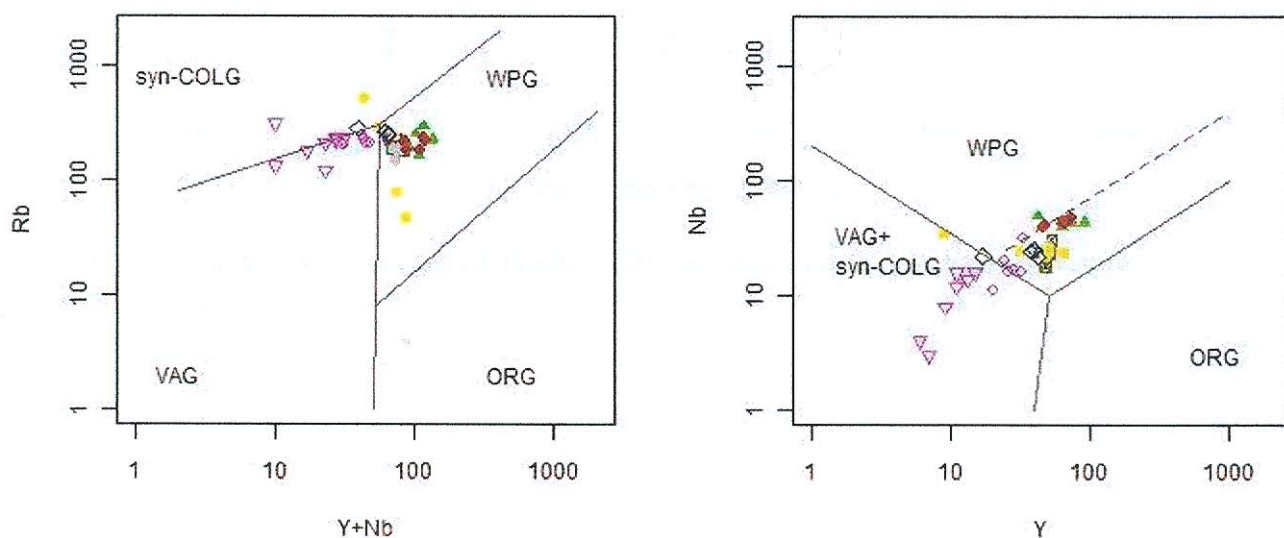


Figura 17: Diagramas Rb x Y+Nb e Nb x Y para discriminação de ambiente tectônico por Pearce *et al.* (1984).

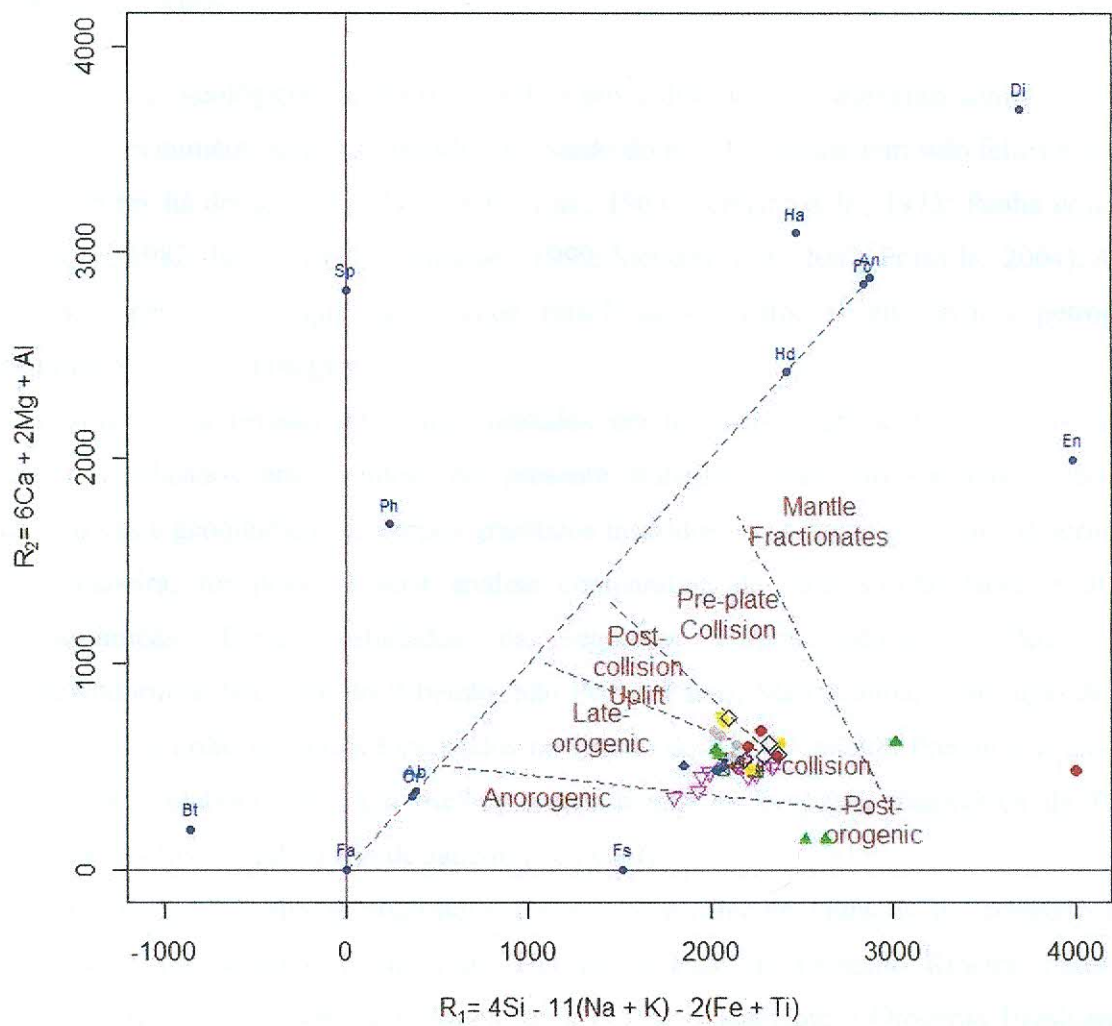


Figura 18: Diagrama R1 x R2 de Batchelor & Bowden (1985) para discriminação de ambientes tectônicos.

6. CONCLUSÕES

Estudos geológicos de granitos tardi a pós-colisionais do segmento central do Orógeno Ribeira, especialmente aqueles inseridos no estado do Rio de Janeiro, têm sido feitos por diversos pesquisadores há décadas (*e.g.* Hemlbald *et al.*, 1965; Leonardos Jr., 1973; Penha *et al.*, 1980; Pires *et al.*, 1982; Junho, 1990; Guimarães, 1999; Mendes *et al.*, 2002; Porto Jr., 2004). Ao longo dos anos, percebeu-se que tais corpos relacionam-se entre si em termos petrográficos, geoquímicos e geocronológicos.

Através da revisão de dados coletados em teses/dissertações, monografias, artigos e resumos publicados em eventos, no presente trabalho foram investigadas características petrográficas e geoquímicas de corpos graníticos inseridos no contexto geológico descrito acima. Desta maneira, foi possível uma análise comparativa de suas similaridades e diferenças litogeoquímicas. Foram estudados os seguintes corpos intrusivos: Pedra Branca, Favela/Andorinha, São José do Ribeirão, São Pedro, Parati, Mangaratiba, Conceição de Jacareí, Frades e Nova Friburgo, todos localizados no Estado do Rio de Janeiro. Pretende-se assim, com esta síntese, colaborar para um melhor entendimento da evolução magmática da Província Granítica Pós-Colisional do Rio de Janeiro (PGPCRJ).

Os corpos graníticos analisados estão geologicamente situados no contexto tectono-estratigráfico do Domínio Costeiro do Terreno Oriental do Orógeno Ribeira. Estes corpos ocorrem intrudindo as rochas que foram geradas sincronicamente à Orogenia Brasileira - Pan africana, que ocorrera durante o Neoproterozóico, e foram provavelmente formados durante o período de quiescência crustal do evento colisional Ribeira.

A maior parte destes corpos graníticos possui o formato concêntrico/arredondado, característico de intrusões pós-tectônicas e estão encaixados ou interdigitados em rochas gnáissicas possuindo, eventualmente, xenólitos dessas. Apresentam enclaves de litotipos máficos associados, possuem estruturas geradas por fluxo magmático e por mistura mecânica de magmas e têm composições variando de sienito a monzogranito e texturas porfiríticas a equigranulares. Sob o ponto de vista petrográfico, os granitos estudados mostram composições mineralógicas muito semelhantes, sendo basicamente constituídos por K-feldspato (microclina, em geral), plagioclásio, quartzo e biotita, como fases essenciais, e apatita, allanita, titanita, zircão e minerais opacos como as fases acessórias mais comuns. Alterações comuns de feldspatos são sericita/muscovita e caulinita e a clorita a partir de biotita. Algumas peculiaridades são consideráveis: a hornblenda é um importante mineral na composição do granito Parati, a

magnetita participa da mineralogia acessória dos granitos Pedra Branca, na sua fácies hololeucocrática, e Mangaratiba. Este último também conta com a pirita como fase acessória relevante em sua composição mineralógica. Os corpos estudados possuem idades correlacionáveis aos estágios tardi e pós-colisionais do Orógeno Ribeira, são elas, aproximadamente 500 Ma para o granito Parati; 513 Ma para o granito Pedra Branca; 480 Ma para os granitos Favela e Andorinha e 500 Ma para o granito Mangaratiba.

As rochas estudadas possuem composição química granítica da série subalcalina, comprovada mediante a interpretação dos diagramas geoquímicos TAS (Cox *et al.*, 1979) e De la Roche *et al.* (1980) para classificação litológica de rochas ígneas. Algumas dessas amostras plotam no campo dos granodioritos. Características geoquímicas permitem relacioná-las a um magmatismo álcali-calcico a cálcio-alcalino de altíssimo K enriquecido em Fe_2O_3 , Ba e Zr pertencente ao grupo ferroso, metaluminoso a fracamente peraluminoso, comportamento esperado para seqüências ácidas evoluídas do tipo I (Clarke, 1981; Chappel & White, 2001, Frost *et al.*, 2001).

Os diagramas de Harker ilustram a tendência para o decréscimo de TiO_2 , FeO_t , MgO , CaO e P_2O_5 com o aumento de sílica, através de *trends* retilíneos bem evidentes, correlacionáveis ao controle e cristalização de diferentes fases minerais essenciais e acessórias. Há um leve enriquecimento em K_2O junto ao aumento de sílica e o Na_2O é interpretado como constante ao longo do espectro composicional de SiO_2 . Já para elementos menores e traços, observam-se correlações negativas para Ba, Sr, Zr e V, e correlação positiva para Rb. O Nb apresenta um padrão disperso. Os *trends* apresentados nos diagramas de Harker são em maioria retilíneos, interpretados como indicativos de processo de mistura de magmas e cristalização fracionada associada à assimilação durante a evolução da câmara magmática.

O diagrama *Spider* normalizado para crosta continental média de Weaver & Turner (1984) denota através de um padrão pouco fracionado, o enriquecimento de até 10 vezes o valor médio da crosta continental e relevantes anomalias negativas de U, Sr, P e Ti e positivas de K, Sm e Nd. O diagrama *Spider* de elementos de terras raras normalizados para o condrito de Boynton (1984) demonstra um padrão bem fracionado com considerável enriquecimento de elementos de terras raras leves (ETR_L), de 100 a 1000 vezes os valores do condrito, e discreta anomalia negativa de Eu, que podem sugerir uma cogeneticidade das rochas estudadas. Este padrão, também chamado “padrão em gaivota”, é comum para seqüências graníticas e encontra-se bem descrito na literatura (*e.g.* Cullers & Graf, 1984).

Diagramas discriminantes para ambientes tectônicos foram confeccionados com o intuito de indicar filiações geoquímicas para as rochas estudadas. A análise dos diagramas Rb x Y+Nb e Nb x Y propostos por Pearce *et al.* (1984) demonstraram filiações com granitos de ambientes intraplaca, de arco vulcânico e sin-colisionais. O diagrama R1 x R2 proposto por Batchelor & Bowden (1985) sugere afinidades com granitos sin-colisionais a pós-colisionais. Ou seja, apesar das limitações no uso e interpretação de diagramas discriminantes de ambiente, estes sugerem um *trend* de evolução magmática gerador de rochas nos estágios tardi a pós-colisionais, com a possibilidade de alguns terem sido gerados sincronicamente à colisão, associado ao afinamento e estabilização crustal, bem como uma relevante herança de arco principalmente por parte do granito Pedra Branca, por possuir teores menores de Y e Nb.

Utilizando-se alguns dos parâmetros propostos por Chapell & White (2001) para a classificação geoquímica de granitos, tem-se que as rochas estudadas tendem a possuir características pertinentes principalmente a granitos do tipo I ($A/CNK < 1,1$; conteúdos de $Na_2O > 3,2$ para o intervalo de sílica da seqüência; diagramas de variação lineares) derivados de níveis crustais profundos e/ou de fonte ígnea. Xenólitos máficos também são comuns em seqüências tipo-I e são evidentes na maioria dos corpos estudados. A hornblenda é um mineral marcador de granitos do tipo I e é encontrada no granito Parati; inclusões de apatita são comuns em biotitas e hornblendas em granitos do tipo-I (Chapell & White, 2001), sendo observáveis em praticamente todos os litotipos. Além disso, termos mais evoluídos de seqüências ácidas do tipo I podem apresentar um comportamento levemente peraluminoso, o que pode ser observado no diagrama de Shand (1943). Segundo os autores, características de campo e petrográficas são de suma importância para a distinção do tipo de granito, bem como o estudo de propriedades isotópicas, dentre outros parâmetros.

Portanto, os aspectos observados no presente trabalho coadunam com propostas feitas por Junho (1990), Mendes *et al.* (2002) e Ludka *et al.* (2006) de agrupar os diferentes corpos graníticos do Estado do Rio de Janeiro de acordo com suas similaridades composicionais (geoquímicas e petrográficas) e geocronológicas. Neste sentido, torna-se viável a utilização do termo Província Granítica Pós-Colisional do Rio de Janeiro (PGPCRJ), que fora previamente utilizado por Mendes *et al.* (2002), conferindo, portanto, a alguns desses corpos uma possibilidade de gênese comum. Contudo, estudos mais detalhados, particularmente de cunho isotópico, são ainda necessários com o intuito de melhorar o entendimento da granitogênese tardi a pós-colisional no contexto da evolução geológica do segmento central do Orógeno Ribeira.

7. REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M. (1977) - Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 7(4): 349-364.
- Almeida F.F.M. de, Hasui Y., Brito-Neves B.B de, Fuck R. A. (1981) - Brazilian Structural Provinces: an introduction. *Earth-Sci. Rev.*, 17: 1-29.
- Almeida, J. C. H., Tupinambá, M. A., Heilbron, M. e Trouw, R. A. J. (1998) - Geometric and kinematic analysis at the central tectonic boundary of the Ribeira Belt, southeastern Brazil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, 1998. Anais... SBG, p. 32.
- Batchelor, R.A., Bowden, P. (1985) - Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48 (1), 43-55.
- Batista J.J. (1984) - Caracterização dos processos geológico-evolutivos pré-cambrianos na região de São Fidelis, norte do Estado do Rio de Janeiro. *Tese de Doutorado*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 123 pp.
- Batista J.J. (1986) - Processos geológico-evolutivos da porção setentrional do Cinturão Ribeira e na área estável adjacente. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 34, *Anais*, v.2, p. 722-727.
- Best, M. & Christiansen, E. H. (2001) – *Igneous Petrology*. Blackwell Eds. 458p.
- Biondi, J. C. (2003) - Processos Metalogenéticos e os Depósitos Minerais Brasileiros. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos - CBMM. v.1. 528 p.
- Boyton, W.R. (1984) - Cosmochemistry of the rare earth elements meteorite studies. In: Henderson, P. (ed). *Rare Earth Element Geochemistry*, pp.63-114. Elsevier, Amsterdam.
- Brito Neves, B. B. & CORDANI, U. G. (1991) - Tectonic Evolution of south america during the Late Proterozoic. *Precambrian Research*, Holanda-Elsevier, v. 53, p. 23-40.

Brown, C. G. (1982) – Calc Alkaline intrusive rocks: their diversity evolution and relation to volcanic arcs. In: R. S. Thorpe (ed): *Orogenic andesites and related rocks*. John Wiley and Sons, p. 437-461

Campos Neto, M.C. (2000) - Orogenic systems from Southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano-Pan African Cycle and Orogenic Collage in Southeastern Brazil. In: Cordani, U.,

Milani, E., Thomaz Filho, A., Campos, D. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. CPRM, Rio de Janeiro. 856 pp.

Chappell B. W. & White A. J. R. (2001) - Two Contrasting Granite Types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences*, 48(4):489-499.

Chaves, E. A. P. (2009) - Caracterização Geológica, Petrográfica e Geoquímica do Granito São Pedro em Lumiar, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. *Trabalho Final de Curso* (Bacharel em Geologia), IG-UFRJ, Rio de Janeiro, 45 p.

Clarke D.B. (1981) - The mineralogy of peraluminous granites: a review. *Canadian Mineralogist*, 19(1):1-17.

Cox, K.G.; Bell, J.D. e Pankhurst, R.T. (1979) - The interpretation of the igneous rocks. University of Chicago Press. 450p.

Cullers, R.L. & Graf, J.L. (1984) - Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silicic rocks – ore petrogenesis. In: Henderson, P. (Ed.), *Rare earth element geochemistry*, Elsevier, pp. 275-308.

De la Roche, H., Leterrier, J. Grandclaude, P., Marchal, M. (1980) - A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major-element analyses – its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29 (3/4): 183-210.

Frost B.R., Barnes C.G., Collins W.J., Arculus R.J., Ellis D.J., Frost C.D. (2001) - A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42 (11):2033-2048.

Guimarães, M. T. (1999) - Geologia, Petrografia e Geoquímica do Complexo Granítico de Mangaratiba – Conceição de Jacareí, RJ. Geoquímica - UFF, *Dissertação de Mestrado*, 155 p.

Heilbron, M., (1993) - Evolução tectono-metamórfica da Seção Bom Jardim de Minas (MG)- Barra do Piraí (RJ). Setor Central da Faixa Ribeira. *Tese de Doutorado*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Heilbron, M., Crispim, S. J., Alves, R. P. e Simões, L. S. A. (1982) – Geologia do Cabo dos Búzios, estado do Rio de Janeiro. *An. Acad. Bras. Ciên.*, 54(1): 25.

Heilbron, M., Machado, N., (2003) - Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic–Eopaleozoic Ribeira belt SE Brazil. *Precambrian Research* 125 (1–2), 87– 112.

Heilbron, M., Pedrosa-Soares, A.C., Campos Neto, M., Silva, L.C., Trouw, R.A.J., Janasi, V.C., (2004) - A Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V., et al., (Eds.), *Geologia do Continente Sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Ed. Beca, São Paulo. 647 pp.

Heilbron, M., Tupinambá, M., Almeida, J. C. H., Valeriano, C., Valladares, C. S. & Duarte, B. P. (1998) – New constraints on the tectonic organization and structural styles related to the Brasiliano Collage of Central Segmento Ribeira Belt, SE, Brazil. In: *Int. Conf. Basem. Tecton.*, 14, Ouro Preto, MG. Ext. Abstr. 15-17

Hembold, R., Valença, J. G. e Leonardos Jr., O. H. (1965) – Mapa geológico do estado da Guanabara, 1:50.000. DRM/MME-DNPM

Hughes, C. J. (1985) – *Igneous Petrology*. Elsevier Eds. Amsterdam. 551p.

Junho, M. C. B. (1990) - Contribuição à Petrologia dos Maciços Graníticos de Pedra Branca, Nova Friburgo e Frades, RJ. *Tese de Doutorado*, IG-UFRJ, Rio de Janeiro, 172p.

Junho, M. C. B. (1993) - Granitos Brasileiros do Estado do Rio de Janeiro - Considerações Geoquímicas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 65(2): 161-179.

Leonardos Jr., O. H. (1973) – The origin and alteration of granitic rocks in Brazil: a study of metamorphism, anatexis, weathering and fertility within granitic terrains in eastern Brazil. PhD thesis, University of Manchester, England, 183pp.

Ludka, I. P., Mendes, J. C., Penha, H.M., Belmonte, S. & Almeida, T. (2006) - Considerações geoquímicas e idade U-Pb do Granito Parati, sul do Estado do Rio de Janeiro. *In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Aracaju. Anais, v. 1. p. 253.

Machado, N., Valladares, C., Heilbron, M., Valeriano, C., (1996) - U-Pb geochronology of the central Ribeira belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. *Precambrian Research* 79 (3– 4), 347– 361.

Mendes, J. C., Junho, M. B., Ghizi, A. (2002) - Geology and Geochemistry of granitic and dioritic rocks of the São José do Ribeirão intrusive massif, mountain region of Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra*, v. 21, n. 2, 2002, p. 01-11

Pearce, J. A.; Harris, B.W. & Tindle, A. G. (1984) - Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *J. Petrol.* 25:956-983.

Peccerillo A. & Taylor S.R. (1976) - Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58: 63-81.

Penha, H. M. & Wiedemann, C. M. (1984) – Granitóides da Região Central do Rio de Janeiro. 33º Congr. Bras. Geol. Rio de Janeiro, Rot. Excursões: 5433-5455

Penha, H. M. (1984) – Geologia do Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 53 (3): 355.

Penha, H. M., Ferrari, A. L., Ribeiro, A., Paciullo, F. V. P., Amador, E. S. & Junho, M. C. B. (1980) – A geologia da Folha Petrópolis. 31º Congr. Bras. Geol., Camboriú, 5: 265-297

Pires, F. R. M., Valença, J. G. e Ribeiro, A. (1982) – Multistage Generation of Granite in Rio de Janeiro, Brasil – Na. Acad. Bras. Ciências, v. 54, n. 3, p: 563-574

Pitcher, W. S. (1983) - Granite: typology, geological environment and melting relationships. Migmatites, Melting and Metamorphism (ed.: M.P. Atherton & C.D. Gribble). Shiva Pub. Ltd., Cheshire: 277-285.

Porto Jr, R., Valente, S. C. & Duarte, B. P. (1993) – Aspectos de Campo, Petrográficos e Geoquímicos de Acamamento Magmático de Granito do Complexo Granítico Pedra Branca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Anais do II Congresso Internacional de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa. Porto, Portugal. Memórias (3) p: 150-154

Porto Jr., R. & Valente, S. C. (1988) – As rochas granitóides do norte da Serra da Pedra Branca e suas relações com as encaixantes gnáissicas na região de Bangu, Rio de Janeiro, RJ. Anais do 35º Cong. Bras. Geol. Belém, 3: 1066-1079.

Porto Jr., R. (1994) – Petrologia das Rochas Graníticas das Serras da Pedra Branca e Misericórdia, Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Tese de Mestrado*. IG-UFRJ. 222p.

Porto Jr., R. (2004) – Petrogênese das Rochas do Maciço da Pedra Branca. Rio de Janeiro, RJ. *Tese de Doutorado*, IG-UFRJ, Rio de Janeiro, 229 p.

Reis A.P. & Mansur K. L. (1995) - Sinopse Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Mapa Geológico 1:400.000. Niterói, DRM/RJ, 60 pp.

Rollinson, H. R. (1993) - Using Geochemical Data: evaluation, presentation, interpretation. *Longman Ed.*, UK. 352 p.

Schmitt, R. S. (2001) - A orogenia Búzios - Caracterização de um evento tectono-metamórfico Cambro-ordoviciano no Domínio Tectônico de Cabo Frio - SE da Faixa Ribeira. *Tese de Doutorado*, IG-UFRJ, Rio de Janeiro, 256p.

Schmitt, R.S., Pimentel, M.M., Van Schmus, W.R., Trouw, R.A.J., Armstrong, R.A., (2003) - Marine sedimentation related to the latest stages of Gondwana assembly in the Ribeira Belt: new U-Pb data. In: IV South American Symposium on Isotope Geology, IV SSAGI, Salvador, Short Papers Volume, 1: 294-297.

Schmitt, R.S., Trouw, R.A.J., Van Schmus, W.R., Pimentel, M.M., (2004) - Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian orogeny in the Ribeira Belt-SE Brazil. *Precambrian Research* 133 (1–2), 29– 61.

Shand, S.J. (1943) - *The eruptive rocks*. John Wiley, New York, segunda edição. 444pp

Silva W.G., Batista J.J., Thompson R. (1978). Texto explicativo da Folha Geológica Cambuci. Niterói, DRM/RJ.

Streckeisen, A. (1976) – To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Rev.*, 12: 1-33.

Trouw, R., Heilbron, M., Ribeiro, A., Paciullo, F., Valeriano, C., Almeida, J., Tupinambá, M., Andreis, R., (2000) - The central segment of the Ribeira Belt. In: Cordani, U., Milani, E., Thomaz Filho, A., Campos, D. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. CPRM, Rio de Janeiro. 856 pp.

Tupinambá, M., Heilbron, M., Duarte B.P., Nogueira, J.R., Valladares, C., Almeida, J., Silva, L.G.E., Medeiros, S.R., Almeida, C.G., Miranda, A., Ragatky, C.D., Mendes, J. C., Ludka, I. P. (2007) - Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos* 15(1): 67 - 79, 2007.

Tupinambá, M., Teixeira W., Heilbron M. (2000) - Neoproterozoic Western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, Southeastern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 30: 7-11.

Tupinambá, M., Teixeira, W., Heilbron, M. e Basei, M. (1998) – U/PB zircon age and litogeochemistry of the Rio Negro Complex tonalitic gneiss: evidence of a 630 Ma magmatic arc the Costeiro Domain of the Ribeira Belt. XXXIX Cong. Bras. Geol. Anais. p:51.

Weaver, B.L. & Tarney, J. (1984) - Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. *Nature*, 319: 575-577.

Wilson M. (1989) - *Igneous Petrogenesis*. Harper Collins Acad., 466 p.

Mapa geológico simplificado do Estado do Rio de Janeiro(Reis & Mansur, 1995) pelo DRM, disponível em: http://www.drm.rj.gov.br/Download/estadoRJ_mapa_geologico_placa.pdf

ANEXOS

Composição Química de Elementos Maiores dos Granitos Tardi a Pós-Colisionais

Rock	Sample	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3t	FeOt	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	Total
Granito PB	PRGF - 3A	70.8	0.38	14.3	3.23	2.9	0.02	0.39	1.6	3.4	6.1	0.12	0.65	99.76
Granito PB	PST - 7	71.1	0.33	14.5	1.56	1.41	0.02	0.38	1.4	3.5	6.4	0.1	0.62	99.77
Granito PB	PST - 5B	71.3	0.25	13.9	3.23	2.91	0.04	0.4	1.9	4.5	3.1	0.05	1.95	100.54
Granito PB	PMT - 3	71.4	0.35	13.8	2.41	2.17	0.05	0.41	1.5	3.1	5.9	0.12	1.05	100
Granito PB	PBG 2	71.64	0.43	14.67	0.77	0.69	0.01	0.05	0.59	2.09	9.41	0.06	0.47	100.18
Granito PB	PMT - 4	71.9	0.32	13.9	2.1	1.89	0.04	0.32	1.6	3.3	5.6	0.11	0.88	99.91
Granito PB	PT 02	72.34	0.15	13.92	1.3	1.17	0.07	0.26	0.91	3.51	6.87	0.05	0.48	99.85
Granito PB	PJT - 10A	75	0.06	13.6	0.76	0.69	0.01	0.05	1.3	3.7	5.2	0	0.3	99.92
Granito Favela	PBT - 20	68	0.77	14.4	3.31	2.98	0.06	0.85	2.5	3.3	5.6	0.34	0.83	99.75
Granito Favela	PBG 1	68.89	0.6	14.25	4.15	3.73	0.04	0.8	1.86	2.5	6.11	0.17	0.69	99.97
Granito Favela	RG - 06C	69.3	0.53	14.46	2.06	1.86	0.03	0.83	2.03	2.89	5.69	0.22	1.68	99.65
Granito Favela	PMT - 16	69.6	0.6	13.8	3.73	3.56	0.04	0.76	1.8	2.9	5.7	0.18	1.8	100.68
Granito Favela	PMT - 17	69.4	0.61	13.9	3.62	3.26	0.04	0.78	1.8	3.1	5.5	0.15	1.74	100.42
Granito Favela	PMT - 18	69.6	0.57	13.7	3.41	3.07	0.04	0.68	1.78	3.2	5.8	0.15	1.34	99.98
Granito SJR	SJ-GM	71.28	0.41	14.46	2.7	2.43	0.04	0.53	1.61	3.64	5.61	0.11	0.65	101.04
Granito SJR	SJ-45 (*)	71.02	0.41	14.43	2.87	2.58	0.04	0.55	1.56	3.08	5.66	0.11	0.73	100.46
Granito SJR	SJ-04 (*)	70.88	0.4	14.33	2.76	2.48	0.04	0.52	1.56	2.99	5.68	0.11	0.81	100.08
Granito SJR	SJ-110	69.78	0.58	14.34	3.45	3.1	0.07	0.66	1.95	2.97	5.75	0.18	0.87	100.58
Granito SJR	SJ-107	68.68	0.58	14.62	3.66	3.29	0.06	0.82	2.01	3.21	5.26	0.17	0.87	100.58
Gr. São Pedro	SP-7	68.31	0.66	15.12	3.08	2.77	0.03	0.72	1.9	3.01	5.6	0.16	0.5	99.33
Gr. São Pedro	SP-11	68.23	0.64	14.66	3.01	2.7	0.03	0.65	1.71	2.89	5.8	0.14	1.3	99.27
Gr. São Pedro	SP-23	68.22	0.69	14.61	3.29	2.96	0.04	0.64	1.53	2.87	5.97	0.17	0.51	99.28
Gr. São Pedro	SP-25	68	0.61	15.03	2.99	2.69	0.03	0.67	1.78	3	5.71	0.16	1.1	99.27
Gr. São Pedro	SP-42	67.33	0.59	14.62	3.67	3.3	0.06	0.67	1.72	2.96	6.3	0.17	0.8	99.24
Granito Parati	P 100	68.11	0.84	14.26	4.14	3.73	0.07	1.13	2.50	3.09	5.01	0.34	0.50	99.99
Granito Parati	P135	66.53	0.95	14.41	4.59	4.13	0.08	1.38	2.85	2.95	5.18	0.34	0.94	100.20
Granito Parati	P135A	66.21	1.05	14.39	4.89	4.40	0.08	1.38	3.03	2.96	5.1	0.37	0.92	100.38
Granito Parati	P3	66.67	1.03	14.32	4.83	4.35	0.08	1.32	2.85	3.11	4.87	0.38	0.5	99.96
Granito Parati	P90	68.19	0.66	13.95	3.89	3.50	0.07	0.87	2.21	2.77	5.67	0.23	1.05	99.56
Gr. Mangaratiba	49C	72.8	0.42	14	2.44	2.2	0.02	0.12	1.3	1.7	6.6	0.11	0.76	100.52

Gr. Mangaratiba	49B	67.2	1.1	14.5	4.93	4.44	0.07	0.86	2.7	2	5.6	0.47	0.7	100.4
Gr. Mangaratiba	47A	67	1	14.7	6.12	5.51	0.07	0.97	2.8	2.1	5.6	0.46	0.32	100.56
Gr. Mangaratiba	20	72.4	0.4	14	2.04	1.84	0.02	0.31	1.2	1.9	6.7	0.18	0.44	99.92
Gr. Mangaratiba	117A	66.8	0.83	14.7	4.04	3.64	0.05	0.71	2.4	2.2	6.5	0.32	0.76	99.57
Gr. Mangaratiba	81A	68.3	0.83	14.2	4.36	3.92	0.05	0.87	2.2	2.6	6.2	0.31	0.68	100.57
Gr. C. de Jacareí	152	68.7	0.89	14.5	4.13	3.72	0.06	0.85	2.5	2.7	5.5	0.26	0.52	100.86
Gr. C. de Jacareí	75	72.5	0.49	14.3	2.45	2.2	0.02	0.39	1.7	2.1	6	0.2	0.28	100.41
Gr. C. de Jacareí	39.2	69.9	0.64	14.6	3.28	2.95	0.05	0.6	2.2	2.3	5.9	0.25	0.43	100.18
Gr. C. de Jacareí	127	66	1.1	14.9	5.16	4.64	0.08	1.3	3.4	2.8	2.5	0.43	0.44	100.84
Gr. C. de Jacareí	22	67.1	1	15.1	4.95	4.45	0.06	0.71	3.2	2.2	5.5	0.52	0.3	100.61
Granito Frades	3F1	69.6	0.7	13.9	3.8	3.42	0.1	0.9	2.7	2.6	5.2	0.4	0.9	100.8
Granito Frades	3F2A	67.1	0.8	15.1	4.1	3.69	0.1	1.0	3.4	3.0	5.1	0.4	0.8	100.9
Granito Frades	3F4A	71.1	0.5	14.0	2.7	2.43	0.1	0.7	1.6	3.1	5.7	0.2	0.7	100.4
Granito Frades	4F13	66.5	0.9	13.7	5.4	4.86	0.2	1.5	3.7	3.5	4.1	0.4	0.6	100.5
Granito Frades	4F15	70.4	0.7	15.9	3.6	3.24		1.1	0.2	0.7	7	0.2	0.5	100.3
Granito N. Friburgo	3N5	70.8	0.4	13.8	2.9	2.6	0.1	0.4	2.4	2.7	5.9	0.2	0.6	100.2
Granito N. Friburgo	3N6A	70.9	0.4	14.1	2.8	2.52	0.1	0.3	2.5	2.7	5.6	0.1	0.5	100.8
Granito N. Friburgo	3N6B2	72.1	0.4	13.3	2.3	2.07		0.7	2.2	3.3	5.9	0.1	0.5	100.8
Granito N. Friburgo	3N17A	68.1	0.7	15.2	4.2	3.78	0.1	0.9	2.5	2.2	5.6	0.3	0.3	100.1
Granito N. Friburgo	3N19A	66.2	1.2	14.3	5.5	4.95	0.1	1.7	3.5	2.8	4.9	0.5	0.6	100.3

Composição Química de Elementos Menores dos Granitos Tardi a Pós-Colisionais

Rock	Sample	Rb	Ba	Sr	Pb	Th	U	Zr	Nb	Y	Co	V	Zn	Ga	Ta	Hf
Granito PB	PRGF - 3A	210	1380	340	48	8.2	2.5	285	12	11	3	25	44		0.7	3.9
Granito PB	PST - 7	230	1460	330	39	13.9	0.8	250	16	15	2	18	38		0.5	6.5
Granito PB	PST - 5B	120	630	250	42	23.6	2.1	300	12	11	3	20	42		0.75	5.1
Granito PB	PMT - 3	230	1400	350	45	54.2	1.65	240	14	13	5	22	32		0.5	4.2
Granito PB	PBG 2	308	1516	252	44	4.4	1.6	29	3	7	1	5	30		0.4	1.1
Granito PB	PMT - 4	220	1400	320	42	33.5	1	255	16	11	3	16	27		0.1	2.3
Granito PB	PT 02	133	2951	550	67	41.6	0.8	118	4	6	1	8	32		0.2	3.4
Granito PB	PJT - 10A	180	900	310	55	46.3	2.5	33	8	9	2	5	8		0.3	2.6
Granito Favela	PBT - 20	218	1410	850	40	36.1	1.5	400	32	33	6	29	24		1.3	7.6
Granito Favela	PBG 1	228	1272	241	43	49.1	1	528	20	24	5	33	31		0.6	13.1
Granito Favela	RG - 06C	204	1448	376	42	47.8	1.8	330	11	20	4	39	30		0.7	9.3
Granito Favela	PMT - 16	210	1800	250	37	36.8	1.1	315	17	28	6	24	22		0.7	1.4
Granito Favela	PMT - 17	240	1600	280	31	37.9	1.2	330	16	26	3	37	28		0.6	10.2
Granito Favela	PMT - 18	210	1100	240	51	45.3	0.9	300	16	32	5	31	18		0.5	1.3
Granito SJR	SJ-GM	227	862	170				213	23	50	51	58		12		
Granito SJR	SJ-45 (*)	225	915	180				217	18	48	48	60		12		
Granito SJR	SJ-04 (*)	227	874	167				210	19	48	59	60		11		
Granito SJR	SJ-110	181	1377	284				357	30	53	49	73		11		
Granito SJR	SJ-107	183	1428	264				264	24	44	40	75		11		
Gr. São Pedro	SP-7	281.7	1112	230.6		94.2	2.2	464.8	12.9	11.5	31	33		24.5	0.8	12.7
Gr. São Pedro	SP-11	301.7	1089	225.8		74.2	2.7	432.6	13.3	12	50.6	30		25.7	1	12.3
Gr. São Pedro	SP-23	303.9	1152	215.2		110.4	3	618.7	14.8	14.3	31.6	24		25.1	0.8	18.1
Gr. São Pedro	SP-25	291.7	1122	237.9		80.8	1.8	430	11.7	10	118.5	31		23.9	1.6	11.5
Gr. São Pedro	SP-42	210	1973	412.1		48.8	2.6	734.7	35.1	44.8	48.5	23		20.8	2.2	18.4
Granito Parati	P 100	180	1200	424		34.9	7.9	315	27	51	87	58	34	15	3.5	9.8
Granito Parati	P135	152	1502	435		33.6	5.5	343	24	48	113	77	152	15	3	13.4
Granito Parati	P135A	146	1440	438				380	26	48	95	76	37	15		

Granito Parati	P3	182	1556	482		28.3	7.7	434	26	50	38	76	42	15	3.2	14.5
Granito Parati	P90	185	1192	350		57.4	6.5	307	22	49	136	49	36	15	2.9	11.4
Gr. Mangaratiba	49C	250	1491	282				421	39	62	6	24	43	17		
Gr. Mangaratiba	49B	225	2600	405				881	43	90	6	48	93	18		
Gr. Mangaratiba	47A	162	1795	431	36			603	45	62	7	64	104	19		
Gr. Mangaratiba	20	290	826	223				378	43	73	3	16	64	18		
Gr. Mangaratiba	117A	190	2229	352	36			815	49	42	4	32	82	16		
Gr. Mangaratiba	81A	216	1816	293	24			881	42	90	5	40	74	18		
Gr. C. de Jacareí	152	220	2179	515	32			561	47	72	6	40	68	19		
Gr. C. de Jacareí	75	234	1130	339				371	45	70	3	48	60	14		
Gr. C. de Jacareí	39.2	218	1656	439	40			423	39	46	10	32	50	18		
Gr. C. de Jacareí	127	182	2420	662				514	41	47	9	48	84	19		
Gr. C. de Jacareí	22	177	1922	645				478	43	65	7	40	89	21		
Granito Frades	3F1	239	1190	456				390	22	48	5	68	162	24		
Granito Frades	3F2A	503	1702	525				407	34	9	5	80	150	27		
Granito Frades	3F4A	287	1250	316				313	24	32	4	36	158	31		
Granito Frades	4F13	46	2131	709				377	23	64	5	76	157	28		
Granito Frades	4F15	76	1529	344				418	25	50	6	94	151	30		
Granito N. Friburgo	3N5	263	1015	270				390	24	37	3	46	153	28		
Granito N. Friburgo	3N6A	283	949	262				305	22	17	2	34	191	25		
Granito N. Friburgo	3N6B2	254	654	284				433	22	42	8	61	126	23		
Granito N. Friburgo	3N17A	474	1473	300				531	35		7	76	126	34		
Granito N. Friburgo	3N19A	241	2005	299				646	25	40	1	85	298	25		

Composição Química de Elementos Traços dos Granitos Tardi a Pós-Colisionais

Rock	Sample	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Granito PB	PRGF - 3A	55.3	158.6	9.3	9.16	16	1.42	4.2	0.8	3.21	0.54	1.56	0.08	0.42	0.1
Granito PB	PST - 7	38.09	80.32	7.45	35.98	4.23	1.32	3.9	0.55	2.23	0.4	0.67	0.1	0.43	0.0
Granito PB	PST - 5B	67.75	98.09	12.09	43.76	6.56	1.32	4.24	0.54	1.34	0.45	1.2	0.07	0.72	0.0
Granito PB	PMT - 3	84.59	117.1	28.24	62.29	8.19	1.11	4.09	0.32	1.69	0.35	0.97	0.08	0.68	0.1
Granito PB	PBG 2	7.4	13	1.63	6.6	1.6	1.04	1.5	0.2	1.2	0.2	0.6	0.08	0.5	0.0
Granito PB	PMT - 4	99.2	221	22.3	69.9	8.8	1.2	3.9	0.3	1.01	0.15	0.3	0.05	0.22	0.0
Granito PB	PT 02	115	202	21.9	72.2	9.8	1.98	5.6	0.4	1.6	0.2	0.3	0.05	0.2	0.0
Granito PB	PJT - 10A	7.98	15.95	1.85	5.79	1.07	0.66	0.99	0.15	0.55	0.12	0.31	0.03	0.28	0.0
Granito Favela	PBT - 20	122.5	249.97	42.3	123.03	13.91	1.13	6.82	0.85	2.2	0.56	1.21	0.26	1.1	0.1
Granito Favela	PBG 1	220	418	46.7	148	19.3	1.93	12	1.2	5.4	0.9	2.1	0.27	1.3	0.2
Granito Favela	RG - 06C	240	367	33.9	94	8.4	1.48	7	0.4	1.9	0.3	1	0.14	1.1	0.1
Granito Favela	PMT - 16	195	417.6	35.2	147.9	19.4	1.77	8.28	0.85	4.81	0.91	2.24	0.16	1.29	0.1
Granito Favela	PMT - 17	200.02	383.67	39.01	156.78	15.23	1.45	7.32	0.75	3.03	0.75	1.98	0.18	1.43	0.1
Granito Favela	PMT - 18	212	368	30.2	125	12.3	1.65	6.32	0.9	3.3	0.75	1.35	0.19	1.24	0.1
Granito SJR	SJ-GM	113.7	212.9		63.7	10.75	1.227	6.769		2.898	0.523	1.13		0.646	0.0
Granito SJR	SJ-45 (*)														
Granito SJR	SJ-04 (*)														
Granito SJR	SJ-110	155.2	291.2		83.17	16.81	2.365	11.51		6.707	1.337	2.979		1.988	0.2
Granito SJR	SJ-107	76.67	151.7		57.78	9.015	1.278	5.846		3.262	0.706	1.6		0.901	0.1
Gr. São Pedro	SP-7	147.1	315	34.7	119.2	13.27	1.39	7.31	0.66	2.65	0.41	0.86	0.13	0.77	0.1
Gr. São Pedro	SP-11	182.1	403.1	43.86	144.5	16.34	1.4	8.97	0.79	3	0.41	0.89	0.15	0.86	0.1
Gr. São Pedro	SP-23	195.5	429.3	48.12	168.6	18.7	1.6	10.86	0.97	3.66	0.52	1.11	0.12	0.97	0.1
Gr. São Pedro	SP-25	125.8	264.6	29.3	100.9	11.69	1.3	6.65	0.6	2.32	0.33	0.87	0.12	0.78	0.1
Gr. São Pedro	SP-42	278.1	555.2	59.7	204.2	27.5	4.51	19.09	2.26	10.42	1.7	4.28	0.63	3.95	0.5
Granito Parati	P 100	105.6	209.2	25.02	87.5	14.7	1.95	9.48	1.57	7.76	1.41	3.94	0.69	4.2	0.6