## 5.1 Leucognaisse

Os leucognaisses estão restritos ao bairro denominado Aquários onde foi observado com maior detalhe em uma pedreira abandonada, próxima à rodovia Rio-Teresopólis (Km-116), na pista sentido Rio de Janeiro. A pedreira é de fácil acesso e está localizada em um morro com mais de 200 metros (Foto 63).

No relatório da folha Petrópolis (Penha *et al.* 1979) as rochas que compõem esta área estão denominadas como Unidade Santo Aleixo.



Foto 63: Paredão rochoso da pedreira Aquários onde foi observado o leucognaisse (Ponto PT-DD-16).

Próximo a este afloramento existe um voçoroca de grande extensão (mais de 10 metros de altura) onde também foi observado este litotipo (Foto 64), mostrando que as rochas deste domínio são facilmente intemperisadas.



Foto 64: Voçoroca onde foi observado o leucognaisse já bastante alterado Ponto PT-DD14.

A rocha é caracterizada em campo como sendo um biotita-granada gnaisse leucocrático de composição granítica, granulometria variando de média a grossa. Lentes melanocráticas ricas em biotita (restitos) e veios quartzofeldspáticos de espessura centimétrica são freqüentes (Foto 65).

A presença de migmatito leucocrático com *schlieren* (restitos) foi observada no ponto PT-DD-02 (Foto 66). É caracterizado como um diatexito com restitos de um biotita gnaisse heterogêneo, com bandas leucocráticas constituídas por quartzo, plagioclásio e feldspato. Veio quartzo-feldspáticos também foi observado neste ponto.



Fotos 65: Um bloco do biotita-granada com bandas melanocráticas ricas em biotita. Ponto PT-DD-16.



Fotos 66: Detalhe quanto à textura schlieren do diatexito. Ponto PT-DD-02.

O leucognaisse possui textura granoblástica, porfirítica com grãos de plagioclásio e microclina de até 4 mm. Os grãos são subédricos a euédricos e contatos interlobulares.

A biotita apresenta pleocroísmo marrom claro a esverdeado e está dispersa e pouco orientada ou associada a granada.

Os grãos de granada ocorrem agrupados e associados, principalmente, aos grãos de biotita (Fotos 67).



Foto 67: Grãos agrupados de granada associados aos grãos de biotita. Amostra PT-DD-16-A. Polarizadores descruzados.

Os grãos de granada são de hábito euedral e ocorrem aglomerados principalmente com biotita associada.

Os grãos de quartzo são anédricos sendo que alguns grãos megacristais maiores que 5 mm e possuem extinção ondulante, contato lobulares e fraturas conchoidais.

Os grãos de plagioclásio são anédrico a subédricos de até 4 mm e também são poiquelíticos com inclusão de biotita. Apresentam geminação

descontinua e estão sericitizados ou formando grãos secundários de muscovita.

Os megacristais anédricos a subédricos de microclina atingem até 5 mm ou se apresenta em grãos menores compondo a matriz e são poiquelíticos com grãos de biotita, quartzo, granada inclusos. (68).



Fotos 68: Grãos de microclina com geminação difusa com grãos de granada e quartzo incluso. Polarizadores cruzados. Lâmina PT-DD-16-A

O migmatito por sua vez apresenta textura granoblástica, grãos anédricos a subédricos e contatos interlobulares.

Os grãos de biotita possuem pleocroísmo marrom escuro a acastanhado e estão distribuídos em palhetas dispersas e pouco aliadas. Alguns grãos apresentam processo de cloritização.

Os mecristais de quartzo são anédricos com até 5 mm, alguns maiores ainda apresentam contatos lobulares, extinção ondulante e estão fraturados.

Os megacristais de plagioclásio são subédricos, geminação descontinua e estão bastante sericitizados, ou até mesmo com grãos de muscovitas

individualizados. São poiquelíticos com grãos de biotita e quartzo inclusos e possuem fraturas preenchidas por muscovita.

Os grãos de microclina são subédricos e poiquelíticos com biotita inclusa. Alguns grãos apresentam fraturas preenchidas por muscovita. Há também a presença de mirmequitização (Foto 69).



Fotos 69: Presença de mirmequita. Polarizadores cruzados. Lâmina PT-DD-02-B.

#### 5.2 GRANITOS TARDIOS

Rochas graníticas foram encontradas na área de Santo Aleixo e Guapimirim. No bairro de Santo Aleixo foi observado no ponto PT-DD-17 o Granito Andorinhas, que em campo é caracterizado como sendo um biotita granito, homófono de coloração acinzentada e granulometria variando de fina a média (Foto 70). Esta rocha é muito utilizada em obras de construção civil, sendo explotada desde a década de 80. Hoje esta atividade é proibida pelos órgãos ambientais, devido à sua maior ocorrência dentro do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.



Fotos 70: Placas de rocha do granito Andorinha prontas para a revenda (Ponto PT-DD-17).

Os demais granitos presentes na área são observados em forma de veios cortando as demais rochas da unidade Santo Aleixo. São de forma geral leucocráticos, equigranular de granulometria média, alguns com coloração rosada, mas quase sempre sem aspecto deformacional o que pode indicar origem pós-deformacional.

O granito coletado na pedreira do Sertão (Foto 71) é caracterizado por uma textura granoblástica com grãos subédricos microclina, poiquelíticos com inclusão de apatita e opacos. Os grãos de plagioclásio são anédricos subédricos com geminação calsbad, com lamelas finas e descontínuas, e também são poiquelíticos com inclusão de apatita, opaco e zircão. Os grãos de quartzo são anédricos e com extinção ondulante.

O granito Teresópolis (Foto 72) por sua vez possui é caracterizado em campo como sendo leucocrático, coloração cinza, porfirítico com matriz de granulação média.



Foto 71: Granito de coloração rósea cortando o gnaisse bandado. Ponto PT-DD-10



Fotos 72: Granito Teresópolis. Ponto PT-DD-43.

A lâmina PT-DD-43-D do granito Teresópolis, classificada como um biotita gnaisse de composição monzogranítica, possui textura granoblástica, porfirítica, grãos com granulometria media a grossa até 5 mm e contatos interlobulares.

Os fenocristais são representados pelos grãos de microclina e plagioclásio. Os grãos de plagioclásio são subédricos, às vezes com geminação calsbad conjugada com a da albita (Foto 73).

Os grãos de microclina apresentam geminação Tartan difusa. Ambos os grãos de plagioclásio e microclina são poiquelíticos com biotita inclusa e é comum a presença de mirmequita (Foto 74).



Foto 73 e 74: A primeira foto mostra um grão de plagioclásio com geminação conjugada. A segunda foto mostra grãos de microclina e mirmequita nas bordas de um plagioclásio (ambas foram tiradas com polarizadores cruzados). Lâmina PT-DD-43-D.

### 5.3 DIQUE DE DIABÁSIO

No mapa geológico da folha Petrópolis (Penha et al. 1979) já havia sido constada à presença de diques de diabásio na região. Um destes diques foi observado no bairro de Citrolândia, próximo ao uma pedreira abandonada (Ponto PT-DD-09). Este dique mede em torno de 3 metros de comprimento (porção preservada), por 65 cm de largura (Foto 75 e 76). Apresenta *trend* NE que se encaixa em uma extensa zona de falha inferida por Penha *et al.* (1979) onde hoje se encontra o vale do Rio Sertão.



Foto 75 e 76: À esquerda uma visão geral do dique de diabásio (Ponto PT-DD-09) e a direita um detalhe do processo de diaclasamento do dique (aproximadamente 65 cm de espessura).

Uma lâmina deste dique caracterizado por uma textura porfirítica, com fenocritais de plagioclásio de até 2 mm e matriz de granulometria fina (Fotos 77 e 78). É constituída por piroxênio, plagioclásio, anfibólio, e opacos.



Foto 77 e 78: Textura intersticial do dique de composição de diabásio, mostrando em destaque um fenocristal de plagioclásio. A primeira foto foi tirada com polarizadores descruzados e a segunda com polarizadores cruzados. Lâmina PT-DD-09.

## CAPÍTULO 6 – DISCUSSÕES: CORRELAÇÕES DA UNIDADE SANTO ALEIXO COM O COMPLEXO RIO NEGRO

Os dados petrográficos e de litogeoquímica preliminar da Unidade Santo Aleixo foram comparados às características do Complexo Rio Negro descritas na região entre Nova Friburgo, Duas Barras e Cordeiro (Tupinambá, 1999) e, parcialmente, com os dados petrográficos do mesmo complexo na região sul do Estado do Rio de Janeiro, próximo à Ilha Grande (Fernandes 2001).

O Complexo Rio Negro foi descrito por Tupinambá (1999) a norte e a sul do Batólito da Serra dos Órgãos. Na seção norte, se apresenta como um conjunto de rochas onde predomina um tonalito gnaisse a granodiorito gnaisse, com ocorrência subordinada de diorito, quartzo diorito e hornblenda gabro. Os dioritos e quartzo diorito gnaisses têm grão fino, são melanocráticos com discreta foliação, com a seguinte composição média: plagioclásio (oligoclásio), 40 %; quartzo, 8 %; biotita, 26 %; hornblenda, 20 %; titanita, opacos e zircão, 6 %.

A sul do Batólito da Serra dos Órgãos, região mais próxima da área de trabalho desta dissertação, o Complexo Rio Negro é composto quase que unicamente por hornblenda-tonalito gnaisse mesocrático, de grão médio a grosso, com foliação descontínua composta por agregados planares de biotita e hornblenda (Tupinambá 1999).

Nas proximidades de Angra dos Reis, o Complexo Rio Negro se apresenta em dois litotipos que, em alguns afloramentos, apresentam contatos gradacionais entre si (Fernandes, 2001): hornblenda-biotita gnaisses porfiroblástico de composição granodiorítica e hornblenda biotita gnaisse de composição quartzomonzodioritica a quartzo-monzonitica.

Os gnaisses da Unidade Santo Aleixo apresentam composição tonalítica a granítica e, menos comumente, quartzo-monzodiorítica e quartzo-monzonítica. Comparados aos gnaisses do Complexo Rio Negro descritos por Tupinambá (1999) e Fernandes (2001), sua série petrográfica é distinta das demais.

Ao longo do eixo maior da área aflorante do Complexo Rio Negro (Figura 24), de nordeste para sudoeste, as séries petrográficas variam de: tonalítica, na região entre Nova Friburgo, Duas Barras e Cordeiro (Tupinambá 1999); tonalítica a granítica e menos comumente, quartzo-monzodiorítica e quartzo-monzonítica entre Guapimirim e Santo Aleixo (neste trabalho); granodiorítica e quartzo-monzodiorítica a quartzo-monzonítica em Angra dos Reis (Fernandes 2001).



**Figura 24:** Diagramas QAP (Streckeisen 1976) com a classificação modal de gnaisses do Complexo Rio Negro (Fernandes 2001, Tupinambá 1999) e da Unidade Santo Aleixo (neste trabalho, Dias 2008). A localização dos diversos trabalhos se encontra no mapa geológico simplificado da Faixa Ribeira, extraído de Heilbron *et al.* 2004 que mostra a área de abrangência do Arco magmático Rio Negro (790-620 Ma) pela cor rosa (11). O retângulo azul representa à área do trabalho de Tupinambá (1999), retângulo preto a área deste trabalho e retângulo azul claro a área do trabalho de Fernandes (2001).

Em relação à composição química, parte dos diagramas de classificação, geoquímica e geotectônica do Complexo Rio Negro e da Unidade Santo Aleixo são apresentados, conjuntamente no Anexo III. Os demais diagramas são apresentados nas figuras 25 a 27.

Os gnaisses do Complexo Rio Negro (Anexo III) foram classificados por Tupinambá (1999) como rochas metaluminosas à hornblenda e biotita, com altos valores de CaO e baixos teores de K<sub>2</sub>O em uma série - cálcica de médio K.

As amostras da Unidade Santo Aleixo são em sua totalidade subalcalinas de uma série calci-alcalina e, assim como as rochas do Complexo Rio Negro, não apresentam caráter toleítico (Anexo III). São ainda classificadas como metaluminosas à biotita e, menos comumente, à hornblenda. As análises petrográficas realizadas comprovam o predomínio de biotita em relação à hornblenda nos gnaisses homogêneos. Já nos gnaisses bandados a hornblenda aparece, mas sempre com a biotita associada.

Uma importante diferença entre a Unidade Santo Aleixo e o Complexo Rio Negro é a ocorrência de trondhjemitos e granitos (figura 26). O Complexo Rio Negro descrito por Tupinambá (1999) perfaz uma série tonalítica-trondhjemítica e a Unidade Santo Aleixo (neste trabalho) se constitui de uma série tonalítica a granítica.

Em relação à ambientação tectônica, sabe-se que os gnaisses do Complexo Rio Negro representam um ambiente pré-colisional do tipo arco vulcânico (Figura 27). As amostras da área de Santo Aleixo e Guapimirim também são classificadas da mesma forma utilizando os mesmos gráficos, sendo que as amostras analisadas neste trabalho se ajustam mais ao campo de arco vulcânico (Figura 27) do que as amostras do trabalho de Tupinambá, 1999.



Classificação com base nos minerais normativos

**Figura 25:** Diagrama discriminante entre tonalitos e trondjhemitos para a Unidade Santo Aleixo e Complexo Rio Negro.

Para comparar os padrões de terras raras entre a Unidade Santo Aleixo e Complexo Rio Negro foram utilizadas as amostras do gnaisse homogêneo e do gnaisse bandado (Figura 28). Os gnaisses do Complexo Rio Negro apresentam padrões de distribuição achatados, com valores entre 100 ppm para terras raras leves e 10 a 20 ppm para terras raras pesadas, com ausência da anomalia de Európio.

Os gnaisses da Unidade Santo Aleixo apresentam valores de terras raras pesados inferiores a 10 ppm, o que resulta em elevadas razões (La/Lu)<sub>N</sub>. Anomalia negativa de európio é observada nas amostras PT-DD-01-C e PT-DD-06-B (gnaisse homogêneo e bandado, respectivamente). A amostra que mais se assemelha aos

gnaisses do Complexo Rio Negro é a amostra PT-DD-10-H, que se refere a uma amostra do gnaisse bandado coletado na Pedreira do Sertão.



**Figura 26:** Diagramas de ambientação tectônica da Unidade Santo Aleixo (neste trabalho) e do Complexo Rio Negro (Tupinambá, 1999).

#### CAPÍTULO 6 – DISCUSSÕES: CORRELAÇÕES DA UNIDADE SANTO ALEIXO COM O COMPLEXO RIO NEGRO 129



Figura 27: Distribuição de teores de terras raras na Unidade Santo Aleixo (neste trabalho) e no Complexo Rio Negro (Tupinambá, 1999).

As comparações petrográficas e litogeoquímicas da Unidade Santo Aleixo e do Complexo Rio Negro mostram que:

- Em termos de composição petrográfica, os gnaisses da Unidade Santo Aleixo estão compreendidos em uma série petrográfica expandida, enquanto que o Complexo Rio Negro é representado por séries mais restritas.
- O quimismo das duas unidades é semelhante, e representa um magmatismo calci-alcalino metaluminoso à biotita e hornblenda;

- As unidades são semelhantes em termos de ambientação tectônica, representando um ambiente do tipo arco vulcânico;
- 4. A análise dos teores em terras raras mostra que os gnaisses da Unidade Santo Aleixo são empobrecidos em terras raras pesadas em comparação aos gnaisses do Complexo Rio Negro; estima-se que esse comportamento seja causado pela presença de granada na fonte geradora dos gnaisses da Unidade Santo Aleixo.

O magmatismo do Complexo Rio Negro e da Unidade Santo Aleixo é do tipo calci-alcalino metaluminoso com biotita e hornblenda e ocorreu em ambiente de arco vulcânico. Por outro lado, os processos evolutivos e a fonte do magmatismo são distintos, se comparados os resultados desta dissertação com os dados obtidos em outras porções do Complexo Rio Negro.

. A inclusão da Unidade Santo Aleixo no Complexo Rio Negro, portanto, é sustentada pelas semelhanças petrográficas e geoquímicas, entendendo-se que o Complexo inclui tipos magmáticos com modos de evolução e fontes diferentes.

## **CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES**

A Unidade Santo Aleixo, definida por Penha *et al.* (1979), atualmente correlacionada ao Complexo Rio Negro, representa uma importante unidade litoestratigráfica do Terreno Oriental da Faixa Ribeira. Reconhecida inicialmente pela predominância de migmatitos estromáticos, esta unidade contém domínios mais homogêneos, leucocráticos e pouco gnaissificados, como nas proximidades de Parada Modelo (Penha *et al.* 1979). O Complexo Rio Negro, em sua definição original (Matos *et al.* 1980), foi descrito como um conjunto de migmatitos com estrutura estromática a flebítica. Posteriormente, foi redefinido como um complexo de gnaisses ortoderivados contendo gabros, dioritos e tonalitos (Tupinambá 1999; Tupinambá *et al.* 1996).

Para verificar a correlação entre o Complexo Rio Negro e a Unidade Santo Aleixo, foram integrados dados de campo, petrografia e litogeoquímica das principais associações litológicas da Unidade Santo Aleixo na área entre a sede do município de Guapimirim (RJ) e a localidade de Santo Aleixo. Os dados petrográficos e de litogeoquímica preliminar da Unidade Santo Aleixo foram comparados às características do Complexo Rio Negro descritas na região entre Nova Friburgo, Duas Barras e Cordeiro (Tupinambá, 1999) e, parcialmente, com os dados petrográficos do mesmo complexo na região sul do Estado do Rio de Janeiro, próximo à Ilha Grande (Fernandes 2001).

A área estudada é marcada por uma foliação principal que segue o padrão regional da Faixa Ribeira, com *trend* NE. Esta foliação encontra-se dobrada por sinformes e antiformes com eixo subhorizontal ou com suave mergulho para NE ou SW. Estas estruturas são afetadas por zonas de cisalhamento, falhas e fraturas subverticais de direção NNW e NW de fases deformacionais tardias, preenchidas por veios de aplito ou pegmatito, com forte arrasto da foliação.

Na área foram identificadas duas associações litológicas da Unidade Santo Aleixo: gnaisse bandado a homogêneo e gnaisse com inclusões (porções máficas e félsicas). Ocorrem, subordinadamente, leucognaisse associado à migmatito, corpos de granito tardio e um dique de diabásio, além de depósitos aluvionares e um espesso manto elúvio-coluvionar. Em escala de afloramento, a associação litológica gnaisse bandado a homogêneo da Unidade Santo Aleixo apresenta contatos gradacionais e intercalações entre os dois tipos de gnaisse.

O gnaisse homogêneo desta associação é leucocrático, equigranular, de coloração cinza, equigranular e de granulação média. Contém lentes de descontínuas e decimétricas de rocha equigranular mesocrática cinza, equigranular média. O tingimento de amostras do gnaisse homogêneo mostra um bandamento composicional não visível em escala de afloramento. A análise petrográfica do gnaisse homogêneo evidencia uma série magmática granodiorítica-granítica com ocorrência restrita de tonalito e quartzo-monzodiorito. A mineralogia principal é representada por quartzo, microclina, plagioclásio e biotita, com apatita, opacos, zircão e, menos comumente a allanita como minerais acessórios. Os minerais secundários são sericita e muscovita formada a partir do plagioclásio e clorita formada a partir da biotita.

O gnaisse bandado é uma rocha mesocrática a leucocrática, com granulometria média a grossa e bandamento milimétrico a centimétrico. Localmente apresenta porções com maior concentração de grãos de anfibólio em leucossoma orientado segundo a foliação. A descrição petrográfica mostra dois grupos, um de composição granítica e outro de composição monzonítica a granodiorítica, evidenciando a ocorrência de bandas composicionais distintas. Este gnaisse se caracteriza pela presença de hornblenda e biotita, sendo que a hornblenda está ausente amostras de composição granítica. Os acessórios comuns são apatita, zircão, opacos e menos comumente allanita e titanita. Os minerais secundários são sericita, muscovita e carbonato como produto de alteração dos feldspatos.

A outra associação litológica da Unidade Santo Aleixo compreende gnaisses com inclusões. As inclusões observadas são constituidas por rocha máfica equigranular de grão fino. Apresentam dimensões centimétricas a decimétricas, sendo o comprimento maior paralelo à foliação e podem estar mais ou menos estiradas. A rocha matriz é caracterizada como um biotita gnaisse leucocrático a mesocrático de granulação média. A foliação é sutil e gerada por orientação dos grãos de mica.

132

A composição do gnaisse que contém as inclusões varia de granodioritica a granítica, e menos comumente, tonalítica. Apresenta textura granoblástica a porfirítica com megacristais de quartzo e plagioclásio (oligoclásio An<sub>20-25</sub>). A biotita está sempre presente enquanto a hornblenda aparece nos gnaisses com teor de quartzo até 20%. Granada ocorre raramente. Os minerais acessórios presentes são apatita, allanita e zircão. Os minerais de alteração são clorita, sericita, muscovita e carbonato.

As inclusões, de grão fino a médio, são de composição dioritica e tonalitica. Contém uma associação entre biotita, hornblenda e titanita, tendo como minerais acessório zircão, titanita, apatita e allanita. Uma inclusão máfica apresentou evidências de alteração pós-magmática, com presença de pseudomorfos contendo clorita e/ou epidoto.

Foram selecionadas 12 amostras de rocha da Unidade Santo Aleixo para litogeoquímica, representando ambas as associações análise litológicas. Inicialmente, os dados foram abordados com base nos elementos maiores. Quando distribuídas em diagramas AFM e SiO2 x Álcalis, as amostras apontam para a existência de um grupo subalcalino disposto ao longo de um trend calci-alcalino. Os enclaves analisados foram classificados como produtos do metamorfismo de basalto, andesito e dacito/riolito, todos de natureza calci-alcalina. Em termos de saturação alumina. amostras são metaluminosas em as а fracamente peraluminosas. Em diagramas de discriminação de ambientes tectônicos as amostras são representativas de ambiente pré-colisional do tipo arco vulcânico.

Em diagramas de variação dos elementos maiores em relação ao teor de SiO2 observou-se que maior dispersão para K<sub>2</sub>O e Na<sub>2</sub>O, e correlação negativa para TiO2, Fe2O3 (Total), Cao, MgO e Al2O3. O valor de K<sub>2</sub>O se mantém entre 1,2 a 6 % e o CaO apresentam teores mais elevados, chegando a 10%.

Os resultados para elementos de terras araras Os resultados mostram um baixo teor de elementos de terras raras pesados nas rochas analisadas que de esta relacionada à cristalização de líquidos com baixo teor nestes elementos. A fonte do magmatismo deveria conter, portanto, resíduos sólidos enriquecidos em terras raras pesadas, normalmente, encontrado em granadas. As comparações petrográficas e litogeoquímicas da Unidade Santo Aleixo e do Complexo Rio Negro mostram que os gnaisses da Unidade Santo Aleixo estão compreendidos em uma série petrográfica expandida, enquanto que o Complexo Rio Negro é representado por séries mais restritas. O quimismo das duas unidades é semelhante, e representa um magmatismo calci-alcalino metaluminoso à biotita e hornblenda. As unidades são semelhantes em termos de ambientação tectônica, representando um ambiente do tipo arco vulcânico. A análise dos teores em terras raras mostra que os gnaisses da Unidade Santo Aleixo são empobrecidos em terras raras pesadas em comparação aos gnaisses do Complexo Rio Negro; estima-se que esse comportamento seja causado pela presença de granada na fonte geradora dos gnaisses da Unidade Santo Aleixo.

Conclui-se, portanto, que o magmatismo da Unidade Santo Aleixo e do Complexo Rio Negro é do tipo calci-alcalino metaluminoso com biotita e hornblenda e ocorreu em ambiente de arco vulcânico. Por outro lado, os processos evolutivos e a fonte do magmatismo são distintos, se comparados os resultados desta dissertação com os dados obtidos em outras porções do Complexo Rio Negro.

. Com base nos dados de campo, na petrografia e na análise litogeoquímica realizada nesta dissertação, a inclusão da Unidade Santo Aleixo no Complexo Rio Negro, portanto, é sustentada por semelhanças petrográficas e geoquímicas, entendendo-se que o Complexo Rio Negro inclui tipos magmáticos com modos de evolução e fontes diferentes.

## Referência Bibliográfica

ALMEIDA, F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. Rev. Brás. Geoc., 7(4):349-364.

ALMEIDA, F.F.M.; AMARAL G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.1973. The Precambrian evolution of the South America Cratonic Margin South of the Amazon River. In: NAIM, A.E. & STEHLI, F.G. eds. *The Ocean Basins and Margins*. New York, Plenum Publ. v. I, p. 411-446.

Almeida F.F.M. de, Hasui Y. & Brito Neves B.B. de 1976. The Upper Precambrian of South America. *Boletim IG-USP*, **7**:45-80.

ALMEIDA, F.F.M. & CARNEIRO, C.D.R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Rev. Bras. Geoc.*, 28(2), p. 135-150.

ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M & TROUW, R. 1998. Geometric and kinematic analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira Belt, Southeastern Brazil. In: 39° Cong. Bras. Geol. SBG, Belo Horizonte/MG, p.32.

BARBOSA, A.L.M. & GROSSI SAD, J.H. 1985. Batólito granítico da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Contrib. Geol. Petrol. Núcleo de Minas Gerais, SBGM, 1985:49-61.

CAMPOS NETO, M. C & FIGUEIREDO, A. M. H. 1995. The Rio Doce Orogeneny, southeastern, Brazil. J. S. Am. Earth Sci. 8 (2), 143-162.

DEBON F. AND LE FORT, P.1983. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations...

EBERT, H. 1955. Pesquisas na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. In: Lamego, A. R. Relatorio Annual do Diretor, Ano de 1955. Rio de Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia, pág. 79-89.

EBERT, H. 1968. Ocorrências de fácies granulíticas no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre a sua origem. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 40: 215-229 (Suplemento).

Guilherme de Almeida Fernandes. Geologia do terreno Oriental da Faixa Ribeira na Baía da Ilha Grande, Litoral Sul-Fluminense, RJ. 2001. Dissertação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro,

FERRARI, A.L. *et al.* 1981. *Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro*. Folhas Baía de Guanabara, Itaboraí, Maricá e Saquarema. Escala 1:50.000. Niterói, DRM-RJ/GEOMITEC.

FONSECA M.J.G. 1998. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Escala 1:400.000, Publicação Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Brasília (DF). 141 p.

HASUI Y. 1982. The Mantiqueira Province: Archaean structure and Proterozoic evolution. São Paulo: *Rev. Bras. Geoc.* 12(1-3):167-172

HASUI Y., CARNEIRO C.D.R. & COIMBRA A. M. 1975. The Ribeira folded belt. *Rev. Bras. Geoc.* 5 (4): 257-266.

HEILBRON, M. 1995. O segmento central da Faixa Ribeira: síntese geológica e ensaio de evolução geotectônica. Tese de Livre Docência, Faculdade de Geologia, UERJ, Rio de Janeiro. 110 pág., (Inédito).

HEILBRON, M. 2001. As etapas de colagem Brasiliana no Segmento Central da Faixa Ribeira. 7º Simp. de Geol. do Sudeste, Rio de Janeiro. CD.

HEILBRON, M., VALERIANO, TUPINAMBÁ, M., ALMEIDA, J. C. H, VALLADARES, C. 1994. Segmento Central da Faixa Ribeira um exemplo continental oblíqua no evento termotectônico Brasiliano. In Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário Camboriú, SBG, vol. 1, pág.: 263-265.

HEILBRON M., VALERIANO C.M., VALLADARES C.S., MACHADO N. 1995. A orogênese Brasiliana no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, **25**(4):245-266.

HEILBRON M., TUPINAMBÁ M., ALMEIDA J.C.H., VALERIANO C.M., VALLADARES C.S. & DUARTE B.P. 1998. New constraints on the tectonic organization and structural styles related to the Brasiliano collage of the central segment of the Ribeira Belt, SE Brazil, *In:* IBTA, International Conference on Pre-Cambrian and Cráton Tectonics / International Conference on Basement Tectonics, 14, Ouro Preto, 1998. *Extended Abstracts...*, Ouro Preto, p. 15-17.

HEILBRON M., MOHRIAK W.U., VALERIANO C.M., MILANI E.J., ALMEIDA J. & TUPINAMBÁ M. 2000. From collision to extension: the roots of the southeastern continental margin of Brazil. *In:* W.U. Mohriak, M. Talwani (eds). *Atlantic rifts and continental margins*. Washington, D.C., AGU, Geophysical Monograph 115, p. 1-32.

HEILBRON, M. & MACHADO, N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (se Brazil). *Precambrian Res.* 125 (1-2): 87-112.

HEILBRON M., PEDROSA-SOARES A.C. SILVA L.C., CAMPOS NETO M.C. & TROUW R.A.J. 2004. Província Mantiqueira. *In:* V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves. *Geologia do Continente Sul-Americano*: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca. (este volume, Cap. 13).

PEARCE J.A, HARRIS N.B.W. AND TINDLE A.G., 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, Journal of Petrology, vol.25, pp.956-983.

GILL, J.B. 1981. "Orogenic Andesites and Plate Tectonics", Springer-Verlag, Berlin, 389 pp.

JUNHO M.C.B. 1982. *Geologia, petrografia e geoquímica preliminar do granito de Teresópolis, RJ*. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências/UFRJ 198p.

Le Maitre R.W. (ed.), 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford, 193 pp.

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 Res., 79: 347-361.

MACHADO FILHO L., RIBEIRO M.W., GONZALEZ S.R., SCHENINI C.A., SANTOS NETO A., PALMEIRA R.C.B., PIRES J.L., TEIXEIRA W., CASTRO H.E.F. 1983. Geologia. In:

Projeto RADAMBRASIL (ed). *Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro e Vitória*. Brasil-MME-SG-RADAMBRASIL, Rio de Janeiro, v. 32, p. 27-304.

MANIAR P.D. & PICCOLI P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids, Geological Society of America Bulletin, vol.101, pp.635-643.

MATOS, G.M. M; FERRARI, P.G. & CAVALCANTE, J. C. 1980. Projeto faixa calcaria Cordeiro - Cantagalo. Rel. Final, textos e mapas geológicos, vol. I. Comp. Pesquisa de Rec. Min. – CPRM – Belo Horizonte, 620 pag. + 4 mapas. (Inédito).

MEIS, M. R. M. & AMADOR, E. S. 1972. Formação Macacu: considerações a respeito do neocenozóico da Baía de Guanabara. Na. Acad. Brasil. Ciênc., 44 (3): 602.

MEIS, M. R. M. & AMADOR, E. S. 1977. Contribuição ao estudo do neocenozóico da Baixada da Guanabara: Formação Macacu. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 7(2): 154-150.

MIYASHIRO, A. 1974.Volcanic rock series in island arcs and active continental margins, American Journal of Science, vol.274, pp.321-355.

MULLEN E.D.1983. MnO/TiO2/P2O5: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis, Earth and Planetary Science Letters, vol.62, pp.53-62.

PEDROSA-SOARES A.C., WIEDEMANN-LEONARDOS C. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, eastern Brazil. *In:* U.G.

PEACOCK, M.A.1931.Classification of igneous rock series, Journal of Geology, vol.39, pp.54-67.

PENHA, H. M., FERRARI, A. L., RIBEIRO, M. W., AMADOR, E. S., PACIULLO, F. V. P., JUNHO, M. C. B. & BRENNER, T. L. 1979. Projeto Folha Petrópolis, rel. final, vol. I. Projeto Carta Geológica do RJ, DRM/IG-UFRJ, 194 pág. (Inédito)

PENHA, H. M., FERRARI, A. L., RIBEIRO, M. W., AMADOR, E. S., PACIULLO, F. V. P., JUNHO, M. C. B. & BRENNER, T. L. 1980. A geologia da Folha Petrópolis. 31° Cong. Bras. Geol. Balneário Camboriú, Santa Catarina. Vol. 5, pág. 2965-2974.

PENHA, H. M., FERRARI, A. L., JUNHO, M. D. B., SOUZA, S. L. A. & BRENNER, T. L. 1981. Projeto Folha Itaipava, rel. final, vol. I. Projeto Carta Geológica do RJ, DRM/IG-UFRJ, 177 pág. (Inédito).

PINTO, C.P. (Coord.) Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo. 1980 Relatório Final, vol. I. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. DRM-RJ e Geosol - Geologia e Sondagens. Belo Horizonte

REIS, A. P. & MANSUR, K. L. 1995. Sinopse geológica do Estado do Rio de Janeiro - Mapa geológico 1:400.000. DRM-RJ, 104 pág.

RIBEIRO, A., PACIULLO, F. V. P. ANDREIS, R. R., TROUW, R. A. J., HEILBRON, M. 1990. Evolução policíclica proterozoica no sul do Cráton São Francisco: análise da região de São João del Rei e Andrelândia, MG. Anais 34° Cong. Bras. De Geol., Natal RN. Vol 6, pág. 2605-2614.

ROSIER, G.F. 1957. A geologia da Serra do mar entre os picos de Maria Comprida e do Desengano (estado do Rio de Janeiro). Dep. Nac. Prod Mineral, Div. Mineral, bol. 166.

ROSIER, G.F. 1965. Pesquisas geológicas na parte oriental do estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha de Minas Gerais. Bol. 222. Div. Geol. Min. DNPM. Rio de Janeiro.

SCHMITT R.S., TROUW, R.A.J. & VAN SCHMUS, W.R. 1999. The characterization of a Cambrian (~520 Ma) tectonometamorphic event in the coastal domain of the Ribeira Belt (SE Brazil) – using U/Pb in syntectonic veins. IN: *II South American Symposium on Isotope Geology*, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina, Actas. Special Volume of the Boletín del Servicio Geológico Minero Argentino, XXXIV: 363-366

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 date and the characterization of a Cambrian colisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). Precambria research, 133, p.29-61.

SILVA L.C., RAMGRAB G.E., PERROTA M.M., LEITE C.A., WILDNER W. 2002. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais da Província Mantiqueira: sistema de informações geográficas-SIG e Mapa na Escala 1:2.500.000. *In*: L.A. Bizzi, C. Schobbenhaus, F.J. Baars, J.H. Gonçalves, I.D.M. Delgado, M.B. Abram, R. Leão Neto, G.M.M. Matos, J.O.S. Santos, L.C. Silva, R.M. Vidotti (coord.) *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistema de Informações Geográficas – SIG e Mapas na Escala 1:2.500.000*. Brasília, CPRM-DNPM, 1 DVD-ROM.

STRECKEISEN, A. 1976. To each plutonic rock its proper name, Earth-Science Reviews, vol.12, pp.1-33.

SUN, S.S.1982. Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle, Geochim. Cosmochim. Acta, vol.46, pp.179-192.

TROMPETTE R.; EGYDIO-SILVA, M.; TOMMASI, A.; VAUCHEZ A. & UHLEIN, A.1993. Amalgamação do Gondwana Ocidental no Panafricano-Brasiliano e o papel da geometria do Cráton do São Francisco na arquitetura da Faixa Ribeira. *Rev. Bras. Geoc* 23(3): 187-193,

TROUW R.A.J., HEILBRON M., RIBEIRO A., PACIULLO F.V.P., VALERIANO C.M., ALMEIDA J.C.H., TUPINAMBÁ M., ANDREIS R.R. 2000. The Central Segment of the Ribeira Belt. *In:* U.G.Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos (eds). *Tectonic Evolution of South America*. 31st Int. Geol. Congr., Rio de Janeiro, p. 287-310.

TUPINAMBÁ, M. 1999. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Ph.D. Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Brazil.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.;OLIVEIRA, A.; PEREIRA, A. J.; CUNHA, E. R. S. P.; FERNANDES, G. A.; FERREIRA, F. N. ; CASTILHO, J. G.; TEIXEIRA, W. 1996. Complexo Rio Negro - uma unidade estratigráfica relevante no entendimento da evolução da Faixa Ribeira. *In*: 39°. Congr. Bras. Geol., anais v.6:104-107.

TUPINAMBÁ, M; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M. & BASEI, M. 1998 a. The Pan-African / Brasiliano arc-related magmatism at the Costeiro Domain ot the Ribeira Belt, southeastern Brazil. *In*: International Conference on Basement Tectonics, 14, Ouro Preto pág 12-14.

TUPINAMBÁ, M, TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M. & BASEI, M. 1998 b. U/Pb zircon age and litogeochemistry of the Rio Negro Complex tonalitic gneiss: evidence of a 630 Ma magmatic arc at the Costeiro Domain of the Ribeira Belt. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Belo Horizonte, SBG. Anais..., pág. 51.

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. Revista Brasileira de Geociências, 30 (1): 7-11.

TUPINAMBÁ, M; PENHA, H. M., JUNHO, M. C. B. 2003. Arc-related to post-collisional magmatism at Serra dos Órgãos region, Rio de Janeiro State, Brazil: products of Gondwana assembly, during the Brasiliano-Pan African Orogeny. Field Guide, Congress Field Trip, 31 International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil.

VALLADARES C.S. 1996. Evolução geológica do Complexo Paraíba do Sul, no segmento central da Faixa Ribeira, com base em estudos de geoquímica e geocronologia U-Pb. São Paulo, IGc-USP,Tese Dout., 147 p.

## **APÊNDICE 1 – Terminologia Petrográfica**

Para a descrição petrográfica utilizou-se a nomenclatura proposta por Streckeisen (1976). Em campo, foram empregados os termos usuais (gnaisse e calcissilicática), acrescidos do nome dos minerais índices usados na identificação das unidades litológicas. As rochas em que o bandamento foi utilizado para identificação, o termo foi incorporado ao nome da rocha (p. ex: gnaisse bandado).

Para a classificação granulométrica, foram definidos e utilizados os seguintes intervalos:

fina- grãos < 1,0 mm média – grãos entre 1,0 e 3,0 mm grossa – grãos > 3,0 mm muito grossa – grãos > 5,0 mm

A classificação textural foi classificada segundo Bard (1985) e Yadley, (xxx).

Abreviatura dos minerais:

| Qtzo/qz – Quartzo   | ap – apatita   |
|---------------------|----------------|
| plg – plagioclásio  | tit - titanita |
| micr – microclina   | all – alanita  |
| musc/ms – muscovita | zir – zircão   |
| ort – ortoclásio    | ser – sericita |
| hb/hbl – hornblenda | clo – clorita  |
| bio – biotita       | cb – carbonato |
| opc – opaco         |                |
| gr - granada        |                |
|                     |                |

#### Apêndice 2 - Método analítico da analise química

As amostras foram analisadas pelo laboratório ACTLABS no Canadá em Julho de 2008 pelo pacote 4litho. O pacote 4litho envolve a análise de elementos maiores por ICP-AES (plasma) após fusão da amostra com metaborato ou tetraborato de lítio. Os elementos traços são analisados por ICP-MS.

O método analítico ICP-AES (em inglês, *Inductively Coupled Plasma – Atomic Emmission Spectrometry*) é capaz de medir os elementos maiores e traços, incluindo a maior parte dos elementos terras raras (ETR). A preparação das amostras requer a produção de soluções e demanda mais tempo que a preparação de amostras para a fluorescência de raio-X. Uma vez separadas as soluções, as análises podem ser feitas em questão de minutos e simultaneamente, o que reduz bastante os custos e o tempo das análises. O método é basicamente de "chama". A solução é passada como um aerosol através de um nebulizador dentro de um plasma de Argônio. O ICP é uma onda aquecida de átomos de Ar que excita os vários elementos que compõem a amostra. A excitação produz linhas espectrais que são detectadas por vários fotomultiplicadores e convertidas em concentrações pela comparação com padrões internacionais.

No método ICP-MS (em inglês, *Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry*) os íons são extraídos do plasma através de um pequeno orifício em condições de vácuo e colimados em direção a um espectrômetro de massa. O método produz análises com limites de detecção baixíssimos, comparáveis ao método de ativação neutrônica. É utilizado especialmente na análise de elementos traços e especialmente ETR.

## Apêndice 3: Tingimento dos feldspatos

Foram confeccionadas pelo Laboratório Geológico de preparação de amostras (LGPA-FGEOL) 14 "Slabs" de amostra do Gnaisse bandado a homogêneo para a determinação do percentual de feldspatos alcalinos e plagioclásios. Os produtos utilizados para o tingimento dos feldspatos foram (Fotos 1 e 2):

- Solução saturada de amarante (pó marrom, corante biológico) e água.
- Solução saturada de cobaltonitrito de Sódio (pó amarelo para determinação de potássio);
- Solução de 5g de Cloreto de Bário (cristal) e 100ml de água destilada;
- Ácido fluorídrico 48%;
- Acetona
- Becker de 600 ml;
- Potes plásticos;
- Pegador tipo tesourão;
- "Slabs" das amostras de rocha;

#### **Procedimento:**

Antes de iniciar o procedimento de tingimento foi feito à seleção da melhor face, mais representativa de cada "slabs" utilizando um microscópio de luz transmitida (Foto 3). Lava-se a face selecionada e deixa a amostra secar na estufa (Foto 4);

- Colocar a solução de amarante e um vasilhame plástico e a de Cobaltonitrito de Sódio em outro vasilhame plástico (Foto 5);
- Colocar o ácido fluorídrico 48% em outro vasilhame sob uma capela (Foto 6);
- 3. Lavar a superfície da amostra com sabão;

- 4. Mergulhar a rocha no ácido fluorídrico durante 1 minuto sob uma capela, retirado-o com o pegador utilizando luvas;
- 5. Lavar com água;
- Mergulhar na solução amarela (Cobaltonitrito de Sódio) por 1 minuto retirando-o com o pegador;
- 7. Lavar com água;
- 8. Lavar com a solução de Cloreto de Bário;
- Mergulhar na solução vermelha (Solução de amarante) por cinco segundos
- 10. Lavar cuidadosamente com água, pois a solução vermelha é solúvel nela;
- 11. Finalizar com lavagem de acetona;

**Observação:** o Amarante tinge o plagioclásio de vermelho e o cobaltonitrito tinge o k-feldspato de amarelo (Foto 79 e 80).



Foto 79 e 80: Material utilizado.



Foto 81 e 82: Microscópio de luz transmitida onde foi feita a seleção da melhor face e estufa onde os "Slabs" são secados.



Foto 83 e 84: Amarante e cobaltonitrito (à esquerda) e capela utilizada para a manipulação (à direita).



Foto 85 e 86: "slabs" antes e depois do tingimento ( amarelo representa feldspato e o vermelho o plagioclásio).



Foto 87: Amostras tingidas.



Foto 88: Amostras tingidas.

#### Anexo I: Mapa Geológico-Estrutural



## Mapa Geológico - Estrutural

#### Coluna Estratigráfica

Leucognaisse e Migmatito

#### Legenda

#### Convenções

Cheio

Traço Axial de Sinformal

Traço Axial e Eixo de Antiformal

Obs: As estruturas destacadas foram tomadas em planta.

Universidade do Estado do Rio de Janeiro Faculdade de Geologia Programa de Pós-Graduação em Análises de Bacias e Faixas Móveis

#### Dissertação de Mestrado

Características de Campo, Petrografia e Litogeoquímica da Unidade Santo Aleixo em sua localidade tipo

#### **Deidimar Aparecida Dias**

Orientador: Miguel Tupinambá Agosto de 2008

Edição do Mapa: Thiago da Cruz Falcão





## Anexo II: Mapa de Pontos

| oa de Pontos  |  |
|---|--|
| Legenda   |  |
| ões de Mapeamento   |  |
| Ponto Descrito<br>Imostra de Campo<br>âmina Delgada<br>Geoquímica                                   |  |
| Convenções  |  |
| as Mestras  |  |
| as Intermediárias   |  |
| os Cotados  |  |
|   |  |
| Estrada   |  |
| Pavimentadas  |  |
| Ferrea  |  |
| e das Cidades   |  |
| o de Parada   |  |
| des   |  |
|   |  |
| do Estado do Rio de Janeiro<br>uldade de Geologia<br>uação em Análises de Bacias e Faixas<br>Móveis |  |
| tação de Mestrado   |  |
| s de Campo, Petrografia e<br>Unidade Santo Aleixo em sua<br>ocalidade tipo                          |  |
| imar Aparecida Dias   |  |
| dor: Miguel Tupinambá   |  |
| Agosto de 2008  |  |



