



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
FACULDADE DE GEOLOGIA

PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DOS ORTOGNAISSES DO
COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS, ARARUAMA-CABO
FRIO (RJ)

Samuel Magalhães Viana

Orientadora: Dr^a. Cláudia Sayão Valladares
Co-orientadora: Dr^a. Beatriz Paschoal Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis

Rio de Janeiro
Janeiro/2003

**PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA DOS ORTOGNAISSES DO
COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS, ARARUAMA-CABOFRIO (RJ)**

Samuel Magalhães Viana

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ANÁLISE DE BACIAS E FAIXAS MÓVEIS DA UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENSÃO
DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS.**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Tectônica, Petrologia e Recursos Minerais

ORIENTADORA:

Prof^a. Dr^a. Cláudia Sayão Valladares

CO-ORIENTADORA:

Prof^a. Dr^a. Beatriz Paschal Duarte

APROVADA POR:

Prof. Dr. Júlio César Mendes

Prof^a. Dr^a. Mônica Heilbron

Prof^a. Dr^a. Renata da Silva Schmitt

RIO DE JANEIRO-RJ-BRASIL

2003

FICHA CATALOGRÁFICA

VIANA, SAMUEL MAGALHÃES

Petrografia e geoquímica dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, Araruama -Cabo Frio (RJ) - [Rio de Janeiro] 2003.

XIII, 75pp, 29,7cm (Faculdade de Geologia - UERJ, MSc., Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, 2003).

Dissertação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, realizada na Faculdade de Geologia.

1. Análise petrográfica dos ortognaisses e ortoanfibolitos, e geoquímica dos ortognaisses, Complexo Região dos Lagos-RJ. Comparação com Complexo Quirino, Klippe Paraíba do Sul-RJ.

*Aos meus pais
Hélio e Maria*

AGRADECIMENTOS

Muitos foram os que me incentivaram e contribuíram para a conclusão deste trabalho, dentre estes, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

Aos meus pais e irmãos, pelo incentivo permanente.

À orientadora Dr^a. Cláudia Sayão Valladares, pela orientação, esclarecimentos e paciência.

À orientadora Dr^a. Beatriz Paschoal Duarte, pela orientação e atenção dedicada durante a etapa final desta tese.

À Dr^a. Renata Schmitt, pela leitura crítica com importantes sugestões adotadas neste trabalho.

À coordenação de Pós-graduação, FGEL/UERJ, pelo apoio administrativo.

Aos colegas e amigos estudantes da Pós-graduação e bolsistas de Iniciação Científica da UERJ, pelo apoio nos trabalhos de campo ou em sala de aula.

Aos colegas funcionários da Faculdade de Geologia da UERJ, Selma, Tatiana, Sr Moacyr, Rosalva, que propiciaram a conclusão desta pesquisa no exercício de suas funções.

A FAPERJ, pela bolsa de mestrado.

À Carolina Tondo, por seu apoio especial.

Ao amigo Guilherme Roxo pelo solícito auxílio.

E a tantos outros que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desta tese.

RESUMO

A área alvo da presente pesquisa localiza-se na porção centro-leste do estado do Rio de Janeiro, no Domínio Tectônico Cabo Frio inserida na extremidade sudeste da Faixa Ribeira. Esta corresponde a um cinturão NE-SW de empurrões e dobramentos gerado durante a colagem brasileira.

Neste trabalho foram estudadas as unidades que constituem o embasamento do Domínio Tectônico Cabo Frio. Tratam-se de ortognaisses e ortoanfibolitos de idades paleoproterozóicas que constituem o chamado Complexo Região dos Lagos (CRL).

Os ortognaisses investigados são hornblenda-biotita gnaisses de composição granodiorítica a monzogranítica, leucognaisses de composição granítica e biotita gnaisses tonalítico e monzogranítico. Contém corpos anfibolíticos associados, que ocorrem como enclaves, *boudins*, corpos tabulares e diques dobrados. Esses corpos são caracterizados petrograficamente como biotita-anfibolitos foliados e hornblenda-anfibolitos maciços, derivados de protólitos ígneos básicos.

As análises químicas revelam que os ortognaisses são subalcalino calcio-alcalinos e formam dois grupos marcantes: a) gnaisses de composição intermediária e teores de álcalis e K_2O mais baixos, abrangendo hornblenda-biotita gnaisses e biotita gnaisses, de composições variadas; b) gnaisses de composição ácida, com teores mais altos de álcalis e K_2O , constituídos, em sua maioria, de leucognaisses graníticos.

A abordagem com base nos elementos terras raras (ETR) mostra que nem todas as amostras do CRL são cogenéticas, podendo haver até quatro suítes dentre as amostras estudadas.

Os quatro agrupamentos identificados têm assinaturas geoquímicas semelhantes a de suítes geradas em ambientes tectônicos compressivos modernos. Especificamente, os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos são interpretados como resultado de construção de arcos magmáticos mais maduros semelhantes aos granitos de arco vulcânico do Chile, gerados durante o Paleoproterozóico.

Comparando os ortognaisses Paleoproterozóicos do Complexo Região dos Lagos com os da suíte alto-K do Complexo Quirino, embasamento na Klippe Paraíba do Sul (porção central da Faixa Ribeira), verifica-se uma grande semelhança entre

os dados petrológicos. Embora seja difícil a reconstrução da paleogeografia deste terreno, esta observação sugere uma atenção especial em futuros estudos, no sentido de verificar a possibilidade da existência de rochas cogenéticas, hoje residindo em domínios tectônicos diferentes.

ABSTRACT

The focused area in this research is the mid-east part of the Rio de Janeiro state, Brazil, in the Cabo Frio tectonic domain. This domain composes in southeast extremity of the Ribeira belt which corresponds to a NE-SW belt of thrusts and folds generated during the brasiliano amalgamation.

In this research, the units that constitute the basement of the Cabo Frio tectonic domain (orthogneisses and orthoamphibolites of Região dos Lagos Complex Palaeoproterozoic) age were studied, based on petrography and geochemistry (orthogneisses only).

The orthogneisses are hornblende-biotite gneiss of granodioritic to monzogranitic composition, leucogneiss of granitic composition and biotite gneiss of tonalitic and monzogranitic composition. These orthogneisses contain bodies of amphibolite that occur as enclaves, *boudins*, sheets and folded dikes. These bodies are petrographically characterized as foliated biotite amphibolites and massive hornblend amphibolites, both considered as magmatic-derived rocks.

Chemical data reveal that the orthogneisses have a subalkaline calc-alkaline character and can be divided into two groups: a) gneisses of intermediate composition and low values of alkalis and K_2O , covering hornblend-biotite gneisses and biotite gneisses of diverse compositions; b) gneisses of acid compositions and relatively high values of alkalis and K_2O , including, predominantly, the granitic leucogneiss.

Rare earth element data indicate that not all the samples of the Região dos Lagos Complex are cogenetic and there are possibilities of being found four different suites among the studied samples.

The four identified groups have similar geochemical signatures to the suites generated in modern compressive tectonic environments, specially to the volcanic arcs in Chile

The ortogneisses of the Região dos Lagos Complex are interpreted as the result of a more mature magmatic arc construction, generated during the Palaeoproterozoic.

A comparison between the Palaeoproterozoic orthogneisses of the Região dos Lagos Complex and those from the high-K suite of Quirino Complex, basement unit

in Paraíba do Sul Klippe (central portion of the Ribeira belt), shows a great similarity based on petrological data.

The paleogeographic reconstruction of this domain/terrain can be considered as a hard task, and must be given a special attention, in future studies, on the possibilities of cogenetic rocks residing in nowadays different tectonic domains.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização das folhas IBGE, 1:50 000 utilizadas: 1- Araruama; 2-Cabo Frio; 3-Farol da Barra.	3
Figura 2 - Região dos Lagos em imagem de satélite (EMBRAPA, 2001).	4
Figura 3 – Proposta de compartimentação tectônica para o segmento central da Faixa Ribeira, (Heilbron <i>et al.</i> , 1995).	13
Figura 4 – Seção geológica NW/SE pelo segmento central da Faixa Ribeira, entre as cidades de São João Del Rei (MG) e Rio de Janeiro (RJ). Heilbron <i>et al.</i> , 1999.	15
Figura 5 - Compartimentação tectônica da borda sul do Cráton do São Francisco (Heilbron <i>et al.</i> , 1999a, 1999b)	16
Figura 6 – Seção geológica entre Rio Bonito e Búzios por Machado e Demange (1990).	18
Figura 7 - Planície de sedimentos quaternários e lagoa de Araruama ao fundo. Vista do Ponto 6.	24
Figura 8 – Ortognaisses do Complexo Região dos Lagos. Pedreira de Araruama. Ponto 1.	24
Figura 9 - Afloramento de leucognaisse homogêneo e hbl-bt gnaisse do Complexo Região dos Lagos. Via Lagos, Km 46. Ponto 3.	25
Figura 10 - Corpos tabulares máficos deformados e os ortognaisses do CRL. Pedreira Morro dos Milagres. Ponto 5.	25
Figura 11 - Aspecto Geral da Pedreira Campo Redondo. Ponto 6.	25
Figura 12 - Classificação dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, segundo Streckeisen (1976).	27
Figura 13 - Detalhe do hbl-bt-gnaisse do Complexo Região dos Lagos. Aspecto homogêneo, "clots" de hbl de até 2 cm. Via Lagos, Km 35. Ponto 2.	28
Figura 14 – Hbl-bt gnaisse com fenocristais reliquias de microclina zonada e micropertítica. Nicóis cruzados. Amostra FB-SC-08E.	30
Figura 15 – Detalhe da cloritização de biotita e anfibólio em hbl-bt gnaisse, indicando retrometamorfismo. Nicóis cruzados. Amostra FC-SC-08B .	30
Figura 16 – Textura inequigranular e maciça do hbl-bt gnaisse, com predomínio de plagioclásio. Presença de titanita euédrica no canto superior direito. Nicóis cruzados. Amostra ARA-RCS-02B.	30
Figura 17 - Leucognaisse na porção superior; hbl-bt-gnaisse na porção inferior.	32

Contato definido. Via Lagos, Km46. Ponto 3.

Figura 18 – Leucognaisse com predomínio de minerais félsicos anédricos. Textura 32
mirmequítica ao centro. Nicóis cruzados. Amostra CF-RCS-05C.

Figura 19 – Textura granoblástica maciça, minerais subédricos. Cloritização de 32
hornblenda. Nicóis cruzados. Amostra CF-RCS-06C.

Figura 20 - Biotita gnaisse com feldspatos subédricos e textura granoblástica, 35
maciça. Nicói cruzados. Amostra CF-RCS-ARA 01.

Figura 21 - Corpo anfíbolítico tabular paralelo à foliação regional e incluso no 38
ortognaisse. Ponto 4.

Figura 22 – Aspecto geral do biotita anfíbolito. Textura granoblástica com 38
orientação mineral. Luz natural. Amostra CF-RCS-04B.

Figura 23 (a) (b) - Detalhe do hbl-bt gnaisse em contato com enclave métrico de 38
anfíbolito. Ponto 6.

Figura 24 – Textura granoblástica com leve orientação mineral. Minerais opacos 38
com bordas de titanita. Luz natural. Amostra CF-RCS-06G.

Figura 25 -Hornblenda anfíbolito sob a forma de boudin de dimensões métricas, 40
encaixado no hbl-bt gnaisse. Forte São Mateus. Ponto 7.

Figura 26 - Dique dobrado incluso em hbl-bt gnaisse no Forte São Mateus. Ponto 40
7.

Figura 27 – Enclaves angulosos (esquerda) e alongados (direita) na Praia das 40
Conchas. Ponto 8.

Figura 28 - Rocha de textura granoblástica, maciça, com minerais subédricos. Ao 41
centro, hornblenda parcialmente substituída por biotita, indicando
retrometamorfismo. Luz natural. Amostra FB-SC-07B.

Figura 29 – Rocha de textura granoblástica, maciça. Clinopiroxênio parcialmente 41
substituído por hornblenda indicando retrometamorfismo. Luz natural. Amostra FB-
SC-07 A.

Figura 30 – Rocha granoblástica inequigranular maciça. Porfiroblasto de 41
plagioclásio. Clinopiroxênio ao centro com retrometamorfismo para hornblenda.
Nicol cruzado. Amostra FB-SC-08F.

Figura 31 – Quatro diagramas classificatórios utilizados para os elementos 47
maiores dos ortognaisse do CRL. Dois agrupamentos (A e B) ocorrem em todos
os diagramas. Legenda dos símbolos na tabela 10.

Figura 32 - Diagramas de Harker (elementos maiores) para todo o conjunto de ortognaisses analisados do Complexo Região dos Lagos.	49
Figura 33 - Diagramas de Harker (elementos traços) para todo o conjunto de ortognaisses analisados do Complexo Região dos Lagos.	51
Figura 34 - Diagramas de ETR para o grupo 1, normalizados pelo condrito de Boynton (1984).	53
Figura 35 - Diagramas de ETR para o grupo 2, normalizados pelo condrito de Boynton (1984).	54
Figura 36 - Diagramas de ETR para o grupo 3 normalizados pelo condrito de Boynton (1984).	54
Figura 37 - Diagramas de ETR para o grupo 4 normalizados pelo condrito de Boynton (1984).	55
Figura 38 - Diagrama triangular Hf-Rb/10-Tax3 discriminantes de ambientes formadores de granitos (Harris <i>et al.</i> 1986) para os quatro grupos ETR dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.	56
Figura 39 - Diagrama triangular Hf-Rb/30-Tax3 discriminantes de ambientes formadores de granitos (Harris <i>et al.</i> 1986) para os quatro grupos ETR dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.	57
Figura 40 - Diagramas a)Rb-(Y+Nb) e b) Nb-Y, discriminantes de ambientes formadores de granitos segundo Pearce <i>et al.</i> (1984) para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.	57
Figura 41 - Diagrama de variação multi-elementar normalizados por ORG segundo Pearce <i>et al.</i> (1984) para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos (campo hachurado), comparados com granitos de arcos vulcânicos modernos.	58
Figura 42 - Diagrama de ETR para ortognaisses alto-K do Complexo Quirino (Souza e Valladares, 2001), normalizado pelo condrito de Boynton (1984).	61
Figura 43 - Diagrama de variação multi-elementar normalizados por ORG segundo Pearce <i>et al.</i> (1984) para os ortognaisses alto-K do Complexo Quirino (campo hachurado), comparado com granito de arco vulcânico do Chile. Extraído de Souza e Valladares, 2001.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de pontos amostrados e características de campo.	7
Tabela 2 - Dados geocronológicos de trabalhos anteriores do embasamento no DTCF (Schmitt, 2001)	21
Tabela 3 - Relação de denominações. Modificado de Schmitt (2001)	23
Tabela 4 - Dados petrográficos do hbl-bt gnaisse.	31
Tabela 5 - Dados petrográficos do leucognaisse.	34
Tabela 6 - Dados petrográficos do bt gnaisse.	36
Tabela 7 - Dados petrográficos do bt anfibolito.	39
Tabela 8 - Dados petrográficos do hbl anfibolito.	43
Tabela 9 - Composição química dos ortognaisses do CRL.	46
Tabela 10 - Agrupamentos segundo elementos maiores.	48
Tabela 11 – Valores dos coeficientes de correlação R^2 obtidos por regressão, e seus respectivos níveis de significância, para os elementos maiores dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.	48
Tabela 12 – Valores dos coeficientes de correlação R^2 obtidos por regressão, e seus respectivos níveis de significância, para os elementos maiores dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.	50
Tabela 13 - Correlação entre SiO_2 e $(La/Yb)_N$ para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.	52
Tabela 14 - Dados referentes aos ortognaisses do Complexo Quirino. Suíte subalcalina cálcioalcalina de alto-K. Composição granodiorítica a granítica (Souza e Valladares, 2001).	60
Tabela 15 – Subdivisão das amostras da suíte alto-K do Complexo Quirino, baseado na razão $(La/Yb)_N$.	60

SUMÁRIO

<i>Ficha Catalográfica</i>	iii
<i>Agradecimentos</i>	v
<i>Resumo</i>	vi
<i>Abstract</i>	viii
<i>Lista de Figuras</i>	x
<i>Lista de Tabelas</i>	xiii
<u>I – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS DA PESQUISA E MÉTODOS</u>	3
1) INTRODUÇÃO	3
2) LOCALIZAÇÃO	3
3) OBJETIVO DA PESQUISA	5
4) METODOLOGIA ADOTADA	5
<u>II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	10
1) INTRODUÇÃO	10
2) GEOLOGIA REGIONAL	10
3) GEOLOGIA LOCAL	17
4) NOMENCLATURA ADOTADA NESTE TRABALHO	20
<u>III - COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS: FEIÇÕES DE CAMPO E CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS</u>	24
1) INTRODUÇÃO	24
2) ORTOGNAISSES	26
2.1) HORNBLENDA-BIOTITA GNAISSE	28
2.2) LEUCOGNAISSE	32
2.3) BIOTITA GNAISSE	35
3) RELAÇÃO ENTRE OS ORTOGNAISSES E ALGUMAS UNIDADES DO DOMÍNIO TECTÔNICO CABO FRIO	37
3.1) ORTOANFIBOLITOS	37
3.1.1) BIOTITA ANFIBOLITO	37
3.1.2) HORNBLENDA ANFIBOLITO	40
3.2) SEQUÊNCIA SUPRACRUSTAL	42

<u>IV. GEOQUÍMICA DOS ORTOGNAISSES DO COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS</u>	44
1) INTRODUÇÃO	44
2) QUALIDADE DAS ANÁLISES	44
3) GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS MAIORES	47
4) GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS TRAÇOS	50
5) GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS	52
6) AMBIENTES GEOTECTÔNICOS PARA OS ORTOGNAISSES DO CRL	56
7) COMPARAÇÃO COM ASSINATURAS GEOQUÍMICAS DE AMBIENTES SIMILARES	55
<u>V COMPARAÇÃO ENTRE ORTOGNAISSES DOS COMPLEXOS REGIÃO DOS LAGOS E QUIRINO</u>	59
<u>VI. CONCLUSÃO</u>	62
<u>VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	64
<u>ANEXOS</u>	
1 – MAPA GEOLÓGICO LOCAL E DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS	
2 – DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS DE ANÁLISE QUÍMICA UTILIZADAS	
3 – QUADRO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ACTLABS PARA OS ORTOGNAISSES DO COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS	
4 – ABREVIATURAS MINERAIS UTILIZADAS	
5 – MÉTODO DE REGRESSÃO	

I - INTRODUÇÃO, OBJETIVOS DA PESQUISA E MÉTODOS

1) INTRODUÇÃO

Buscando contribuir para o entendimento da evolução geológica das rochas que constituem o Complexo Região dos Lagos (Fonseca, 1989), embasamento do Domínio Tectônico Cabo Frio (Schmitt, 2001), o presente trabalho apresenta dados baseados em levantamentos bibliográficos seguidos de investigações petrográficas e geoquímicas de ortognaisses e ortoanfibolitos, e suas respectivas interpretações.

Este trabalho teve início em novembro de 2001, sendo concluído em janeiro de 2003, data da defesa da dissertação. As amostras utilizadas para este estudo foram coletadas em duas visitas ao campo em que participaram: o autor deste trabalho, geólogo Samuel Magalhães Viana; a orientadora Prof. Dr^a. Cláudia Valladares; alunos de graduação, bolsistas de Iniciação Científica, Rafael Lima e Patrícia Souza; e alunos de pós-graduação da FGEL/UERJ que cursavam a disciplina de Litogeoquímica.

2) LOCALIZAÇÃO

A área estudada compreende as folhas Araruama (SF-23-Z-B-VI-3), Cabo Frio (SF-23-Z-B-VI-4) e Farol da Barra (SF-24-Y-A-IV-3) escala 1:50 000 do IBGE (figura 1), sendo limitada pelas coordenadas latitude de 22° 45'S e 23°00'S e longitude de 42°30'W e 41°45'W, compreendendo a região de Araruama e CaboFrio, a cerca de 100 Km a leste da cidade do Rio de Janeiro.

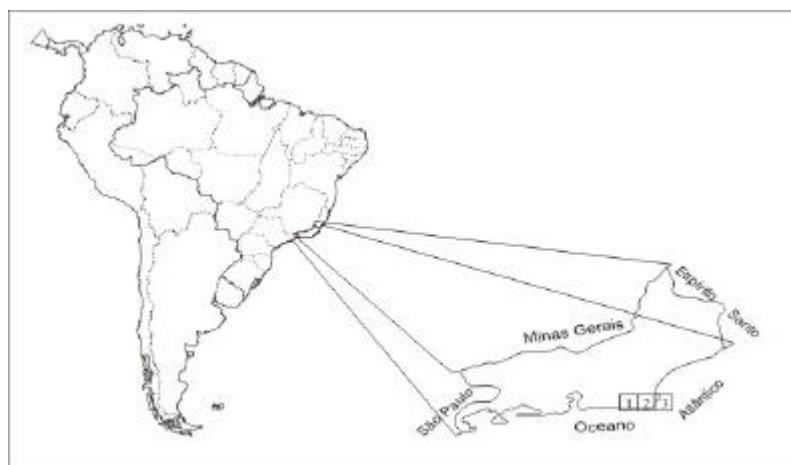


Figura 1 - Mapa de localização das folhas IBGE, 1:50 000 utilizadas: 1- Araruama; 2-Cabo Frio; 3- Farol da Barra.

As principais vias de acesso, a partir da cidade do Rio de Janeiro, são: BR 101 pela porção norte da área até Silva Jardim, seguindo a SE pela RJ-140 até São Pedro d'Aldeia; RJ-106 seguindo pelo litoral até Cabo Frio; e RJ-124 (Via Lagos), de Rio Bonito até São Pedro d'Aldeia, atingindo a região central da área de estudo.

A região geográfica, que deu o nome ao Complexo, é uma planície costeira constituída de restingas e bordejada por lagoas e lagunas, alinhadas segundo a direção leste-oeste. É limitada, a norte e noroeste, por serras de baixa altitude, com elevação máxima de 600m, e, a sul, pelo oceano Atlântico (figura 2). Esta região difere topograficamente da região serrana (Serra dos Órgãos), mais a NNW, que apresenta serras com altitudes muito mais elevadas com cristas alinhadas segundo a direção NE-SW.

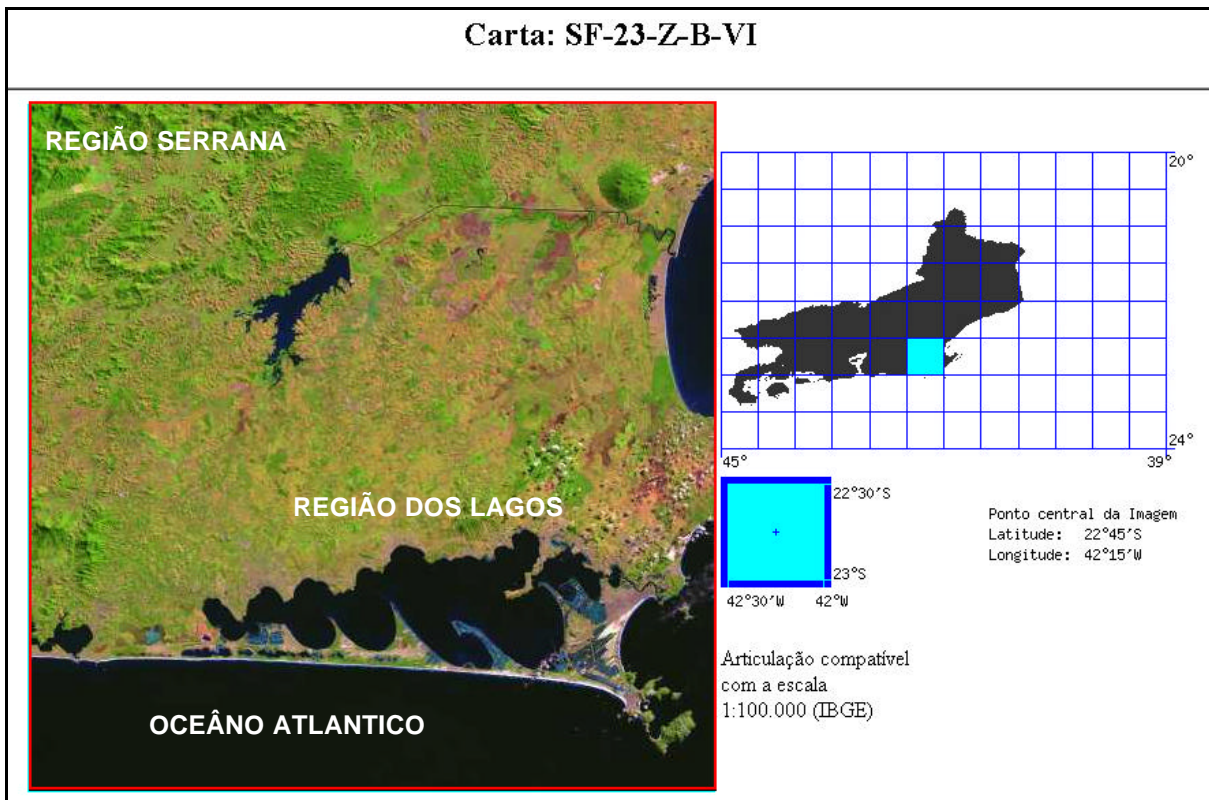


Figura 2 - Região dos Lagos em imagem de satélite (EMBRAPA, 2001).

3) OBJETIVOS DA PESQUISA

Com o intuito de contribuir para o conhecimento da constituição, origem e evolução geológica das rochas ortoderivadas que compõem o Complexo Região dos Lagos, embasamento do Domínio Tectônico Cabo Frio (Schmitt, 2001), o presente trabalho tem os seguintes objetivos:

- a) Análise petrográfica dos ortognaisses e ortoanfibolitos associados, que compõem o Complexo Região dos Lagos.
- b) Estudo geoquímico dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.
- c) Caracterização de possíveis ambientes tectônicos dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.
- d) Comparação petrológica/geoquímica entre os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, com os ortognaisses do Complexo Quirino, embasamento da *Klippe* Paraíba do Sul no segmento central da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 1999a).

4) METODOLOGIA ADOTADA

Para a realização desta dissertação, foram estabelecidas algumas etapas de trabalho, começando pelos métodos convencionais de pesquisa, ou seja, apoio bibliográfico, análise de mapas topográficos e geológicos, e o estudo dos principais conceitos teóricos aplicados à geoquímica. As atividades realizadas incluíram: trabalhos de campo; preparação de amostras para análises petrográficas e químicas; análise petrográfica; tratamento dos dados geoquímicos; interpretação e integração de dados; e redação da dissertação.

Etapas 1 – Pesquisa Bibliográfica

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica para a obtenção de dados sobre a geologia regional, contexto geotectônico, geoquímica e geocronologia, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos sobre os eventos geológicos já conhecidos da área em questão. Estas abordagens constituíram-se em subsídios necessários

para a interpretação dos dados produzidos e resultados obtidos neste trabalho.

Etapa 2 — Atividades de Campo

Foi realizada, em novembro de 2001, a primeira atividade de campo, objetivando a coleta de ortognaisses e ortoanfibolitos do Complexo Região dos Lagos. Os pontos de coleta situam-se entre Araruama e Cabo Frio-RJ, em afloramentos ao longo da Via Lagos e, preferencialmente, em pedreiras.

Foram visitados seis pontos visando a melhor abrangência possível para a região estudada. Cada ponto foi localizado por medidas de GPS e plotado nas cartas topográficas 1:50.000 do IBGE.

Nestes pontos, foram coletadas amostras o mais homogêneas possível, sendo evitadas partes fraturadas, com veios ou material de alteração e infiltração.

Para o tipo de análise a ser empregada, fez-se necessário extrair um volume razoável, em torno de 15 cm³ para cada amostra, sempre procurando variar as amostras em relação à quantidade de máficos para um mesmo ponto de amostragem.

Em junho de 2002, foi realizada uma segunda etapa de campo. Nesta etapa, objetivou-se a coleta de: 1) ortognaisses do Complexo Região dos Lagos. 2) rochas metabásicas de composição anfibolítica, associadas aos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.

As amostras coletadas nestas duas etapas de campo estão listadas na tabela 1 e os pontos de coleta estão plotados no mapa que constitui o anexo 1.

Tabela 1 - Relação de pontos amostrados e características de campo

Ponto	Coordenadas		Amostras	Breve descrição de campo
	N	E		
1 – Pedreira de Araruama	7472563	770250	ARA-RCS-01	Biotita gnaisse cinza claro, homogêneo, com megacristais de feldspatos de até 2 cm.
2 – Km 35 da Via Lagos	7475012	772783	ARA-RCS-02 A	Gnaisse cinza claro.
			ARA-RCS-02 B	Gnaisse mesocrático biotítico.
3 – Km 46 da Via Lagos	7473401	783197	CF-RCS-03 A	Granito félsico
			CF-RCS-03 B	Gnaisse cinza claro homogêneo.
4 – Pedreira abandonada de Cabo Frio	7472157	800901	CF-RCS-04 A	Gnaisse homogêneo leucocrático
			CF-RCS-04 B	Banda máfica
			CF-RCS-04 C	Gnaisse félsico
5 – Morro dos Milagres - CF	7472361	800245	CF-RCS-05 A	Gnaisse foliado.
			CF-RCS-05 B	Gnaisse máfico
			CF-RCS-05 C	Leucognaisse
			CF-RCS-05 D	Enclave máfico, Anfibolito
6 – Pedreira Campo Redondo	7471759	810231	CF-RCS-06 A	Gnaisse com forte foliação.
			CF-RCS-06 B	Gnaisse máfico
			CF-RCS-06 C	Leucognaisse.
			CF-RCS-06 D	Gnaisse de textura porfiroblástica
			CF-RCS-06 G	Enclave de anfibolito
7- Praia do Forte - Forte São Mateus			FB-SC-07 A	Dique dobrado
			FB-SC-07 B	Boudin de anfibolito
			FB-SC-07 C	Bt gnaisse
8 - Praia das Conchas			FB-SC-08 A	Gnaisse-banda máfica
			FB-SC-08 B	Hb-bt-gnaisse porfiroblástico grosso
			FB-SC-08 C	Enclave de anfibolito
			FB-SC-08 D	enclave anguloso de anfibolito
			FB-SC-08 E	Gnaisse homogêneo
			FB-SC-08 F	Enclave de anfibolito

Etapa 3— Preparação de Amostras para as Análises Petrográfica e Geoquímica.

As amostras coletadas foram preparadas no Laboratório Geológico de Processamento de Amostras (LGPA/FGEL) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. A primeira fase de preparação consistiu na escolha de amostras representativas para proceder à análise petrográfica e, posteriormente, para a análise química. Foram, então, selecionadas vinte e quatro amostras para confecção de lâminas petrográficas, das quais dez foram encaminhadas para análise química. O material para análise química de rocha total foi preparado diretamente no *Activation Laboratories Ltd – ACTLABS* - Canadá, onde foram realizadas as análises geoquímicas para elementos maiores e traços incluindo os elementos terras raras. As técnicas analíticas empregadas foram: *Inductively Coupled Plasma (ICP)*, tipo

Atomic Emission Spectrometry (AES), para a determinação de elementos maiores; e *Mass Spectrometry* (MS) para os elementos traços, incluindo os terras raras, ambos por fusão. A perda ao fogo (LOI) também foi determinada no ACTLABS.

Etapa 4 — Análise Petrográfica

A análise petrográfica foi realizada no Laboratório de Pesquisa da FGEL/UERJ Foram descritas vinte e quatro lâminas petrográficas, das quais nove são de anfíbolitos e quinze de ortognaisses. Procurou-se identificar diversos aspectos como: constituição mineralógica, classificação modal, texturas, estruturas, reações metamórficas, produtos de alteração, etc, o que se constituem, aliado às interpretações de campo, em importantes subsídios para a caracterização e o agrupamento de litotipos semelhantes.

Os resultados destas análises petrográficas encontram-se expostos no capítulo III.

As abreviaturas minerais utilizadas estão relacionadas no anexo 4.

Etapa 5 — Tratamento dos Dados Geoquímicos

De posse dos dados químicos das rochas em estudo, o primeiro passo foi a avaliação da qualidade das análises, principalmente quanto aos fechamentos das mesmas, tentando rastrear possíveis discrepâncias associadas a alterações minerais, contaminação ou erros analíticos. Incluiu-se a determinação de possíveis alterações pós-magmáticas e conseqüente remobilização de alguns elementos químicos.

Posteriormente, os dados geoquímicos foram tratados utilizando o *Newpet*. O *Newpet* é um programa computacional, desenvolvido para o estudo geoquímico de rochas, associando informações em diversos diagramas dos mais conceituados autores. Este programa foi criado em 1987 por Daryl Clarke (*Memorial University of New Foundland / Canadá – Department of Earth Science – Centre for Earth Resources Research*).

Para este tratamento geoquímico, seguiu-se uma seqüência lógica de abordagem, iniciando-se pela utilização de critérios classificatórios, seguindo-se por uma abordagem petrológica e finalizando-se com uma abordagem tectônica.

Etapa 6— Integração dos Dados e Interpretação

Concluídas as análises petrográfica e geoquímica, juntamente com a integração dos resultados obtidos com os dados disponíveis na literatura, foi possível alcançar os objetivos propostos com consequentes contribuições para o entendimento sobre a evolução geológica da região alvo.

II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1) INTRODUÇÃO

Sob o aspecto regional, a área de estudo está geotectonicamente inserida no contexto da Faixa Ribeira. Este cinturão brasileiro estende-se por 1400 Km ao longo da região costeira atlântica do Brasil, desde o sul do estado da Bahia ao estado do Paraná. Compreende um complexo sistema de dobramentos e empurrões desenvolvidos durante um intervalo de 300 milhões de anos, do Neoproterozóico ao Eopaleozóico (Brito Neves e Cordani, 1991) ao longo da borda sul/sudeste do Cráton do São Francisco.

O Domínio Tectônico Cabo Frio, onde o embasamento é caracterizado pelo Complexo Região dos Lagos, alvo desta dissertação, foi estruturado durante os estágios terminais da colagem Brasileira (Schmitt, 2001) com transporte para NW, representando assim, o domínio mais oriental do segmento central da Faixa Ribeira.

2) GEOLOGIA REGIONAL

Rosier (1957, 1965) distinguiu as séries Paraíba-Desengano e Serra dos Órgãos. Foi o primeiro a individualizar áreas com direções estruturais N-S e NW-SE ortogonais às direções estruturais ENE-WSW que ele atribuiu à orogênese Assíntica. Caracterizou as faixas geossinclinais as quais denominou Maricá-Conceição do Macabu e Saquarema-Cabo Frio-Macaé, onde distinguiu duas categorias de rochas: gnaisses-granitóides e migmatitos. Direções estruturais NW-SE também foram observadas por Helmbold *et al.* (1965) nos kinzigitos da Série Superior aflorantes na Cidade do Rio de Janeiro.

Hasui e Oliveira (1984), discursando sobre a parte central da região de dobramentos sudeste, descreveram, na área do Estado do Rio de Janeiro, os Complexos Juiz de Fora e Costeiro. O Complexo Juiz de Fora abrange as rochas da Série Juiz de Fora (Ebert, 1963) e as denominadas como “Rochas da Associação Charnoquítica” (Fonseca *et al.*, 1979). Neste trabalho os autores incluíram as rochas graníticas da Serra dos Orgãos no Complexo Juiz de Fora. O limite do Complexo Costeiro no Estado do Rio de Janeiro seria mal definido, correspondendo à passagem do chamado “Grupo Serra dos Órgãos” ao conjunto granítico-gnáissico da costa. O Complexo Costeiro englobaria parte da Série Paraíba-Desengano, as faixas

Maricá-Conceição do Macabu e Saquarema-Cabo Frio-Macaé, Grupo Paraíba, Complexo Litoral Fluminense e a Seqüência Búzios.

Siga Jr. *et al.* (1982) constataram que o quadro geológico disponível para a Faixa Ribeira apresentava-se preliminar, persistindo ainda dificuldades na separação de unidades litoestratigráficas, em face à geração em épocas distintas e à complexidade tectônica. Esses autores também apresentaram, com base no comportamento geocronológico das rochas analisadas no domínio setentrional da Faixa Ribeira, a existência de duas províncias distintas: uma de idade transamazônica e outra de idade brasileira, em grande parte superpostas.

Campos Neto e Figueiredo (1990) estudaram a evolução geológica dos Domínios Costeiros, Paraíba do Sul e Juiz de Fora, caracterizando esses três domínios crustais como dois terrenos suspeitos: o primeiro trata-se do terreno retrabalhado do Domínio Juiz de Fora composto por duas associações de séries plutônicas calcioalcalinas (TTG e seqüência enriquecida em LILE), e o segundo corresponde às rochas migmatíticas do Domínio Costeiro e às supracrustais do Complexo Paraíba do Sul.

Heilbron *et al.* (1991) estudaram, comparativamente, os dois flancos da megassinforma do Paraíba do Sul, que se estende desde a Serra da Mantiqueira, em Minas Gerais, onde predominam mergulhos para SE, até a Serra do Mar, com mergulhos para NW, e concluíram que a compartimentação da megassinforma D₃ observada no flanco noroeste é repetida no seu flanco sudeste. Através dessa comparação, os autores propuseram a seguinte compartimentação tectônica pré-D₃ para o setor central da Faixa Ribeira: a) Domínio Paraíba do Sul (ocupa a região do núcleo da megassinforma); b) Domínio Juiz de Fora (composto por rochas do Complexo Juiz de Fora e do Complexo Piedade e escamas tectônicas de rochas metassedimentares atribuídas ao Grupo Andrelândia); e c) Domínio Andrelândia (composto pelo Grupo Andrelândia associado ao seu embasamento definido como sendo o Complexo Piedade).

Campos Neto e Figueiredo (1992) classificaram como domínio da Orogênese Rio Doce, os terrenos que foram submetidos a um processo de convergência de placas, no período entre 600 e 490 Ma e que seguiram, em parte, à estabilização dos domínios orogênicos brasileiros. Esses domínios compreendem os terrenos da Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé, da Faixa Apiaí e da Faixa Rio Paraíba do

Sul. Sendo assim, observaram, registro de grandes domínios submetidos, sincronicamente, no final do Neoproterozóico, a regimes tectônicos incompatíveis. A nova microplaca (Rio Doce) estabelecia-se, enquanto o domínio brasileiro estabilizava-se, com a coalescência de um arco magmático cálcioalcalino linear e do tipo cordilheirano. As manifestações desse arco e sua estagnação estão registradas entre 600 e 585 Ma atrás, quando o Complexo Juiz de Fora atingiu condições metamórficas de até 8-10 Kbar e 750°C, o segmento costeiro chegou a 6 Kbar e 750°C.

Heilbron *et al.* (1993) apresentaram uma nova compartimentação tectônica estudando a seção geotransversal Bom Jardim de Minas (MG)-Mangaratiba (RJ). A Faixa Ribeira Central foi subdividida em três escamas: 1) Domínio Tectônico Paraíba do Sul; 2) Domínio Tectônico Juiz de Fora; e 3) Domínio Tectônico Andrelândia. Essas três escamas de empurrão estão imbricadas de SE para NW, cavalgando o Domínio Tectônico Autóctone situado na margem sul-sudeste do Cráton do São Francisco. O Domínio Tectônico Paraíba do Sul representa a escama superior e cavalga o Domínio Tectônico Juiz de Fora que, por sua vez, se superpõe aos terrenos do Domínio Tectônico Andrelândia. As estruturas identificadas nos domínios supracitados foram subdivididas, com base na análise geométrica e da relação com o metamorfismo, nas seguintes fases de deformação: D1 e D2, interpretadas como progressivas e contemporâneas à etapa metamórfica M1; D3, contemporânea à etapa M2; e D4. As fases de deformação principais (D1 + D2) são responsáveis pelo imbricamento destas escamas de empurrão e, portanto, pela compartimentação tectônica regional deste segmento da Faixa Ribeira.

Heilbron *et al.* (1994) propuseram para a seção geotransversal Conceição do Ibitipoca (MG) – Valença (RJ), situada no segmento central da Faixa Ribeira, uma compartimentação em quatro domínios tectônicos, imbricados para NNW, em direção à borda sul do Cráton do São Francisco, individualizados em: a) Domínio tectônico Autóctone; b) Domínio tectônico Andrelândia; c) Domínio tectônico Juiz de Fora; e d) Domínio tectônico Paraíba do Sul. Para tal proposta Heilbron *et al.* (*op. cit.*) utilizaram dados de mapeamento geológico (1:50.000) obtidos por Heilbron (1993), Nummer (1991) e Nogueira (1994).

Heilbron *et al.* (1995) propuseram uma nova organização tectônica para o segmento central da Faixa Ribeira, que foi compartimentada em três domínios tectônicos alóctones (figura 3): Inferior, Médio e Superior que compreendem, respectivamente, ao Domínio tectônico Andrelândia, Domínio tectônico Juiz de Fora e Domínio tectônico Paraíba do Sul de Heilbron *et al.* (1994). Em cada um desses compartimentos, os autores individualizaram quatro unidades lito-estratigráficas: a) embasamento pré-1.8 Ga; b) ortognaisses de posicionamento temporal não definido; c) cobertura metassedimentar pós- 1.8 Ga; e d) rochas granitóides brasileiras.

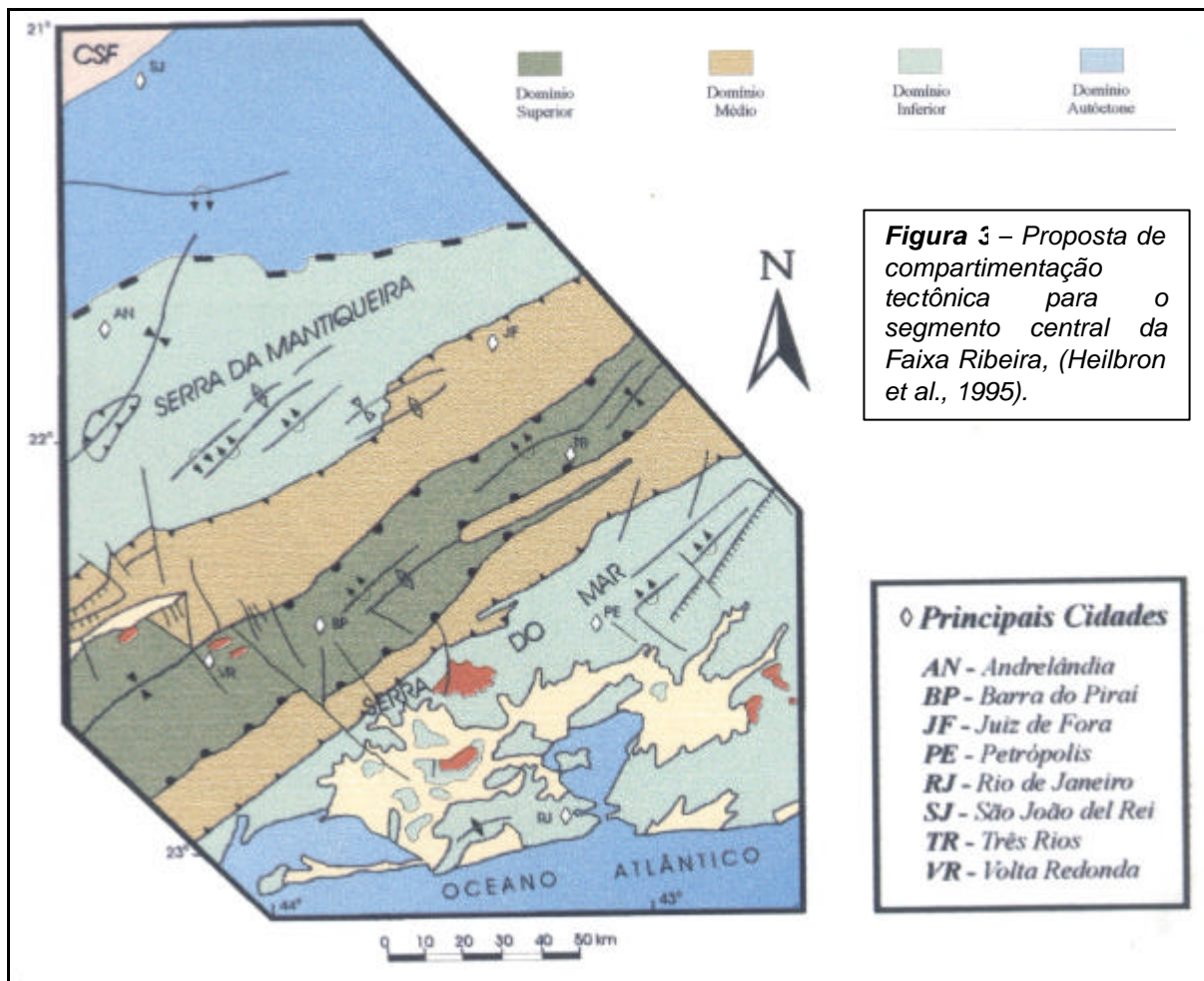


Figura 3 – Proposta de compartimentação tectônica para o segmento central da Faixa Ribeira, (Heilbron *et al.*, 1995).

Campos Neto e Figueiredo (1995) apresentaram os estágios de amalgamação do Gondwana, no setor dos sistemas orogênicos ativos durante o Ciclo Brasileiro-Pan-Africano, para melhor caracterizar a Orogenia Rio Doce. Sendo assim, constataram que o melhor exemplo da orogênese Rio Doce na Placa Sul-americana está localizado na microplaca Serra do Mar que se estende do sul da Bahia ao Rio Grande do Sul. Ao longo dessa extensão, esta microplaca é representada por um arco magmático, de 590 a 570 Ma, com batólitos

calcioalcalinos com assinaturas e polaridade geoquímicas sugestivas subducção para NW.

Valladares (1996), com base em estudos de geoquímica e geocronologia U/Pb, caracterizou duas suítes de ortognaisses, na Unidade Quirino, integrante do Complexo Paraíba do Sul: 1) uma suíte granodiorítica, de caráter pré-colisional; e 2) granítica, pós-colisional. Análises geocronológicas U-Pb mostraram cristalização de zircões há cerca de 2,18 Ga (Orogênese Transamazônica) e remobilizações há 605 Ma (Orogênese Brasileira).

Valladares *et al.* (1997) obtiveram idades Pb/Pb para zircões detríticos dos metassedimentos da Faixa Ribeira a fim de definir a proveniência das mesmas. Os dados apresentaram duas fontes: uma predominante de idade paleoproterozóica (2,0-2,3 Ga), e outra subordinada de idade arqueana (2,6-2,9 Ga).

Heilbron *et al.* (1998) encontraram, no segmento central da Faixa Ribeira, uma proporção elevada de embasamento pré-1,8 Ga retrabalhado. Para a distinção entre embasamento e cobertura, estes autores analisaram o metamorfismo e a deformação. Na borda sul do Cráton de São Francisco e nos domínios autóctones e Andrelândia, foi relativamente fácil distinguir embasamento e cobertura, devido ao baixo grau metamórfico, o que facilitou também o reconhecimento de uma importante discordância regional. Nos domínios internos esse reconhecimento foi dificultado devido ao alto grau de metamorfismo. Os autores supracitados propuseram a individualização de cinco tipos de associações litotectônicas no embasamento, distribuindo-se de NW para SE nos seus diferentes domínios tectônicos: a) faixas greenstones retrabalhadas e cortadas por migmatitos; b) ortognaisses de alto grau; c) ortogranulitos; d) ortognaisses (complexo Quirino); e) ortognaisses tonalíticos a granodioríticos.

Heilbron *et al.* (1998) propuseram que a estrutura crustal do segmento central da Faixa Ribeira é definida por dois terrenos tectono-estratigráficos diferentes: a) margem do Cráton do São Francisco retrabalhada, definido como Terreno Ocidental; b) O Terreno Oriental (Costeiro ou Serra do Mar) que, provavelmente, inclui outros blocos cratônicos e/ou microplacas.

Heilbron *et al.* (1999a, 1999b) caracterizaram o segmento central da Faixa Ribeira como definido por 3 terrenos tectonoestratigráfico diferentes. De NW para SE, esses terrenos são: a) o Terreno Ocidental representa a margem retrabalhada do Cráton do São Francisco e inclui quatro compartimentos como o Domínio Autóctone, a Zona de Interferência com a Faixa Brasília, e os sistemas de empurrões Andrelândia e Juiz de Fora; b) O Terreno Oriental, separado do anterior por uma importante zona de cisalhamento com mergulho moderado para NW (Limite Tectônico Central, Almeida *et al.*, 1998), aloja o Arco Magmático Cordilheirano da Orogênese Ribeira (Complexo Rio Negro, Tupinambá *et al.*, 1998), e inclui o Domínio da Klippe Paraíba do Sul e o Domínio Costeiro; e c) o Terreno Cabo Frio, recentemente redefinido, representa o último estágio da colagem brasileira (Schmitt, 2001). As figuras 4 e 5 mostram a estruturação tectônica para o segmento central da Faixa Ribeira, adotada neste trabalho.

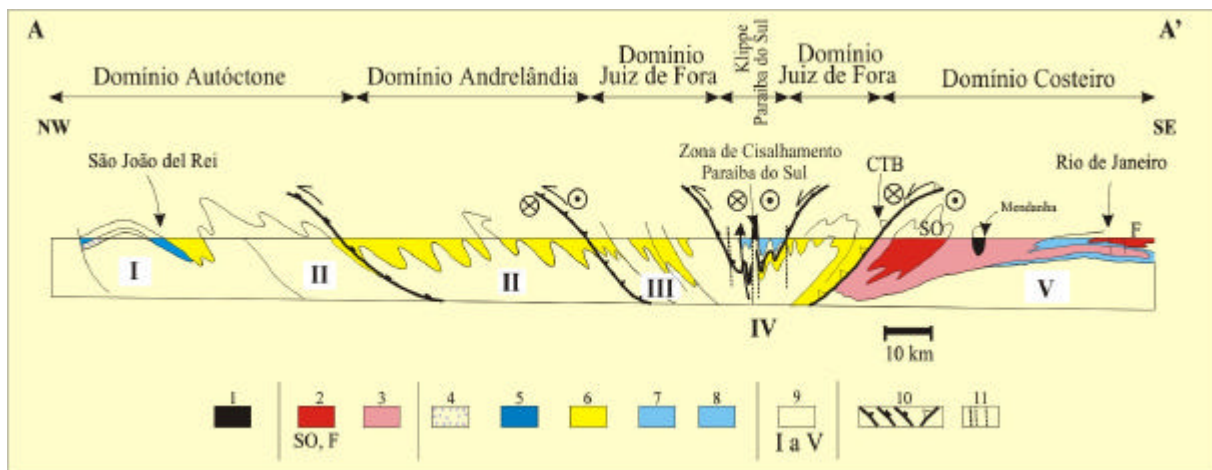


Figura 4 – Seção geológica NW/SE pelo segmento central da Faixa Ribeira, entre as cidades de São João Del Rei (MG) e Rio de Janeiro (RJ): 1- Rochas Alcalinas Meso-Cenozóico; 2- Granitóides Brasileiros; 3- Complexo Rio Negro; 4- Ciclo Depositional Tiradentes e Lenheiro; 5- Ciclo Depositional Carandaí; 6- Ciclo Depositional Andrelândia e Rochas Correlatas; 7- Unidade Itálva e Rochas Correlatas; 8- Grupo Paraíba do Sul; 9- unidades do embasamento Pré-1.8Ga (I- Grupo Barbacena; II- Complexo Mantiqueira; III- Complexo Juiz de Fora; IV- Suíte Quirino, V- Unidade Região dos Lagos); 1- Zonas de Cisalhamento Transpressivo e Tardio. Heilbron *et al.*, 1999.

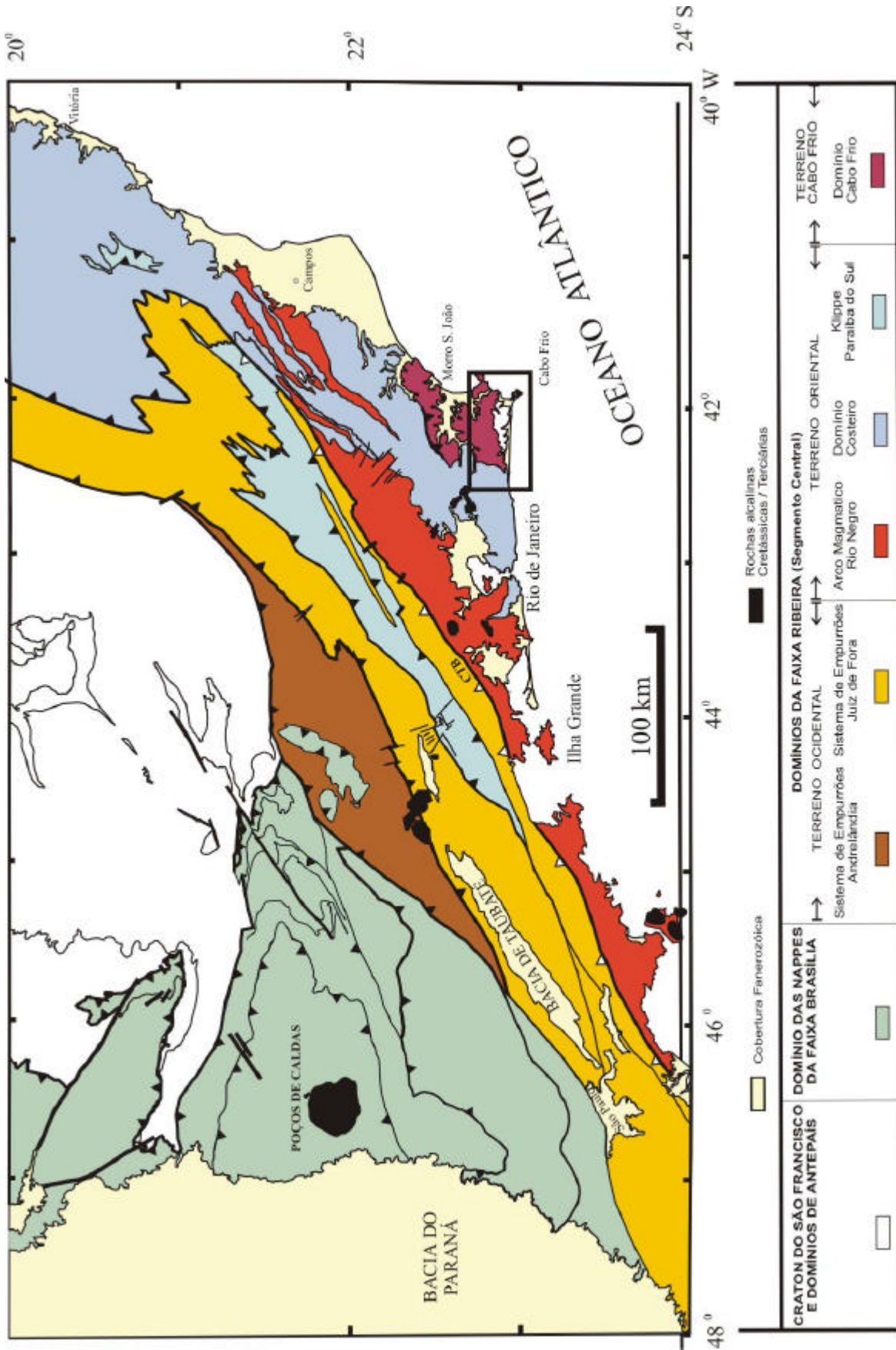


Figura 5 - Compartimentação tectônica da borda sul do Cráton do São Francisco (Heilbron et al., 1999a, 1999b)

3) GEOLOGIA LOCAL

Fonseca *et al.* (1979) relacionaram a Faixa Saquarema - Cabo Frio – Macaé (Rosier, 1965) e o Complexo do Litoral Fluminense à Faixa Costeira. Descreveram detalhadamente a seqüência de rochas metassedimentares, a qual denominaram Seqüência Búzios. Com base nas direções estruturais NNW e NNE, no conteúdo mineral da Seqüência Búzios e num único dado geocronológico de Delhal *et al.* (1969), sugeriram uma possível correlação da região com o Cráton de Angola-Kasai na África.

Reis *et al.* (comunicação escrita, in Fonseca *et al.*, 1984) identificaram metamorfitos com diferentes graus de homogeneização, reunidos no que se denominou Unidade Região dos Lagos. Em contato de natureza transicional, descreveram rochas xistosas, compostas por cianita-sillimanita-granada-biotita gnaisses e xistos, intercalados com níveis quartzosos e calciossilicáticos, equivalentes à seqüência Búzios.

Heilbron *et al.* (1982) caracterizaram, na região do Cabo de Búzios, duas seqüências migmatíticas: Seqüência Inferior, constituída por ortognaisses migmatíticos e anfibolíticos; e Seqüência Superior, sobreposta àquela por contato de falha e representada por paragnaisses com cianita e sillimanita, e intercalações de rochas calciossilicáticas e anfibolíticas.

Machado Filho *et al.* (1983) incluíram a Faixa Saquarema—Cabo Frio-Macaé (Rosier, 1965), a Unidade Região dos Lagos (Reis *et al.*, *op. cit.*) e os ortognaisses da Seqüência Inferior (Heilbron *et al.*, *op.cit.*) numa mesma unidade litológica e denominaram-na, informalmente, de Complexo Cabo Frio. A Seqüência Superior, constituída de rochas metassedimentares, foi denominada Gnaisse Búzios.

Fonseca *et al.* (1984) descreveram a Seqüência Búzios, como uma seqüência metassedimentar exposta tipicamente no Cabo de Búzios, submetida a um metamorfismo de pressão intermediária (Baroviano), exceção na costa sudeste do Brasil. Definiram quatro fases de deformação para as estruturas descritas: F1, responsável pela xistosidade S1; F2, dobras isoclinais que dobram a xistosidade S1;

F3. Dobramento de perfil apertado das dobras da F2, com plano axial a NNE-SSW, mergulhando 20° para NW; e F4, onde raras dobras abertas dobram flancos F3, com plano axial a NNE-SSW, subvertical.

Fonseca (1989) distinguiu dois blocos crustais na parte sudeste do Estado do Rio de Janeiro: uma zona móvel, pequeno fragmento do Cinturão Ribeira, e o Bloco Cabo Frio, cujo embasamento de natureza granitóide foi denominado de Complexo Região dos Lagos, superpostas pelas unidades metassedimentares. Apesar da inexistência de datações geocronológicas, o autor propôs que o Bloco Cabo Frio esteve à margem e não foi afetado pela orogênese brasileira que formou a zona móvel. Concluiu então, que estes dois blocos crustais não poderiam ser colocados dentro de uma única unidade geotectônica.

Machado e Demange (1990) distinguiram duas unidades lito-estruturais no Cinturão Ribeira, no Estado do Rio de Janeiro; o Batólito de Araruama (granitóides polideformados) e rochas supracrustais. No Batólito de Araruama, de tendências estruturais NW-SE, foram reconhecidas duas suítes (figura 6): Suíte Araruama, onde predominam biotitas-granitóides foliados, leucocráticos, semelhantes em alguns aspectos ao biotita-gnaissé descrito no capítulo 3 desta dissertação; e a Suíte São Pedro d'Aldeia, formado por granitóides leuco a mesocrático, localmente porfiríticos podendo conter anfibólios e K-feldspato, semelhantes ao hbl-bt gnaissé descritos também no capítulo 3. As rochas supracrustais foram consideradas provavelmente cronocorrelacionadas ao batólito. Quatro fases de deformação foram caracterizadas, comuns às duas unidades. Com base na correspondência geométrica entre as dobras da terceira fase de deformação, os autores sugeriram que o batólito é o provável embasamento das supracrustais. Porém, uma outra possibilidade foi aventada: a colocação desses granitóides ter-se-ia dada em fases precoces, como plúton concordante na forma de lacólito.



Figura 6 – Seção geológica entre Rio Bonito e Búzios por Machado e Demange (1990).

Zimbres *et al.* (1990) apresentaram os resultados obtidos em datações de rochas ortognáissicas da região de Cabo Frio, por meio dos métodos U-Pb em zircão, Rb-Sr em rocha total e K-Ar em biotita e anfibólio, no mesmo afloramento datado por Delhal *et al.* (1969). Os dados analíticos de três frações de zircão definem uma reta que intercepta o diagrama concórdia: na parte superior, a 1981 ± 18 Ma, sendo esta idade aparente interpretada como a época de formação dos cristais de zircão e de sua rocha hospedeira; e na parte inferior, a 488 ± 55 Ma, que sugere uma perda episódica de Pb por parte dos cristais de zircão durante os eventos tectono-magmáticos finais do Ciclo Brasileiro. Os resultados Rb-Sr produziram uma isócrona de 1799 ± 62 Ma, com razão inicial igual a 0,707, sugerindo que estas rochas já possuíam residência crustal no Paleoproterozóico. Com base nos resultados geocronológicos, consideraram que a área foi pouco afetada pela orogênese Brasileira, o que permitiu a preservação das estruturas pré-brasilianas divergentes. Concluíram que a área atuou como um corpo rígido no choque ocorrido no Proterozóico Superior e que seria uma extensão, em território brasileiro, do Cráton de Angola, de mesma idade.

Fonseca *et al.* (1992) apresentaram os resultados preliminares da datação pelo método dos traços de fissionamento em apatita e titanita de algumas amostras de ortognaisses e rochas máficas associadas na área entre Cabo Frio e Búzios. Dois intervalos de idades foram obtidos: um em torno de 190 Ma, associado ao tectonismo inicial durante a abertura do oceano Atlântico Sul; e outro de 40 a 80 Ma, associado à intrusão de rochas alcalinas.

Fonseca (1993) propôs a denominação de "Fragmento Tectônico de Cabo Frio" para a área em questão. Com base em geocronologia, geoquímica e geologia de campo, a evolução dos eventos se encaixaria num modelo de Ciclo de Wilson, onde os prováveis mecanismos seriam os de: colisão arco de ilha – continente, para a formação dos ortognaisses Paleoproterozóicos; e continente – continente, para os paragnaisses brasileiros, ambos com subducção para NW. Apresentou idades modelo TDM Sm-Nd dos ortognaisses entre 2663 e 2343 Ma, interpretando-as como época máxima de formação de seus protólitos. Uma contribuição de material juvenil foi caracterizado pelas idades aparentes Rb-Sr e Sm-Nd intermediárias (1600-1200

Ma), com suposta superimposição do metamorfismo dos paragneisses. Idades Ar-Ar de 600 a 500 Ma em hornblenda e biotita reforçaram a interpretação desse rejuvenescimento parcial. As rochas metassedimentares (predominantemente litoarenitos) pressupunham um ambiente de arco continental ou margem continental ativa de profundidade rasa, onde foi depositada uma seqüência de sedimentos pelíticos que, com atuação de metamorfismo em fácies anfibolito superior, deu origem aos paragneisses com intercalações anfibolíticas e calciossilicáticas.

Schmitt (2001) identificou a "Orogenia Búzios", evento tectono-metamórfico cambro-ordoviciano mais novo das faixas móveis brasileiras no Brasil. Definiu o Domínio Tectônico Cabo Frio (DTFC), como constituído de um embasamento de ortogneisses e ortoanfibolitos, cristalizados entre 2,03 e 1,96 Ga (U-Pb, intercepto superior, em zircões) tectonicamente intercalado com as supracrustais das sucessões Búzios e Palmital, depositadas em ambiente de fundo oceânico entre 1,7 e 1,0 Ga (idades-modelo Sm-Nd). Durante o Cambriano Médio, estas rochas foram submetidas a um evento tectono-metamórfico de alto grau, cujo pico metamórfico ocorreu a pressões mínimas de 9 Kbar e temperaturas acima de 780°C, gerando fusão parcial em todas as unidades. Este pico metamórfico ocorreu entre 525 e 520 Ma (U-Pb em zircões de leucossomas dos ortogneisses e metapelitos), concomitante aos empurrões de topo para NW, relacionados às fases deformacionais D1 e D2, resultando em escamas de embasamento sotopostas às de supracrustais. A fase deformacional D3 é caracterizada pelo desenvolvimento de megadobras recumbentes com eixos paralelos à direção do movimento NW-SE. Idades U-Pb de 500 a 490 Ma em rochas metassedimentares registram o surgimento de uma zona de cisalhamento transcorrente destrógrica, materializada por uma lineação de estiramento NE-SW relacionada à fase D5.

A tabela 2 mostra dados geocronológicos de diversos autores para as rochas que compõem o embasamento do Domínio Tectônico Cabo Frio.

4) NOMENCLATURA ADOTADA NESTE TRABALHO

Devido à variedade de nomenclaturas para a denominação de mesmos grupos litológicos ou tectônicos, conseqüente na natural evolução do conhecimento geológico da região através dos anos (tabela 3), fez-se necessário, para este trabalho, adotar uma nomenclatura condizente com o atual nível de conhecimento

da geologia da área, associada ao enfoque desta dissertação.

Adotou-se então: Domínio Tectônico Cabo Frio (DTCF), de Schmitt (2001), como unidade tectônica, com características estruturais próprias, sendo o último terreno amalgamado na Faixa Ribeira; Complexo Região dos Lagos (Fonseca, 1989), para o conjunto de rochas ortoderivadas que formam o embasamento Paleoproterozóico do DTCF; e Sequência Supracrustal, englobando os diversos paragneisses desse domínio.

Tabela 2 - Dados geocronológicos de trabalhos anteriores do embasamento no DTCF (Schmitt, 2001)

Rocha analisada	Amostra/Localização	Método	Idade/Autor
Ortognaisse	RJ-5/Ponta do Marisco(Buzios)	Idades modelo de Nd TDM	2,7;2,5;2,45;2,45;2,5 Ga (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-14/Praia das Conchas (Cabo Frio)	Idades modelo de Nd TDM	2,5;2,6;2,4;2,5;2,6 Ga (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-15/Praia da Caravela (Búzios)	Idades modelo de Nd TDM	2,5;2,4;2,4;2,4;2,6 Ga (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-19/Arraial do Cabo	Idades modelo de Nd TDM	2,4;2,4;2,4;2,4;2,5 Ga (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-5/Ponta do Marisco(Buzios)	Isócrona Rb-Sr	2071±75 Ma (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-19/Pontal do Atalaia(Arraial do Cabo)	Isócrona Rb-Sr	2068±154 Ma (Fonseca, 1993)
Gnaisses migmatíticos estromáticos tonalíticos a granodioríticos	(72EZ)/Pedreiras a 10Km de Cabo Frio em direção São Pedro	U-Pb zircão Intercepto superior	1981±18 Ma (Zimbres <i>et al.</i> ,1990)
Ortognaisse	RJ-5/Ponta do Marisco(Buzios)	Isócrona Sm-Nd	1879±140 Ma (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-19/Pontal do Atalaia(Arraial do Cabo)	Isócrona Sm-Nd	1875±109 Ma (Fonseca, 1993)
Gnaisses migmatíticos estromáticos tonalíticos a granodioríticos	(72,73EZ)/5Km de Araruama em direção a Rio Bonito	Isócrona Rb-Sr	1799,6±62 Ma (Zimbres <i>et al.</i> ,1990)
Ortognaisse	(Rj-5,14,15,19)/ Praias do Marisco, das Conchas, Caravela e do Atalaia	Isócrona de referência Sm-Nd	1734±65 Ma (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-14/Praia das Conchas	Isócrona Rb-Sr	1661±141 Ma (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-14/Praia das Conchas	Isócrona Sm-Nd	1344±29 Ma (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-15/Praia da Caravela	Isócrona Sm-Nd	1199±234 Ma (Fonseca, 1993)
Gnaisses migmatíticos estromáticos tonalíticos a granodioríticos	(72EZ)/Pedreiras a 10Km de Cabo Frio em direção São Pedro	K-Ar em Anfibólio	571±44 Ma (Zimbres <i>et al.</i> ,1990)
Ortognaisse	RJ-4A/Praia do Perú	Ar-Ar em biotita	593 ±06 Ma (Fonseca, 1993)
Enclave máfico em ortognaisse	RJ-14B/Praia das Conchas	Ar-Ar em hornblenda	570±06 Ma (Fonseca, 1993)
Ortognaisse	RJ-1B/Praia do Forte	Ar-Ar em hornblenda	542±06 Ma (Fonseca, 1993)
Anfibolito dos ortognaises	RJ-1A/Praia do Forte	Ar-Ar em hornblenda	536±06 Ma (Fonseca, 1993)

Ortognaisse	RJ-1B/Praia do Forte	Ar-Ar em biotita	507±06 Ma (Fonseca, 1993)
Gnaisses migmatíticos estromáticos tonalíticos a granodioríticos	(72,73EZ)/5Km de Araruama em direção a Rio Bonito	K-Ar em biotita	494±11 Ma (Zimbres <i>et al.</i> ,1990)
Gnaisses migmatíticos estromáticos tonalíticos a granodioríticos	(72EZ)/Pedreiras a 10Km de Cabo Frio em direção São Pedro	U-Pb zircão Intercepto inferior	488±55 Ma (Zimbres <i>et al.</i> ,1990)
Gnaisses migmatíticos estromáticos tonalíticos a granodioríticos	Amostra 72	K-Ar em biotita	474±12 Ma (Zimbres <i>et al.</i> ,1990)
Gnaisses migmatíticos	São Pedro	K-Ar em biotita e muscovita	460±23 Ma 434±22 Ma (Delhal <i>et al.</i> ,1969) recalculado por Tupinambá <i>et al</i> (1997)
Ortognaisse	RJ-15/Praia das Caravelas	Isócrona Rb-Sr	368±11 Ma (Fonseca, 1993)
Schmitt (2001)			
Ortognaises Félsicos	BUZ-19-1 Praia de Jacocé	U-Pb em Zircão	2029±39 Ma (int. sup.) 583±130 Ma (int inf)
Ortognaises Félsicos	BUZ-52-8 Macaé	U-Pb em Zircão	1946±9,9 Ma (int. sup.) 86±46 Ma (int. inf.)
Ortognaises Félsicos	BUZ-52-14 Macaé	U-Pb em Zircão	1993±13 Ma (int. sup.) 523±28 Ma (int. inf.)
Ortognaises Félsicos	BUZ-52-17 Macaé	U-Pb em Zircão	1979±5,5 Ma (int. sup.) 531±23 Ma (int inf.)
Ortognaises Félsicos	BUZ-37 Macaé	U-Pb em Zircão	1986±16 Ma (int. sup.) 677±130 Ma (int. inf.)
Ortognaises Félsicos	BUZ-48 Macaé	U-Pb em Zircão	1960±5,8 Ma (int.Sup) 465±52 Ma (int. inf.)
Ortognaises Félsicos	BUZ-62 Rio das Ostras	U-Pb em Zircão	1971,1±5,1Ma (int. sup.) 525±37 Ma(int. inf.)
Ortognaises Félsicos	CF-36 Praia das Conchas	U-Pb em Zircão	1974,8± 6,5 Ma (int. sup.) 501,2± 5,9 Ma (int. inf.)
Veio Leucocrático deformado	BUZ-62-4 Rio das Ostras	U-Pb em zircões herdados	1976,6±9,5 Ma (int. sup.) 519±11 Ma (int inf.)
Veio Leucocrático deformado	BUZ-62-4 Rio das Ostras	U-Pb em zircões originais	517,7±5,2 Ma (int. sup.) 67±110 Ma (int. inf.)
Veio Leucocrático deformado	BUZ-52-13 Macaé	U-Pb em monazitas	627±9 Ma e 512±5 Ma (concordantes)
Ortoanfíbolitos Forte de São Mateus	BUZ-19-13 Praia do Jacocé	U-Pb em zircões	1944±97 Ma (int. sup.) 463±150 Ma (int. inf.)
Ortoanfíbolitos Forte de São Mateus	BUZ-01-05 Forte São Mateus	U-Pb em zircões e titanitas	2037±200 Ma (int. sup.) 738±300 Ma (int. inf.)
Ortoanfíbolitos Forte de São Mateus	BUZ-44 Ponta do Farol	U-Pb em zircões	1969±4 Ma (int. sup.) 519±19 Ma (int. inf.)
Ortoanfíbolitos Forte de São Mateus	BUZ-01-04 Forte São Mateus	U-Pb em titanitas	551±10 Ma (int. sup.)

Tabela 3 - Relação de denominações. Modificado de Schmitt (2001)

Autores	Relação entre as principais denominações para o Domínio Tectônico Cabo Frio e suas unidades			
	Unidade Tectônica	Ortognaisses	Ortoanfíbolitos	Supracrustais
Neste Trabalho	Domínio Tectônico Cabo Frio	Complexo Região dos Lagos		Seqüência Supracrustal
Rosier (1957,1965)	Faixa Saquarema-Cabo Frio-Macaé	Gnaisses granitóides, Gnaisses muito migmatizados		Biotita gnaisses pouco migmatizados.
Fonseca <i>et al.</i> (1979)	Faixa Costeira			Sequencia Búzios
Reis <i>et al.</i> (1980)		Unidade Região dos Lagos		Unidade Búzios e Palmital
Heilbron <i>et al.</i> (1982)		Seqüência Inferior (na região de Armação dos Búzios)		Seqüência Superior (na região de Armação dos Búzios)
Fonseca <i>et al.</i> (1984)	Cráton de Cabo Frio			
Fonseca (1989)	Bloco de Cabo Frio	Complexo Região dos Lagos		
Machado e Demange (1990)	Domínio Litorâneo	Batólito de Araruama: -Suíte Araruama -Suíte São Pedro da Aldeia		Supracrustais: -Unidade Inferior (paragnaisses)
Fonseca(1994)	Fragmento Tectônico de Cabo Frio	Ortognaisses		Paragnaisses
Campos Neto & Figueiredo(1995)	Janela estrutural de Cabo Frio			
Schmitt <i>et al.</i> (1999)			Unidade Forte São Mateus	
Fonseca(1998)				Faixa Búzios
Heilbron <i>et al.</i> (1999a) e Campos Neto(2000)	Terreno de Cabo Frio			
Schmitt (2001)	Domínio Tectônico de Cabo Frio	Embasamento: Ortognaisses félsicos Região dos Lagos	Embasamento: Ortoanfíbolitos Forte São Mateus	Seqüência Supracrustal: Sucessão Búzios e Sucessão Palmital

III - COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS: FEIÇÕES DE CAMPO E CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS

1) INTRODUÇÃO

A área de ocorrência do Complexo Região dos Lagos é morfologicamente arrasada, constituindo uma planície litorânea com sedimentos marinhos quaternários cobrindo grande parte do terreno (figura 7), o que resulta em afloramentos rochosos bastante esparsos.



Figura 7 - Planície de sedimentos quaternários e lagoa de Araruama ao fundo. Vista do Ponto 6.

Assim sendo, para esse estudo foram visitados, preferencialmente, afloramentos de pedreiras na região de Araruama e São Pedro d`Aldeia, cortes de estrada ao longo da Via Lagos e de praias em Cabo Frio (figuras 8 a 11). O anexo 1 apresenta um mapa geológico da região e a localização de todos os pontos visitados.



Figura 8 – Ortognaisses do Complexo Região dos Lagos. Pedreira de Araruama. Ponto 1.



Figura 9 - Afloramento de leucognaisse homogêneo e hbl-bt gnaissse do Complexo Região dos Lagos. Via Lagos, Km 46. Ponto 3.



Figura 10 - Corpos tabulares máficos deformados e os ortognaisses do CRL. Pedreira Morro dos Milagres. Ponto 5.



Figura 11 - Aspecto Geral da Pedreira Campo Redondo. Ponto 6.

No presente trabalho, as unidades litológicas que constituem o Complexo Região dos Lagos foram agrupadas em dois conjuntos: ortognaisses e anfibolitos.

Os ortognaisses têm maior distribuição espacial na região estudada e variações mineralógicas e texturais permitem subdividi-los em três subtipos: leucognaisse, hornblenda-biotita gnaisse e biotita gnaisse.

Os anfibolitos ocorrem como corpos de dimensões métricas a decimétricas dentro dos ortognaisses. Estes corpos são de camadas lenticulares paralelas à foliação, enclaves, boudins ou diques com diferentes graus de deformação.

Em função do alto grau metamórfico com anatexia associada, as semelhanças entre os tipos de rocha identificados para cada unidade litológica deste complexo são acentuadas e seus contatos são, muitas vezes, sutis, de difícil interpretação. Assim, procurou-se identificá-los a partir de modos de ocorrência no campo, composições e proporções mineralógicas.

A seguir, cada uma das unidades litológicas e seus respectivos subtipos serão descritos detalhadamente.

2) ORTOGNAISSES

Seguindo critérios como características de campo, semelhanças petrográficas, composição e proporção mineralógica, foram identificados três tipos de ortognaisses: hornblenda-biotita gnaisse; leucognaisse; e biotita gnaisse.

O hornblenda-biotita gnaisse é o litotipo de maior predomínio dentro da unidade, e ocorre intercalado com o biotita gnaisse, em menor proporção, apresentando contatos gradacionais e paralelos a foliação tectônica. Alguns leucognaisses apresentam contatos gradacionais com os demais gnaisses, porém foram identificados corpos lenticulares métricos de contato bem definido, também paralelo a foliação (figura 9). Pode-se especular que a origem de alguns leucognaisses estaria relacionada a uma granitogênese brasileira.

A paragênese mineral mostra que os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos (CRL) foram metamorfisados sob condições da fácies anfibolito superior. Estudos geocronológicos de Fonseca (1993) e Schmitt (2001) confirmaram evento metamórfico no Cambriano Médio que, tendo promovido anatexia nas rochas, migmatizou-as em diferentes intensidades.

A classificação integrada dos ortognaisses estudados, segundo o diagrama QAP de Streckeisen, encontra-se na figura 12, e descritos nos subitens seguintes.

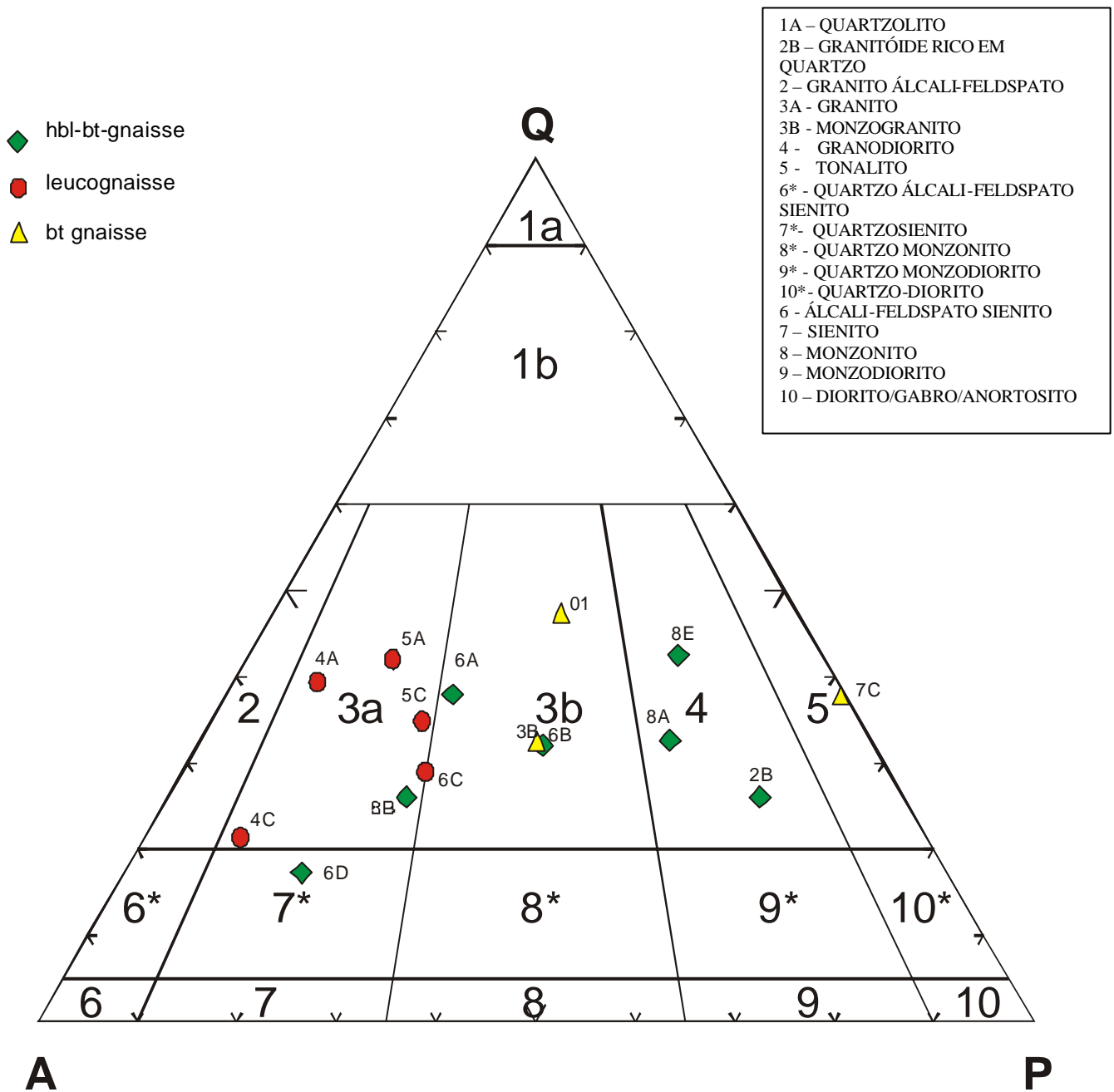


Figura 12 - Classificação dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, segundo Streckeisen (1976).

2.1) HORNBLENDA-BIOTITA GNAISSE

Consiste de um ortogneisse granoblástico inequigranular, de variadas proporções plagioclásio/microclina. Sua granulação é média a grossa e sua textura é porfiroblástica. Este litotipo é o mais comum da área estudada e aflora ao longo da Via Lagos, nas pedreiras próximas a São Pedro d' Aldeia e nas praias do Forte e das Conchas em Cabo Frio. Apresenta coloração cinza escura e nítida orientação mineral preferencial formando lineação (dada por cristais de feldspato e hornblenda), e foliação (marcada pelas plaquetas de biotita). Ao longo da Via Lagos, estas rochas apresentam “clots” de hornblenda de até 2 cm caracterizando textura grosseira e granoblástica (figura 13). Na Praia das Conchas, o hornblenda-biotita gnaisse apresenta-se menos deformado, sendo observados megacristais euédricos de microclina, interpretados como fenocristais reliquiares (figura 14).



Figura 13 - Detalhe do hb-bt-gnaisse do Complexo Região dos Lagos. Aspecto homogêneo, “clots” de hbl de até 2 cm. Via Lagos, Km 35. Ponto 2

Tais rochas apresentam uma relativa variedade composicional. Apesar da maior parte possuir composição entre granodiorito e monzogranito (figura 12), ocorrem também sienogranito e quartzo-sienito, segundo a classificação de Streckeisen (1976).

Na análise microscópica, este subgrupo revela grãos félsicos anédricos e fraturados, por vezes com extinção ondulante e recristalizados nos setores mais deformados. Apresenta, em geral, maior proporção de plagioclásio (15-50%) em relação à microclina (10-57%), com exceção das amostras CF-RCS-06D e FB-SC-08B onde a microclina ocorre em maior proporção. O plágiooclásio é oligoclásio e

seus grãos são anédricos, com geminações polissintéticas bem definidas havendo indícios de sericitização em fraturas e bordas. Grãos de quartzo (15 a 32%) anédricos e recristalizados apresentam, comumente, extinção ondulante. Os grãos de microclina são anédricos, pertíticos a micropertíticos. Os minerais máficos, representados por biotita (3-12%) e hornblenda (5-12%), apresentam, em geral, proporções equilibradas. A biotita tem pleocroísmo verde pálido e ocorre em curtas plaquetas definindo a foliação da rocha. A hornblenda tem pleocroísmo verde-oliva e ocorre em grãos anédricos e fraturados, por vezes parcialmente cloritizados juntamente com biotitas (figura 15). Como acessórios, ocorrem titanita euédrica (figura 16), apatita e zircão inclusos em quartzo, plagioclásio e microclina, e magnetita. Como minerais secundários são comuns sericita, carbonato e óxido/hidróxido de ferro, além de clorita.

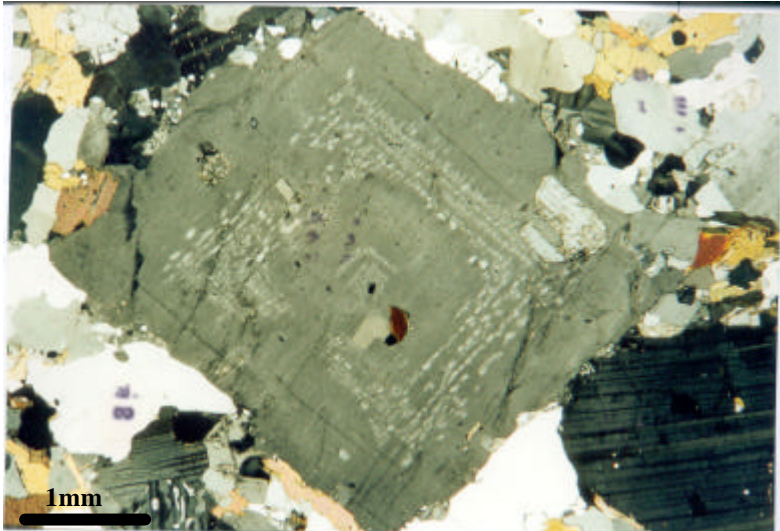


Figura 14 – Hbl-bt gnaissse com fenocristais reliquiares de microclina zonada e microperftica. Nicóis cruzados. Amostra FB-SC-08E.

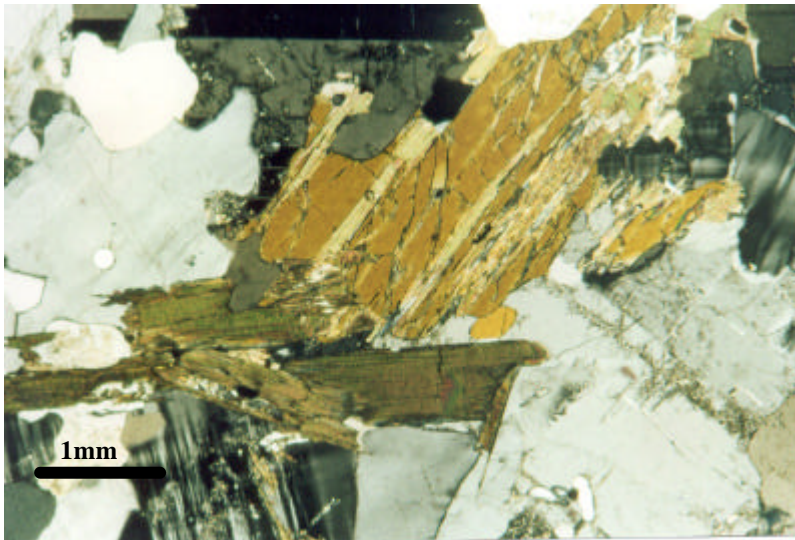


Figura 15 – Detalhe da cloritização de biotita e anfibólio em hbl-bt gnaissse, indicando retrometamorfismo. Nicóis cruzados. Amostra FC-SC-08B .

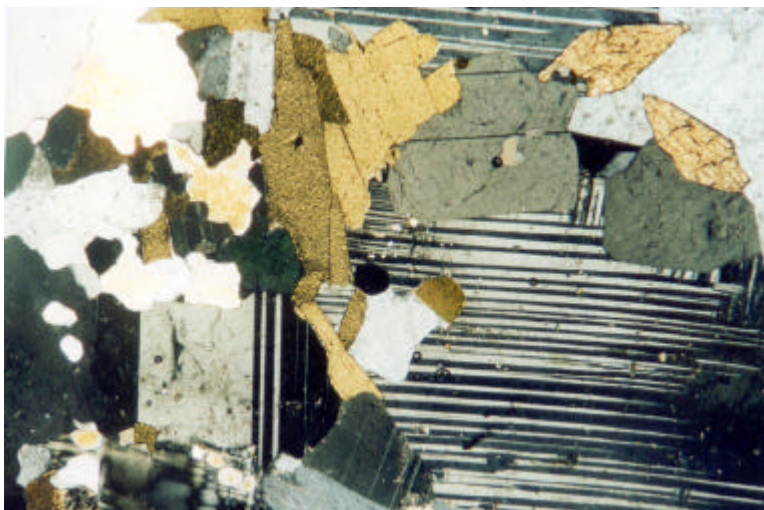


Figura 16 – Textura inequigranular e maciça do hbl-bt gnaissse, com predomímo de plagioclásio. Notar presença de titanita euédrica no canto superior direito. Nicóis cruzados. Amostra ARA-RCS-02B.

Tabela 4 - Dados petrográficos do hbl-bt gnaisse

HBL-BT GNAISSE				
ROCHA	MINERAIS	TEXTURA/ESTRUTURA	CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS	PROTÓLITO
ARA-RCS-02 B	plg (50%), qtz(20%), mcr (10%), bt (12%), hbl (8%), tit (1%), ap, zr.	Granoblástica inequigranular, maciça.	- Plagioclásio com geminação polissintética por vezes incompleta. - Hornblenda fraturada de pleocroísmo verde musgo. - Biotita em curtas plaquetas cor de palha. - Titanita euédrica bem desenvolvida.	Granodiorito
CF-RCS-03B	mcr (28%), qtz (28%), plg (28%), bt (8%), hbl (6%), ap, zr.	Granoblástica, inequigranular, granulação média a grossa e leve orientação das biotitas.	- Quartzo com extinção ondulante, anédrico. - Feldspatos anédricos, sericitizados, textura mirmequítica. - Hornblenda anédrica e fraturado; - Biotita em curtas palhetas cor de palha.	Monzogranito
CF-RCS-06D	mcr (57%), plg (15%), qtz (15%), hbl (10%), bt (3%), ap, tit.	Porfiroblástica de granulação média a grossa, foliada.	- Félsicos anédricos com extinção ondulante, fraturados. - Biotita alongada de pleocroísmo verde pálido - Hornblenda verde oliva anédrica a subédrica, fraturada.	Qtz-sienito
CF-RCS-06A	plg (35%), qtz (35%), mcr (20%), bt (5%), hbl (5%), ap, tit.	granoblástica, bandada	- Alternam bandas máficas e felsicas. Biotitas em palhetas alongadas, verde pálida, a amarronzadas nos cristais maiores; Anfibólios de aparência anédrica e fraturados de coloração verde oliva - Quartzo anédricos e extinção ondulante, bem sericitizados pelas fraturas.	monzogranito
FB-SC-08A	plg (36%), qtz (26%), mcr (16%), bt (11%), hbl (11%), tit, zr, ap, ep.	Granolepidoblástica inequigranular. Orientação mineral formando foliação.	- Minerais felsicos anédricos, recristalizados, extinção ondulante e intercrescimento mirmequitico. - Feldspatos caolinizados. - Hornblenda em prismas curtos, anédricos, de pleocroísmo verde oliva, parcialmente cloritizada; - Plaquetas de biotita marrom, anédrica, alongada e orientada, parcialmente cloritizada.	Granodiorito
FB-SC-08B	mcr (43%), plg (21%), qtz (21%), hbl (8%), bt (7%), oxf, cb, ap, ser.	Granoblástica, inequigranular com predominância de grossos, maciça.	- Minerais félsicos anédricos, feldspatos sericitizados alguns com intercrescimento mirmequitico; quartzo recristalizado e com extinção ondulante. - Hornblenda anédrica fraturada, parcialmente cloritizada, de pleocroísmo verde oliva. - Biotita em curtas plaquetas de cor marrom. - Minerais secundários: fase opaca, carbonato e clorita.	Granito
FB-SC-08E	plg (30%), qtz (30%), hbl (12%), mcr (10%), bt (8%).	Granoblástica, inequigranular com predomínio de grãos médios. Sem estruturas orientadas.	- Microclina em porfiros euédricos, não deformados. - Quartzo anédrico - Plagioclásio com geminação polissintética incompleta, intercrescimento mirmequitico, sericitizado. - indícios de metamorfismo em extinção ondulante de qtz.	Granodiorito

Para abreviaturas minerais ver anexo 4

2.2) LEUCOGNAISSE

Consiste de um ortognaisse leucocrático a hololeucocrático, granoblástico, maciço, de granulação média, encontrado no afloramento de estrada do ponto 3 e nas pedreiras próximas a São Pedro d’Aldeia (pontos 4, 5 e 6 deste trabalho). Esta rocha apresenta composição granítica, segundo classificação de Streckeisen (1976) (figura 12). A reduzida quantidade de máficos (<6%) e ausências de lineações de estiramentos conferem à rocha uma textura homogênea e estrutura maciça, sugerindo menor deformação aparente (figura 17).



Figura 17 - Leucognaisse na porção superior; hbl-talco gnaisse na porção inferior. Contato bem definido. Via Lagos, Km46. Ponto 3.

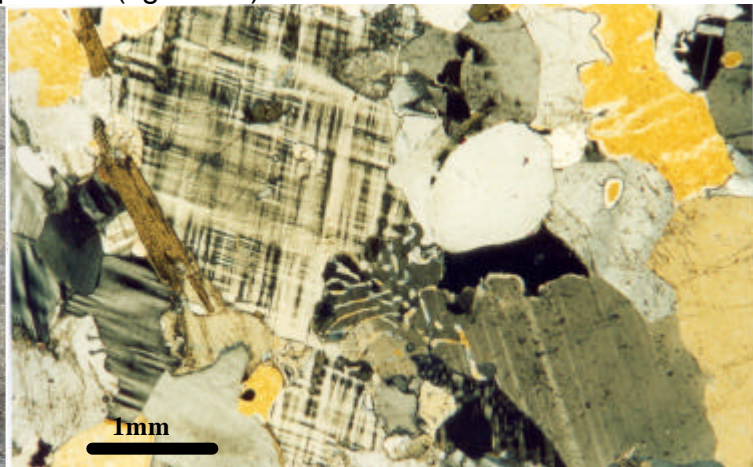


Figura 18 – Leucognaisse com predomínio de minerais félsicos anédricos. Textura mirmequítica ao centro. Nicóis cruzados. Amostra CF-RCS-05C.

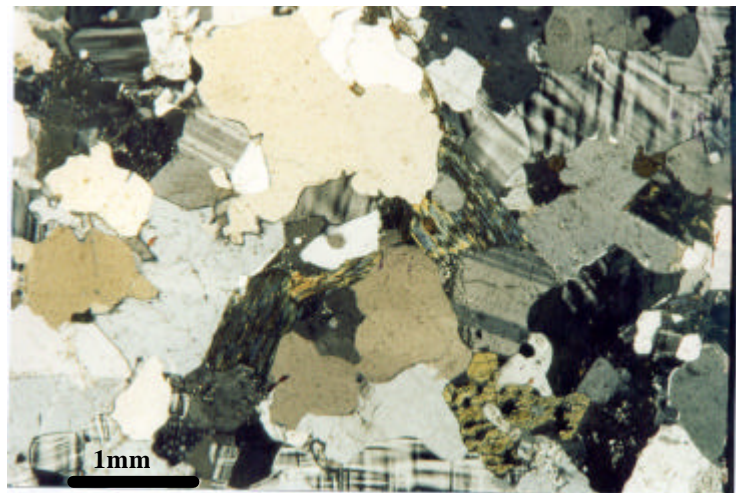


Figura 19 – Textura granoblástica maciça, minerais subédricos. Notar cloritização de hornblenda. Nicóis cruzados. Amostra CF-RCS-06C.

Na análise microscópica, o leucognaisse revela grãos félsicos anédricos e fraturados, por vezes com extinção ondulante ou recristalizados (figura 18 e 19). Apresenta grande proporção de microclina (40 a 68%), por vezes pertítica a micropertítica comumente sericitizada. Grãos de quartzo anédricos constituem de 20

a 38% do volume da rocha e apresentam comumente extinção ondulante. O plagioclásio, que perfaz de 9 a 22% do volume da rocha, foi classificado como oligoclásio pelo método de Michel-Levy e seus grãos encontram-se parcialmente sericitizados ao longo de bordas e fraturas e com feições mirmequíticas (figura 18). Os minerais máficos são representados por biotita e hornblenda (<6%), com predominância da primeira, em curtas plaquetas, de pleocroísmo verde-pálido e ligeiramente orientadas. A hornblenda ocorre em grãos anédricos e fraturados, por vezes parcialmente cloritizada (figura 19). Como acessórios, foram identificados titanita, apatita e zircão, os dois últimos como inclusões em quartzo e feldspato.

Tabela 5 - Dados petrográficos do leucognaisse

LEUCOGNAISSE				
AMOSTRA	MINERAIS	TEXTURA/ESTRUTURA	CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS	PROTÓLITO
CF-RCS-04 A	mcr (50%), qtz (38%), plg (9%), bt (3%), ap, tit, ap, ser, zr, hbl	Granoblástica de granulação média, maciça.	- Microclina e quartzo, anédricos, fraturados, com extinção ondulante. Plagioclásio, apresenta geminação polissintética; - Bt c/ pleocroísmo verde pálido a amarronzado; - Feldspatos sericitizados; - Orientação mineral pouco definida.	Granito
CF-RCS-04C	mcr (68%), qtz (20%), plg (10%), bt (3%), hbl (2%), ap, zr, cl	Granoblástica, de granulação média, estrutura maciça.	- Minerais félsicos muito fraturados, c/ extinção ondulante. Alguns veios de minerais félsicos recristalizados - Poucos máficos (hbl e bt) em maior grau de alteração (parcialmente cloritizados).	Granito
CF-RCS-05 A	mcr (40%), qtz (40%), plg (14%), BT (6%), zr, ap, oxf, ser.	Granoblástica, foliada.	- Minerais félsicos anédricos e fraturados; - Biotita de pleocroísmo verde musgo, levemente orientada; - Sericitização nos feldspatos.	Granito
CF-RCS-05C	mcr (40%), qtz (35%), plg (20%), bt (3%), hbl (2%), ap, tit, zr, ser, oxf.	Granoblástica de granulação média, maciça.	- Minerais félsicos anédricos e c/ extinção ondulante - Textura mirmequítica em alguns grãos de plagioclásio; - Sericitização pelas fraturas dos feldspatos; - Biotita em curtas plaquetas de cor verde pálida; - Hornblenda verde oliva, anédrica e fraturada.	Granito
CF-RCS-06C	mcr (45%), qtz (30%), plg (22%), hbl (3%), bt (0,5), zr, ap, ser, tit, op.	Granoblástica, granulação média, maciça.	- Minerais félsicos anédricos, recristalizados e c/ extinção ondulante; - Hornblenda parcialmente cloritizada.	Granito/Monzogranito

Para abreviaturas minerais ver anexo 4

2.3) BIOTITA GNAISSE

Consiste de um ortogneisse granoblástico de granulação média a grossa, em geral, com maior proporção de plagioclásio em relação ao feldspato alcalino. Grãos de biotita compõem a fase máfica principal. Esse litotipo ocorre na Pedreira de Araruama (ponto 1), na Pedreira Campo Redondo (ponto 2) e na Praia do Forte. Tem composição monzogranítica, com exceção da amostra FB-SC-07C, de composição tonalítica (figura 12). Apresenta orientação mineral paralela à foliação regional subhorizontal.

Os grãos de quartzo (31-42%) são anédricos, fraturados, com extinção ondulante e, por vezes, recristalizados. O plagioclásio (25-52%) é do tipo oligoclásio, anédrico a subédrico, com geminação polissintética, por vezes em duas direções e intercrescimento mirmequítico. A microclina (20-32%) ocorre em grãos anédricos a subédricos, geminados e parcialmente sericitizados. A fase máfica é representada por biotita (4-17%) de pleocroísmo ocre, que ocorre em plaquetas subédricas curtas a alongadas, orientadas na foliação da rocha. Dentre os acessórios mais comuns, estão hornblenda, titanita, apatita e zircão. Carbonato, sericita e óxido de ferro são as fases minerais secundárias.

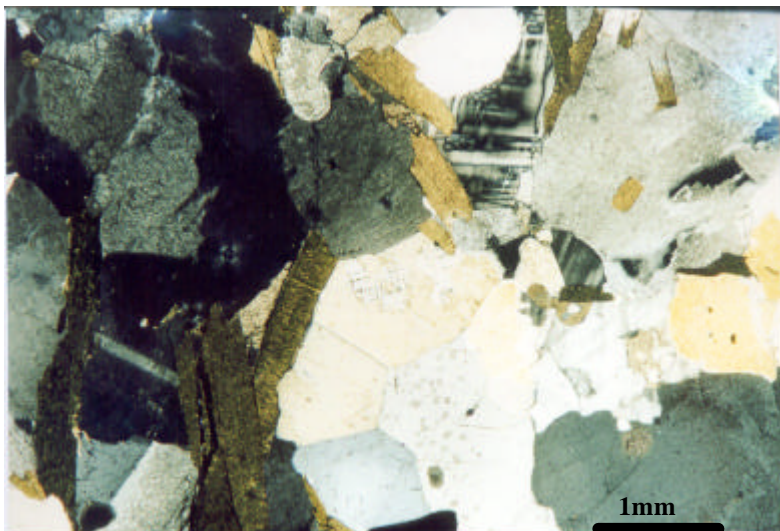


Figura 20 - *Biotita gnaisse com feldspatos subédricos e textura granoblástica, maciça. Nicói cruzados. Amostra CF-RCS-ARA 01.*

Tabela 6 - Dados petrográficos do bt gnaisse

BT-GNAISSE				
AMOSTRA	MINERAIS	TEXTURA/ESTRUTURA	CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS	PROTÓLITO
ARA-RCS-01	qtz(42%), plg (25%), mcr (20%), bt (12%), hbl, tit, ap, zr, cb.	Granoblástica, granulação média a grossa, maciça. Biotita levemente orientada.	<ul style="list-style-type: none"> - Minerais anédricos e orientados. - Quartzo com extinção ondulante; - Feldspatos caolinizados; plagioclásio com intercimento mirmequítico. - Biotita ocre, alongada e orientada. - Plagioclásio com geminação polissintética por vezes incompleta; - Carbonat o secundário. 	Monzogranito
CF-RCS-06B	mcr (32%), plg (32%), qtz (32%), bt (4%), zr, ap.	Granoblástica. Orientação incipiente.	<ul style="list-style-type: none"> - Felsicos anédricos com extinção ondulante, fraturados. - sericitização pelas fraturas - Bt subédricos em curtas palhetas de pleocroísmo verde pálido a negro 	Monzogranito
FB-SC-07C	plg (52%), qtz (31%), bt (17%), zr, ap, oxf.	Granolepidoblástico inequigranular com predomínio de cristais grandes. Minerais anédricos em geral.	<ul style="list-style-type: none"> - Plagioclásio com polissintética por vezes cruzadas, fraturado; - Quartzo fraturado, recristalizado, com extinção ondulante; - Biotita em plaquetas curtas de pleocroísmo ocre; - Sericitização nos feldspatos; óxido/hidróxido de ferro pelas fraturas. 	Tonalito

Para abreviaturas minerais ver anexo 4

3) RELAÇÃO ENTRE OS ORTOGNAISSES E ALGUMAS UNIDADES DO DOMÍNIO TECTÔNICO CABO FRIO

3.1) ORTOANFIBOLITOS

São rochas metabásicas, cuja composição homogênea, mineralogia e principalmente, associações com outras rochas metaígneas (ortognaisses) sugerem sua derivação magmática. As formas tabulares de algumas ocorrências reforçam a interpretação de que seus protólitos são diques máficos encaixados nos ortognaisses, atualmente deformados segundo a orientação regional da encaixante. Também ocorrem como enclaves centimétricos a decimétricos, angulosos ou alongados, aparentemente digeridos, além de corpos métricos boudinados e diques dobrados menos deformados.

Neste estudo esta unidade foi dividida em dois subtipos com base em características de campo, semelhanças petrográficas, composição e proporção mineralógica descritos a seguir.

3.1.1) BIOTITA ANFIBOLITO

Constitui rocha metabásica mesocrática de textura granoblástica, em geral equigranular, de granulação média, com orientação mineral marcante. As palhetas de biotitas formam foliação na maioria das amostras analisadas (figuras 21 e 22). Facilmente distinguível da matriz gnáissica, ocorrem sob a forma de corpos tabulares escuros (como nas pedreiras de São Pedro d'Aldeia) paralelos à foliação da rocha (figura 21) e enclaves métricos (figura 23) a decimétricos, em diferentes graus de deformação.

Dentre os minerais félsicos, apresenta elevada quantidade de plagioclásio (44 a 63%) e reduzida proporção de quartzo (5 a 8%); K-feldspato é raro. O plagioclásio é andesina e apresenta-se subédrico a anédrico, fraturado, com geminações polissintéticas, por vezes cruzadas, localmente com feições mirmequíticas.

Os minerais máficos são representados por hornblenda (10-30%) e biotita (12-24%). Cristais de biotita de pleocroísmo cor de palha a marrom escuro apresentam-se em plaquetas alongadas, cuja orientação mineral marca a foliação da rocha. Hornblenda de pleocroísmo verde oliva a verde musgo apresenta-se em grãos subédricos a anédricos e fraturados. A titanita (0,5 a 2%), euédrica a subédrica, ocorre, por vezes, bordejando minerais opacos (figura 24). Como

acessórios ocorrem ainda, zircão e apatita como inclusões em plagioclásio e hornblenda. As fases secundárias são sericita (em fraturas e bordas de plagioclásios), carbonato e clorita (em fraturas, clivagens e bordas de máficos).



Figura 21 - Corpo anfibolítico tabular paralelo à foliação regional e incluso no ortogneisse. Ponto 4.

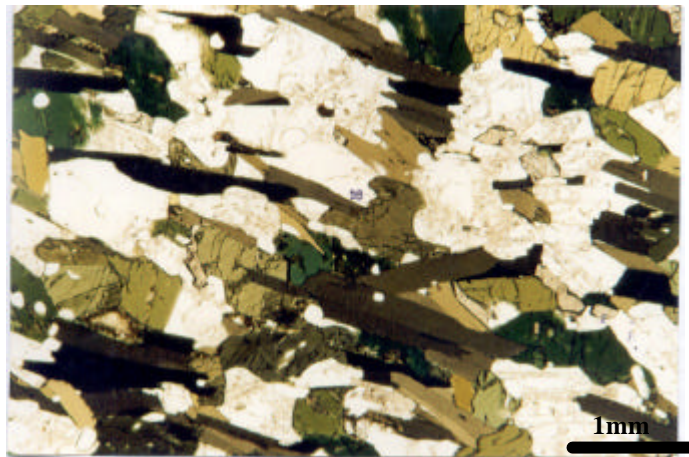


Figura 22 – Aspecto geral do biotita anfibolito. Textura granoblástica com orientação mineral. Luz natural. Amostra CF-RCS-04B.

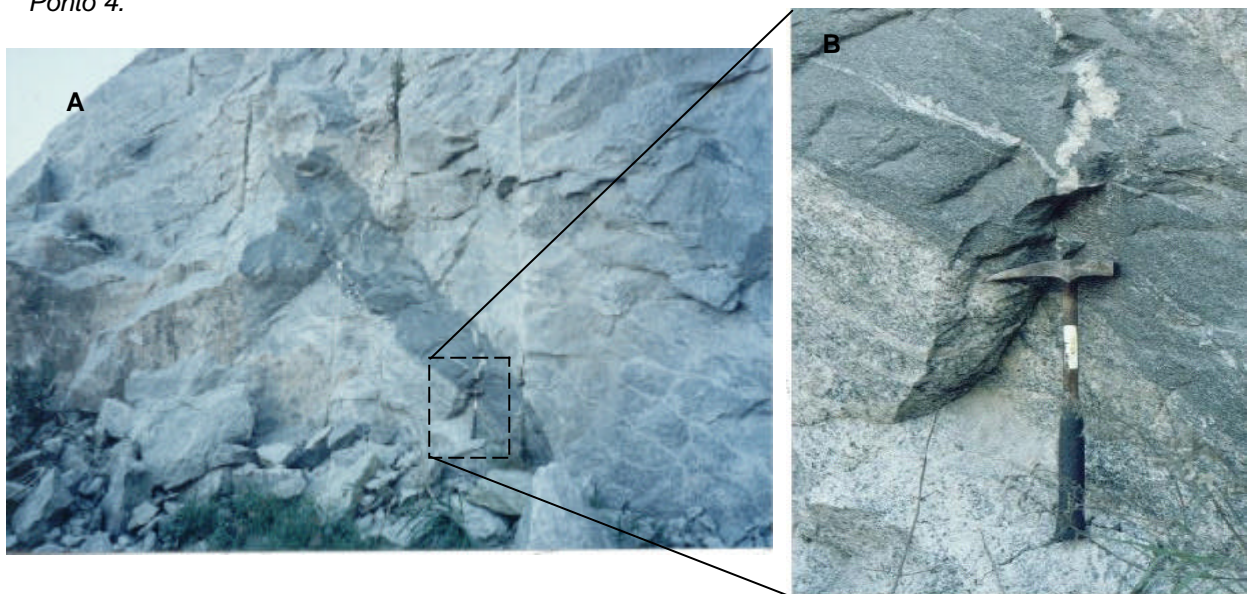


Figura 23 (a) (b) - Detalhe do hbl-bt gnaissse em contato com enclave métrico de anfibolito. Ponto 6.

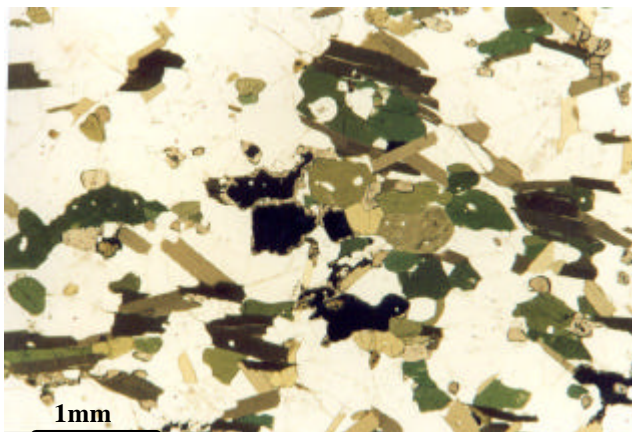


Figura 24 – Textura granoblástica com leve orientação mineral. Minerais opacos com bordas de titanita. Luz natural. Amostra CF-RCS-06G.

Tabela 7 - Dados petrográficos do bt anfibolito.

BT-ANFIBOLITO				
AMOSTRA	MINERAIS	TEXTURA/ESTRUTURA/MORFOLOGIA	CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS	PROTÓLITO
CF-RCS-04B	plg (44%), hbl (24%), bt (24%), qtz (5%), tit (1%), ap, ser, zr, op, oxf, cb.	Granoblástica, foliada. Corpo tabular.	- Plagioclásio anédrico a subédrico c/ geminação polissintética incompleta e Carlsbad; sericitização pelas clivagens e fraturas; - Biotita em plaquetas alongadas fortemente orientadas; - Hornblenda verde oliva, anédrica a subédrica; - Titanita e apatita euédricas e zircão como inclusões em plagioclásios e hornblendas.	Rocha básica
CF-RCS-05B	plg (52%), hbl (22%), bt (20%), qtz (5%), tit (0,5%), ser (0,5%), zr, ap, cb, mcr.	Granoblástica, foliada; granulação média. Corpo tabular.	- Plagioclásio com extinção ondulante, parcialmente sericitizado ao longo de fraturas. Veios de material carbonático. - Biotita alongada, de forte pleocroísmo cor de palha a marrom escuro; - Hornblenda verde oliva anédrica a subédrica, fraturada.	Rocha básica
CF-RCS-05D	plg (63%), bt (17%), hbl (10%), qtz (8%), tit (2%), zr, ap, ser, cb, mcr.	Granoblástica. Granulação média, foliada. Forma de enclave.	- Plagioclásio, alguns sericitizados, textura mirmequítica. - Bt alongadas, cor de palha a marrom escuro; - Hornblenda verde oliva anédrica a subédrica; - Titanita subédrica.	Rocha básica
CF-RCS-06G	hbl (30%), plg (30%), bt (19%), qtz (19%), tit (2%), ap.	Granoblástica, equigranular, granulação média, maciça. Enclave métrico,	- Hornblenda anédrica de pleocroísmo verde oliva; - Biotita verde pálida alongada e orientação incipiente. - Titanita anédrica de tamanhos variados. Minerais opacos com coronas de titanita; - Quartzo e plagioclásio fraturados anédricos. - Pouca sericitização pelas fraturas de plg e hbl. - Injeção de leucogranito discordante.	Rocha básica
FB-SC-08C	plg (60%), hbl (25%), bt (12%), qtz, mcr, tit, zr, ap.	Granoblástica, inequigranular com predomínio de grossos. Enclave alongado.	- Hornblenda anédrica de pleocroísmo verde oliva a verde musgo; - Plagioclásio com duas geminações polissintéticas por vezes incompletas e cruzadas; - Biotita em plaquetas ligeiramente orientadas de pleocroísmo ocre.	Rocha básica
FB-SC-08D	plg (42%), qtz (25%), bt (20%), hbl (12%), tit, zr, op, cl.	Granoblástica de granulação média, foliada. Enclave anguloso.	- Félsicos recristalizados com extinção ondulante; plagioclásio com polissintéticas incompletas. - Máficos orientados; hornblenda verde musgo e biotita cloritizada; - Minerais opacos euédricos.	Rocha básica

Para abreviaturas minerais ver anexo 4

3.1.2) HORNBLENDA ANFIBOLITO

Este anfibolito aflora sob a forma de *boudins* (figura 25) e diques dobrados (figura 26) no forte São Mateus e como enclaves na Praia das Conchas (figura 27).

Constitui uma rocha metabásica, mesocrática a melanocrática, equigranular a inequigranular, de granulação média a grossa, e estrutura maciça (figuras 28, 29 e 30).

Os enclaves da Praia das Conchas, inseridos neste item por critérios mineralógicos e texturais, parecem parcialmente digeridos pelo granitóide encaixante, apresentando formas angulosas e alongadas (figura 27). Este fato sugere a possibilidade de, no Complexo Região dos Lagos, ocorrerem anfibolitos mais velhos que os ortognaisses e os demais ortoanfibolitos. Nota-se ainda que estes enclaves contém maior proporção de plagiocásios.



Figura 25 -Clinopiroxênio anfibolito sob a forma de boudin de dimensões métricas, encaixado no hbl-bt gnaisse. Forte São Mateus. Ponto 7



Figura 26 - Dique dobrado incluído em hbl-bt gnaisse no Forte São Mateus. Ponto 7.

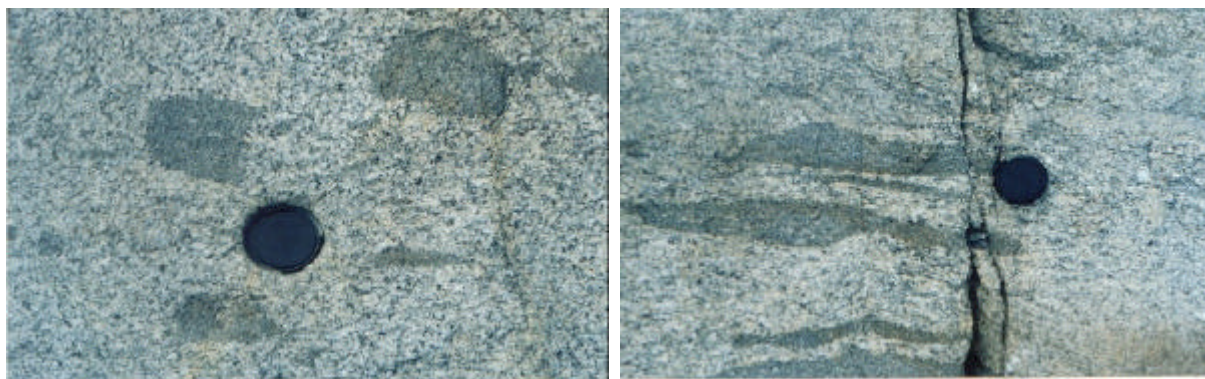


Figura 27 – Enclaves angulosos (esquerda) e alongados (direita) na Praia das Conchas. Ponto 8.

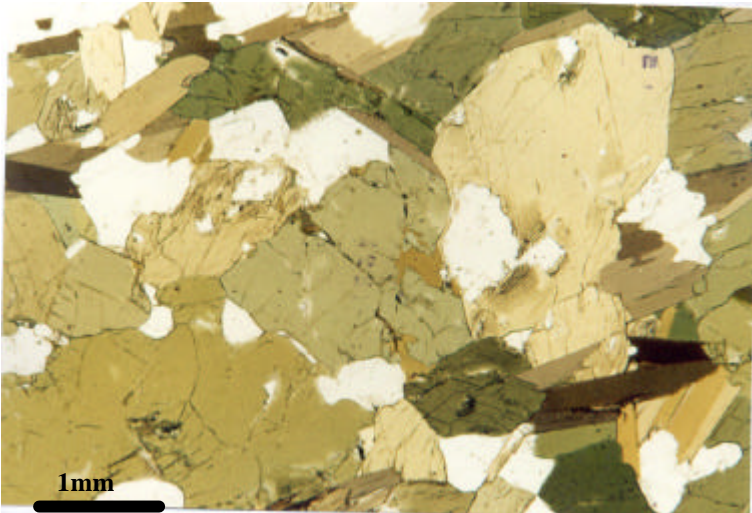


Figura 28 - Rocha de textura granoblástica, maciça, com minerais subédricos. Ao centro, hornblenda parcialmente substituída por biotita, indicando retrometamorfismo. Luz natural. Amostra FB-SC-07B.

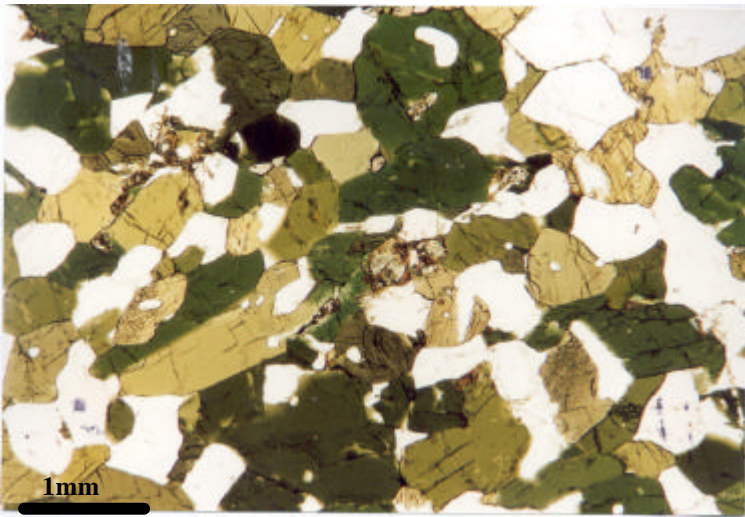


Figura 29 – Rocha de textura granoblástica, maciça. Clinopiroxênio parcialmente substituído por hornblenda indicando retrometamorfismo. Luz natural. Amostra FB-SC-07 A.

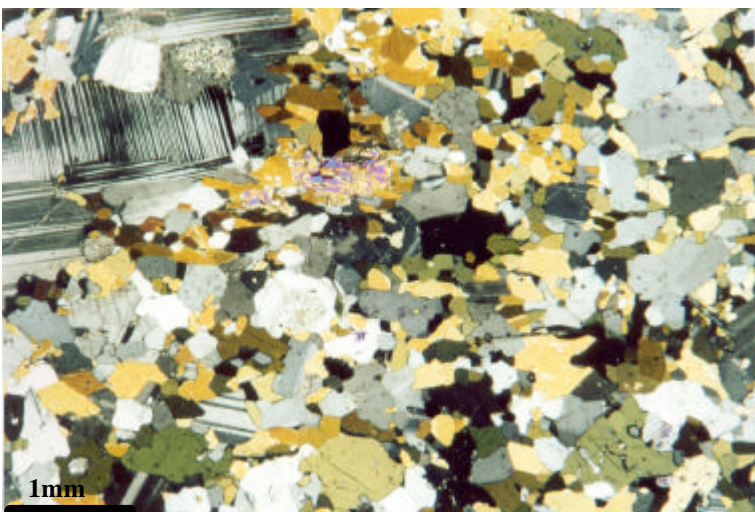


Figura 30 – Rocha granoblástica inequigranular maciça. Notar porfiroblasto de plagioclásio. Clinopiroxênio ao centro com retrometamorfismo para hornblenda. Nicol cruzado. Amostra FB-SC-08F.

Este anfíbolito tem composição mais básica em relação ao biotita anfíbolito, com conteúdo de hornblenda variando entre 40 e 60%, e pequenas ocorrências de clinopiroxênio (diopsídio) chegando a 1%.

A hornblenda é subédrica, fraturada e, por vezes, parcialmente substituída por biotita, sugerindo processo retrometamórfico. A biotita aparece apenas na amostra FB-SC-07B em grande quantidade (20%), em plaquetas alongadas de pleocroísmo ocre ou em minerais anédricos secundários oriundos de retrometamorfismo (figura 28). Os poucos grãos de diopsídio são anédricos e fraturados, normalmente ocorrem isolados, podendo ser relicto de textura ígnea, e encontram-se parcialmente substituídos por hornblenda (figura 29).

Os grãos de plagioclásio (25-50%), subédricos a anédricos, apresentam geminação polissintética, por vezes incompletas e em duas direções, e Carlsbad. O quartzo é anédrico a subédrico e seu percentual varia de 5 a 8%.

Outros acessórios são titanita, minerais opacos, zircão e apatita.

3.2) SEQUÊNCIA SUPRACRUSTAL

A área estudada apresenta três setores referentes à seqüência supracrustal (anexo 1) que fazem contato com os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos: a leste, na região de Búzios; ao centro, na Serra do Sepiatiba, e a oeste, na Serra do Palmital. Machado e Demange (1990) afirmaram que as serras do Sepiatiba e do Palmital são janelas estruturais, as quais expõem em suas porções centrais as unidades supracrustais, exibindo contato tectônicos com as rochas granitóides, através de zonas de cisalhamento de baixo ângulo (figura 6).

Os litotipos ocorrem metamorfisados em fácies anfíbolito alto até granulito. Na região de Búzios, constituem sucessões com no mínimo 500m de espessura, que, apesar da deformação intensa, preservam uma laminação e/ou bandamento composicional que refletem uma estratificação primária exibindo a variação composicional de seus protólitos. Diferencia-se quatro litofácies principais: 1) cianita-sillimanita gnaisses associados às camadas de granada-gnaisses; 2) granada-diopsídio-anfíbolitos e anfíbolitos, cujos protólitos seriam, respectivamente, pelitos e lavas máficas; 3) rochas calcissilicáticas; e 4) sillimanita gnaisses, com alternâncias de camadas metapelíticas e metapsamíticas, interpretados como de origem turbidítica (Schmitt *et al.*, 2000).

Tabela 8 - Dados petrográficos do hbl anfibolito.

HBL-ANFIBOLITO				
ROCHA	MINERAIS	TEXTURA/ESTRUTURA	CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS	PROTÓLITO
FB-SC-07A	hbl (60%), plg (30%), qtz (5%), tit, ap, zr, cpx, ep.	Granoblástica, equigranular de granulação média e maciça.	- Hornblenda subédrica, fraturada, de pleocroísmo verde oliva; - Plagioclásio anédrico, com geminação polissintética completa; - Quartzo anédrico. - Clinopiroxênio anédrico, fraturado, passando para anfibólio.	Rocha básica
FB-SC-07B	hbl (50%), plg (25%), bt (20%), qtz (5%), tit, ap, zr, cpx.	Granoblástica, equigranular, grossa, maciça.	- Orientação mineral incipiente. - Hornblenda subédrica a anédrica, fraturada; - Plagioclásio com geminação polissintética por vezes incompletas e cruzadas; - Biotita de pleocroísmo ocre, em plaquetas alongadas, por vezes nas bordas e/ou em clivagens de hornblenda.	Rocha básica
FB-SC-08F	plg (50%), hbl (40%), qtz (8%), cpx (1%), op (1%), ap, cl, zr.	Granoblástica, inequigranular, maciça.	- Plagioclásio com geminação polissintética, por vezes incompletas e cruzadas e Carlsbad, parcialmente sericitizado; - Hornblenda anédrica e fraturada. - Clinopiroxênio anédrico, fraturado, passando para anfibólio.	Rocha básica

Para abreviaturas minerais ver anexo 4

IV. GEOQUÍMICA DOS ORTOGNAISSES DO COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS

1) INTRODUÇÃO

Na literatura, a abordagem geoquímica dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, foi constatada apenas no trabalho de Fonseca (1993), através de análise de elementos maiores de três amostras. Embora se tenha relacionado estes ortognaisses, a uma série metaluminosa cálcioalcalina de alto-K, a referida autora alegou problemas na análise dos álcalis.

Com o intuito de caracterizar geoquimicamente os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos de uma forma mais abrangente, foram realizadas dez análises químicas de rocha total (elementos maiores e traços, incluindo os terras raras), englobando os três tipos petrográficos identificados. Os métodos utilizados para análise estão explicitados no anexo 2.

Das amostras selecionadas para geoquímica, quatro são de hornblenda-biotita-gnaiss, duas do biotita-gnaiss, e quatro do leucognaiss. Os dados geoquímicos estão apresentados na tabela 9. A partir da tabela e em concordância com a análise petrográfica modal verifica-se que as amostras de rochas intermediárias compõem o hornblenda-biotita gnaiss (SiO_2 entre 61 e 65%), enquanto que as amostras ácidas constituem os biotita-gnaiss e leucognaiss (SiO_2 entre 65 e 75%).

Para o estudo geoquímico, foram evitados as amostras afetadas por migmatização intensa e os domínios deformados.

2) QUALIDADE DAS ANÁLISES

A abordagem geoquímica desta unidade se iniciou com uma análise cuidadosa dos resultados analíticos para verificação da qualidade dos resultados.

Para todas as amostras, o fechamento das análises com totais entre 99,61 e 100,23% retrata a boa qualidade das mesmas, enquanto que o percentual de LOI (*lost on ignition* ou perda ao fogo), inferior a 0,55%, expressa o baixo grau de alteração das amostras (tabela 9).

Algumas amostras escolhidas aleatoriamente pelo *Activation Laboratories Ltd* (ACTLABS) foram utilizadas como monitores de precisão (CF-RCS-05A/R e CF-RCS-06D/PD – anexo3). Este procedimento consiste de análises repetidas para uma mesma amostra e comparação dos resultados obtidos. Para os ortognaisses

estudados, as amostras monitoras confirmaram uma boa precisão das análises químicas, apresentando resultados equivalentes.

Foi constatado ainda que, para as rochas graníticas, os padrões adotados pelo ACTLABS dão resultados equivalentes aos padrões internacionais, garantindo a acurácia das análises (anexo 3).

Tabela 9 - Composição química dos ortognaisses do CRL

amostra elemento		hbl-bt gnaisse			bt gnaisse		hbl-bt- gnais.	leucognaisse				
		CF RCS 06D	ARA RCS 02B	CF RCS 06A	ARA RCS 01	CF RCS 06B	CF RCS 03B	CF RCS 04A	CF RCS 05A	CF RCS 06C	CF RCS 05C	
SiO2	%	61,11	62,25	64,31	64,82	67,91	69,96	70,59	70,95	71,44	74,26	
Al2O3	%	15,91	16,73	15,57	16,67	14,92	14,76	14,98	14,59	14,69	13,25	
Fe2O3	%	7,08	5,34	5,61	4,44	4,4	2,88	2,12	2,59	2,17	1,81	
MnO	%	0,178	0,101	0,122	0,066	0,119	0,047	0,028	0,049	0,036	0,027	
MgO	%	1,76	2,2	1,47	1,6	1,16	0,85	0,52	0,72	0,47	0,27	
CaO	%	4,68	4,36	3,95	3,63	3,15	2,3	2,07	2,29	2,38	1,84	
Na2O	%	4,08	4,49	4,16	5	4,16	3,43	3,67	3,5	3,67	3,07	
K2O	%	3,63	2,98	3,18	2,25	2,98	4,57	5,11	4,73	4,48	4,96	
TiO2	%	1,057	0,695	0,882	0,695	0,696	0,343	0,399	0,34	0,335	0,257	
P2O5	%	0,32	0,23	0,25	0,23	0,2	0,12	0,09	0,1	0,06	0,05	
LOI	%	0,44	0,32	0,44	0,37	0,39	0,34	0,55	0,2	0,28	0,36	
TOTAL	%	100,23	99,69	99,94	99,77	100,08	99,61	100,11	100,07	100	100,15	
V	ppm	65,22	85,03	72,90	63,67	48,85	34,51	25,38	31,83	14,46	14,81	
Cr	ppm	nd	26,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Co	ppm	8,98	14,11	10,06	11,04	7,94	4,74	2,93	4,17	2,52	1,42	
Ni	ppm	nd	33,92	43,87	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
Cu	ppm	30,83	48,71	49,06	24,33	19,07	nd	nd	nd	nd	nd	
Zn	ppm	93,45	80,52	86,50	60,63	58,98	32,01	33,68	37,35	nd	nd	
Ga	ppm	18,52	24,29	20,14	25,22	18,55	14,94	16,75	17,58	15,98	13,86	
Ge	ppm	1,20	1,35	1,22	1,12	nd	nd	1,02	1,18	nd	1,77	
Rb	ppm	51,60	130,28	70,91	86,32	78,28	68,38	95,60	105,25	79,95	84,02	
Sr	ppm	356,55	373,84	418,10	613,90	359,24	447,56	480,97	446,10	412,38	405,55	
Y	ppm	43,65	31,48	24,60	15,05	23,99	6,88	11,17	18,75	10,87	11,58	
Zr	ppm	267,29	270,30	227,38	359,55	200,98	126,93	265,02	196,03	144,08	184,05	
Nb	ppm	14,67	20,18	10,91	14,05	10,63	5,36	7,07	11,18	6,38	7,49	
Sn	ppm	3,66	5,02	3,13	1,81	1,64	nd	1,46	2,04	1,17	1,07	
Cs	ppm	nd	1,81	0,96	0,59	1,19	nd	1,01	0,91	0,58	0,96	
Ba	ppm	1110,00	420,74	1200,00	547,46	936,97	1230,00	1830,00	1520,00	1420,00	1440,00	
Hf	ppm	6,61	6,70	5,40	8,75	4,70	3,05	6,30	4,56	3,75	5,23	
Ta	ppm	1,08	1,65	0,62	0,88	0,87	0,22	0,51	0,84	0,43	0,69	
Tl	ppm	0,21	0,52	0,29	0,29	0,27	0,19	0,38	0,30	0,24	0,45	
Pb	ppm	15,34	15,58	17,54	8,64	15,42	10,80	24,39	16,82	11,40	18,78	
Th	ppm	16,48	24,72	11,12	30,06	13,73	13,26	21,45	17,09	18,71	15,72	
U	ppm	1,23	3,09	1,39	1,21	2,64	0,47	1,01	1,36	0,78	0,96	
La	ppm	45,06	68,75	46,90	111,30	36,30	80,82	73,98	43,97	67,58	38,76	
Ce	ppm	82,55	127,12	82,04	202,26	66,25	141,23	131,03	81,85	109,93	73,83	
Pr	ppm	9,13	13,58	8,76	20,76	6,97	13,88	13,75	8,66	10,03	8,05	
Nd	ppm	38,01	50,38	35,44	73,96	27,24	47,66	49,38	32,32	33,09	31,61	
Sm	ppm	7,76	8,12	6,20	9,74	4,65	5,51	7,24	4,95	3,98	5,04	
Eu	ppm	1,90	1,21	1,71	1,84	1,31	1,09	1,38	1,10	0,97	1,07	
Gd	ppm	6,98	5,64	4,68	5,33	3,67	3,00	4,48	3,15	2,46	3,11	
Tb	ppm	1,31	0,87	0,78	0,62	0,62	0,32	0,57	0,47	0,38	0,43	
Dy	ppm	8,03	4,82	4,55	2,98	3,88	1,50	2,64	2,74	1,95	2,23	
Ho	ppm	1,63	0,99	0,89	0,51	0,86	0,25	0,41	0,59	0,38	0,41	
Er	ppm	4,81	3,20	2,64	1,50	2,94	0,73	1,14	1,99	1,14	1,33	
Tm	ppm	0,71	0,57	0,36	0,20	0,51	0,09	0,13	0,35	0,15	0,20	
Yb	ppm	4,14	3,74	2,22	1,31	3,42	0,53	0,80	2,41	0,97	1,29	
Lu	ppm	0,56	0,57	0,32	0,20	0,56	0,07	0,10	0,36	0,13	0,19	
Yb _N		19,76	17,86	10,58	6,25	16,31	2,53	3,8199	11,49	4,64	6,14	
La _N		145,36	221,77	151,30	359,02	117,10	260,70	238,63	141,83	217,99	125,03	
(La/Yb) _N		7,36	12,42	14,30	57,47	7,18	103,24	62,64	12,35	46,97	20,36	
(La/Sm) _N		3,65	5,32	4,76	7,19	4,91	9,23	6,42	5,59	10,67	4,84	
(Sm/Lu) _N		2,31	2,35	3,18	8,16	1,38	12,92	11,81	2,29	4,91	4,49	
Eu _N /Eu*		0,79	0,54	0,97	0,78	0,96	0,82	0,74	0,85	0,94	0,82	

nd = não detectado

_N = normalizado

LOI=lost on ignition = perda ao fogo

ppm=parte por milhão

3) GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS MAIORES

Os ortognaisses do CRL têm composição granítica/monzogranítica e granodiorítica e pertencem à série subalcalina calcioalcalina como mostrado na figura 31.

A grande maioria das amostras ocupa a porção de alto-K no diagrama da figura 31-3, enquanto que duas amostras do biotita gnaisse projetam no campo de médio-K. Esses granitóides têm caráter metaluminoso (figura 31-4), o que está de acordo com os dados petrográficos (assembléia de minerais não aluminosos).

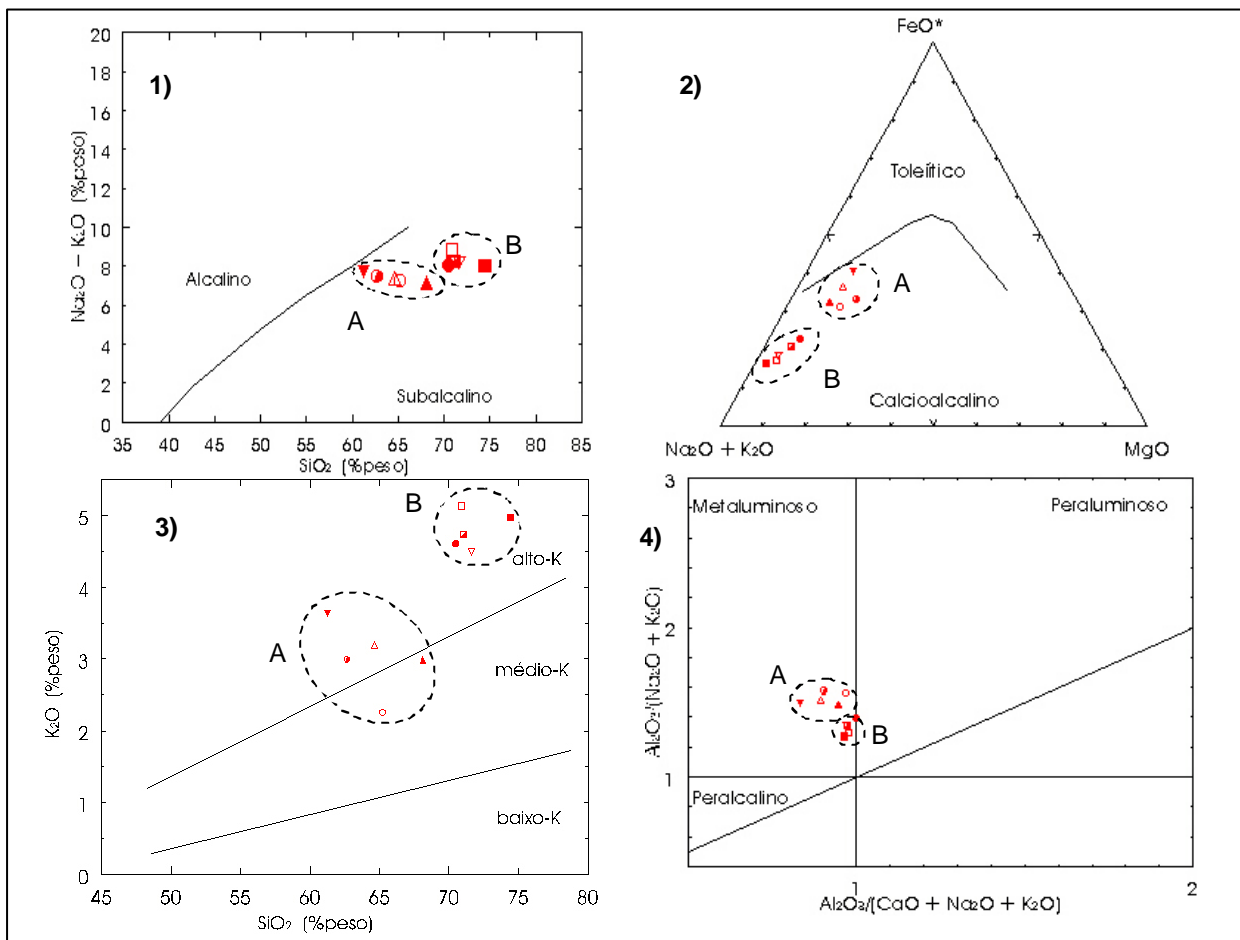


Figura 31 – Quatro diagramas classificatórios utilizados para os elementos maiores dos ortognaisses do CRL. Dois agrupamentos (A e B) ocorrem em todos os diagramas. Legenda dos símbolos estão na tabela 10.

1) Diagrama sílica x álcalis para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, com o limite entre os campos alcalino e subalcalino segundo Irvine & Baragar (1971).

2) Diagrama AFM para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, com limite entre os campos calcioalcalino e tholeiítico segundo Irvine & Baragar (1971).

3) Diagrama $K_2O \times SiO_2$, com limites extraídos de Le Maitre (1989), para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.

4) Caráter metaluminoso dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, com índice de Shand inferior a 1,0, segundo Maniar & Piccoli (1989).

Os diagramas da figura 31 mostram a existência de dois agrupamentos, com cinco amostras cada um (tabela 10): A) um grupo constituído de hbl-bt gnaisses e bt gnaisses, de caráter metaluminoso mais forte e menores teores de SiO₂, total de álcalis e K₂O, referente às rochas intermediárias; e B) grupo constituído de hbl-bt gnaisses ácido e leucognaisses, de caráter metaluminoso mais fraco e maiores teores de SiO₂, total de álcalis e K₂O, referente às rochas mais ácidas.

Tabela 10 - Agrupamentos segundo elementos maiores

Agrupamento A	Agrupamento B
○ ARA-RCS-01	● CF-RCS-03B
● ARA-RCS-02B	□ CF-RCS-04A
△ CF-RCS-06A	▣ CF-RCS-05A
▲ CF-RCS-06B	■ CF-RCS-05C
▼ CF-RCS-06D	▽ CF-RCS-06C

Foi feita uma análise dos diagramas de variação de Harker (figura 32), com materialização de duas linhas de tendência (uma linear e outra polinomial). Com base em regressões polinomiais e lineares, foram obtidos coeficientes de correlação R² para as amostras. O anexo 5 apresenta de forma detalhada o método de regressão utilizado.

A tabela 11 mostra os níveis de correlação a partir dos coeficientes R² para cada elemento.

Tabela 11 – Valores dos coeficientes de correlação R², obtidos por regressão, e seus respectivos níveis de significância, para os elementos maiores dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.

	LINEAR		POLINÔMIO	
	R ²	% SIGNIFICANCIA	R ²	% SIGNIFICÂNCIA
Al ₂ O ₃	0,7899	99 - 99,9	0,8478	99 - 99,9
Fe ₂ O ₃ ¹	0,9169	>99,9	0,9243	>99,9
MgO	0,9264	>99,9	0,9267	>99,9
CaO	0,9655	>99,9	0,9751	>99,9
Na ₂ O	0,6248	90 - 95	0,7344	95 - 99
K ₂ O	0,5949	90 - 95	0,6692	95 - 99
TiO ₂	0,8545	99 - 99,9	0,8552	99 - 99,9
n = 10 amostras				

Nota-se, através dos gráficos e valores de R² que, no geral as correlações são muito boas, com alto percentual de significância, porém melhores resultados foram obtidos para as regressões polinomiais que apresentaram valores mais elevados do que as lineares para todos os casos analisados.

As correlações polinomiais são diagnósticas de processo evolutivo de cristalização fracionada com mudança de assembléia fracionante. Já as correlações lineares são características de processos como mistura magmática e assimilação

simples, o que, provavelmente, não é o caso, em se tratando de rochas de composições similares (intermediárias a ácidas).

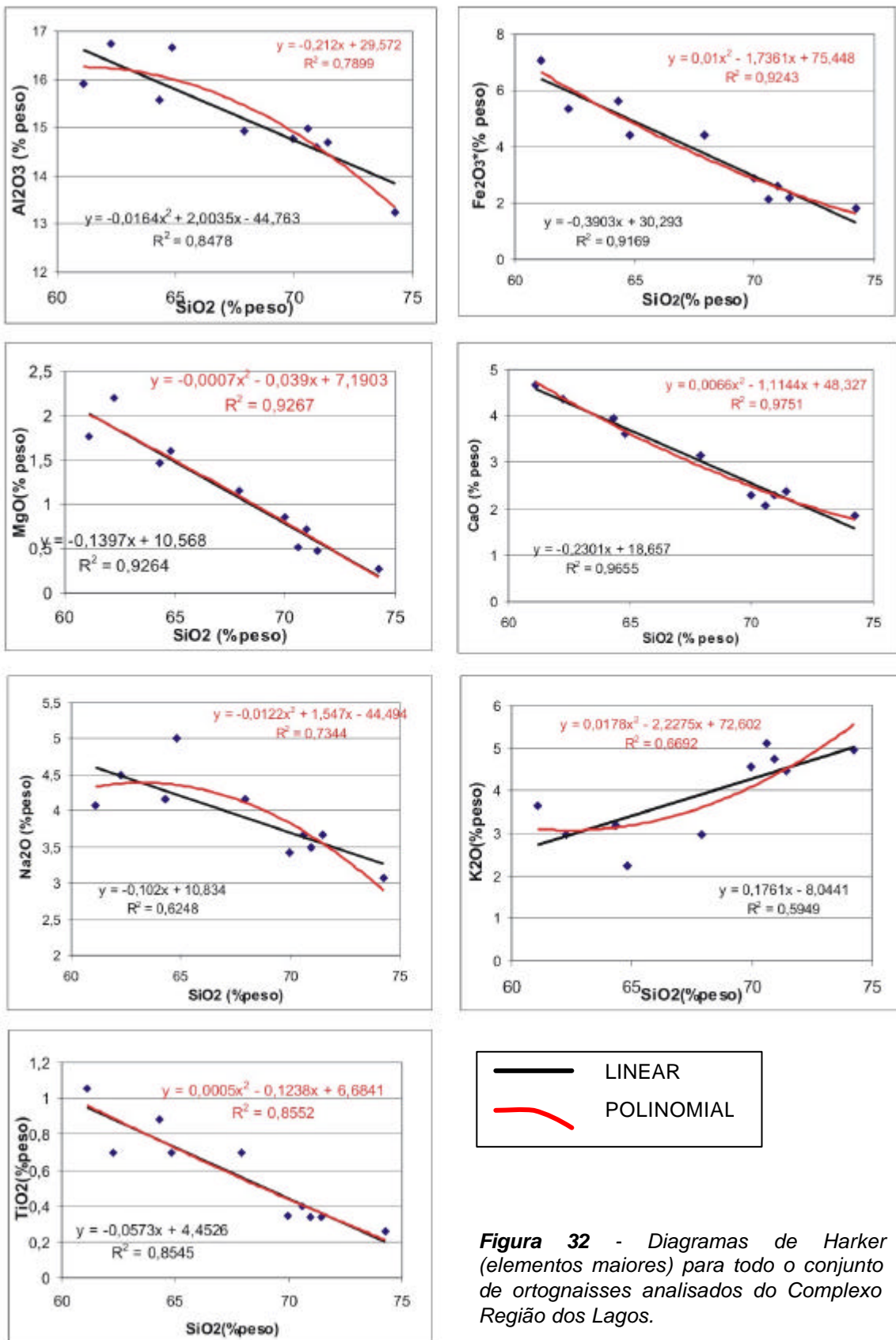


Figura 32 - Diagramas de Harker (elementos maiores) para todo o conjunto de ortognaisses analisados do Complexo Região dos Lagos.

4) GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS TRAÇOS

Dando prosseguimento à análise dos diagramas de Harker para os ortognaisses estudados, foram selecionados elementos traços com as seguintes características: dois elementos compatíveis (V e Co); dois elementos incompatíveis imóveis (Zr e Nb); e dois elementos incompatíveis móveis (Ba e Rb). As amostras foram plotadas para os referidos diagramas como mostra a figura 33, seguindo os mesmos critérios utilizados para os elementos maiores.

Na análise dos diagramas, observa-se que, assim como ocorrem para os elementos maiores, as correlações polinomiais apresentam-se mais significantes do que as lineares, reforçando a idéia de cristalização fracionada com mudança de assembléia fracionante.

O baixo nível de significância das correlações testadas, principalmente para os elementos incompatíveis móveis e imóveis (tabela 12) pode ser causado por possível falta de cogeneticidade entre algumas amostras, ou até mesmo por processos de alteração a que alguns desses elementos são mais susceptíveis.

Tabela 12 – Valores dos coeficientes de correlação R^2 obtidos por regressão, e seus respectivos níveis de significância, para os elementos maiores dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.

	LINEAR		POLINÔMIO	
	R^2	% SIGNIFICANCIA	R^2	% SIGNIFICANCIA
Co	0,8322	99 - 99,9	0,8503	99 - 99,9
V	0,8873	>99,9	0,894	>99,9
Zr	0,3868	<80	0,3868	<80
Nb	0,657	95 - 99,9	0,6925	95 - 99,9
Rb	0,0033	<<80	0,0052	<<80
Ba	0,4864	80 - 90	0,4904	80 - 90
n = 10 amostras				

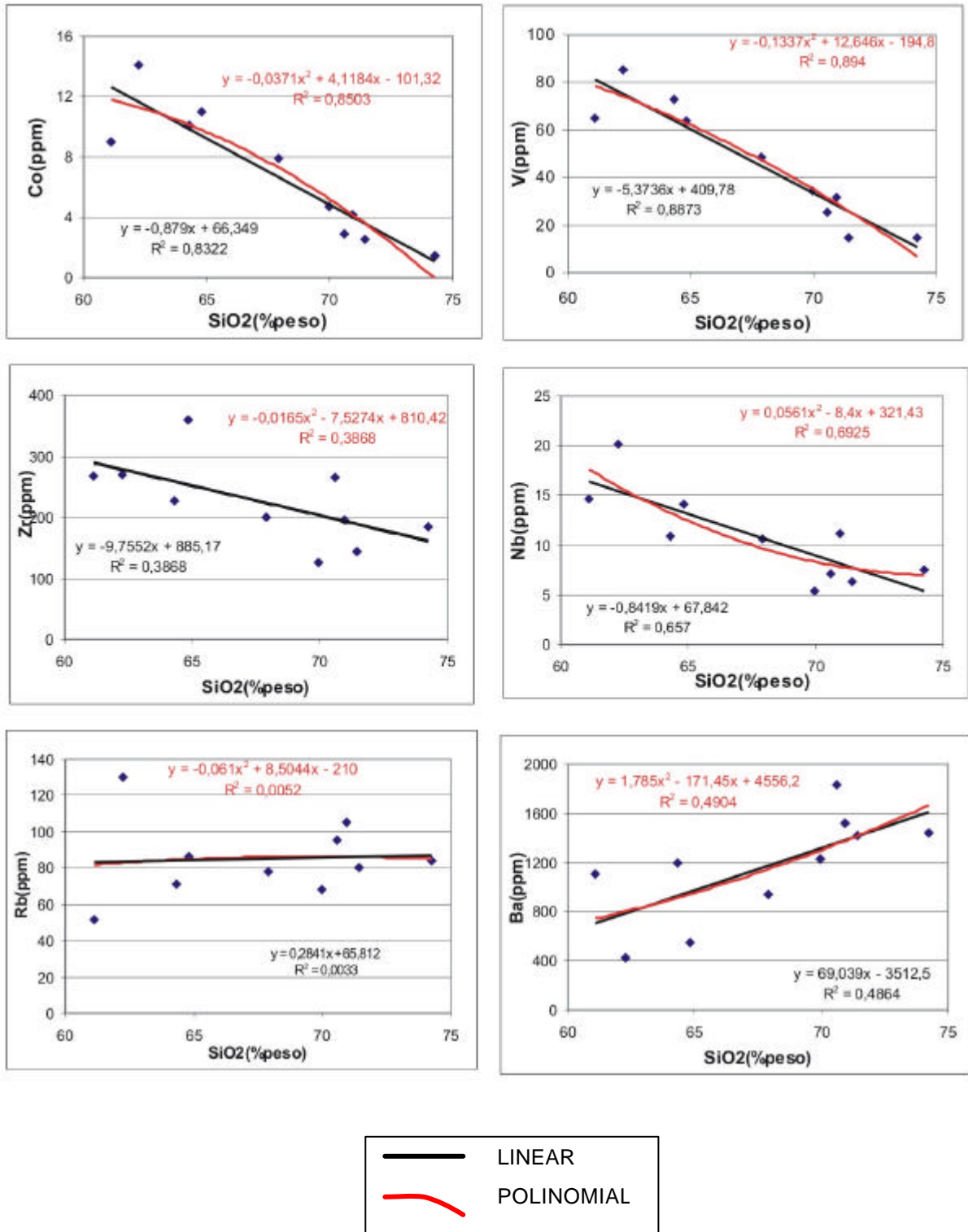


Figura 33 - Diagramas de Harker (elementos traços) para todo o conjunto de ortognaisses analisados do Complexo Região dos Lagos.

5) GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS TERRAS RARAS

Os elementos terras raras (TR) têm sido amplamente utilizados em estudos petrogenéticos, pois são excelentes indicadores de processos geológicos.

Segundo Figueiredo (1985), nas rochas ígneas, os processos de fusão parcial e de cristalização fracionada levam a um enriquecimento relativo das terras raras leves (TRL) na fase líquida de sistemas silicáticos cristal-líquido. Desse modo, há um enriquecimento de TRL em rochas crustais, particularmente nas mais félsicas. Os minerais participantes desses processos produzem efeitos característicos nos padrões de TR das fusões, permitindo a identificação de sua atuação.

Vários autores consideram que as razões entre elementos incompatíveis não variam substancialmente em processo de cristalização fracionada, sendo esperadas variações em até 1,5 vezes dentre rochas cogenéticas (p. ex., Cox *et al.*, 1979)

Investigações do comportamento das TR durante o metamorfismo (Cullers *et al.*, 1974; Muecke *et al.*, 1979) indicam que, embora já se tenha observado mobilidades das TR durante eventos metassomáticos, geralmente há pouca modificação dos padrões de TR durante o evento metamórfico, o que permite usá-los no estudo do protólito.

Com base nestas informações, foi selecionada a razão $(La/Yb)_N$ para o estudo de cogeneticidade das rochas amostradas do CRL, apesar dos elementos maiores anteriormente estudados revelarem a existência de, pelo menos, dois agrupamentos calcioalcalinos de alto-K para os ortognaisses.

A tabela 13 apresenta uma correlação entre o aumento de SiO_2 e a razão $(La/Yb)_N$ para as amostras. Assim sendo, nota-se que o aumento de SiO_2 (que expressa a diferenciação magmática em suítes granitóides) não corresponde a um aumento ou diminuição de $(La/Yb)_N$. Essa falta de correlação indica que nem todas as amostras do CRL podem ser cogenéticas.

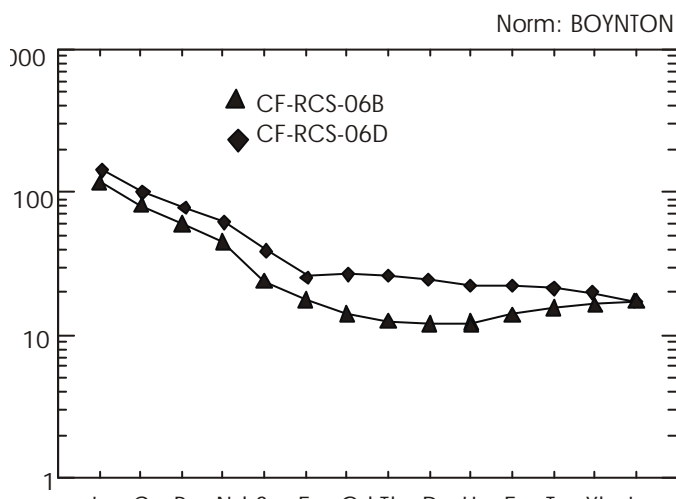
Tabela 13 - Correlação entre SiO_2 e $(La/Yb)_N$ para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos

LITOTIPOS		hbl-bt gnaisse			bt gnaisse		Hbl-bt gnais.	leucognaisse				
AMOSTRA		CF RCS 06D	ARA RCS 02B	CF RCS 06A	ARA RCS 01	CF RCS 06B	CF RCS 03B	CF RCS 04A	CF RCS 05A	CF RCS 06C	CF RCS 05C	
SiO_2	%	61,11	62,25	64,31	64,82	67,91	69,96	70,59	70,95	71,44	74,26	
$(La/Yb)_N$		7,36	12,42	14,30	57,47	7,18	103,24	62,64	12,35	46,97	20,36	

Em termos de $(La/Yb)_N$, a análise da razão permite reconhecer 4 grupos distintos apresentados nas figuras 34 a 37 na ordem de menor para maior fracionamento, ilustrado pelos respectivos diagramas normalizados pelo condrito de Boynton (1984), cujas características são:

1) O grupo 1, constituído por duas amostras (uma de hornblenda-biotita gnaisse e outra de biotita gnaisse), tem teores relativamente baixos de SiO_2 (61,11 e 67,91) e padrões ETR pouco fracionados, com $(La/Yb)_N$ variando em torno de uma média de 7,27. Anomalias de Eu são ligeira a fracamente negativas ($Eu/Eu^*: 0,96-0,79$). Apresenta leve enriquecimento de TRL $(La/Sm)_N = 3,65-4,91$ e padrão subhorizontal de terras raras pesadas (TRP) $(Sm/Lu)_N = 1,38-2,31$ (figura 34).

GRUPO 1

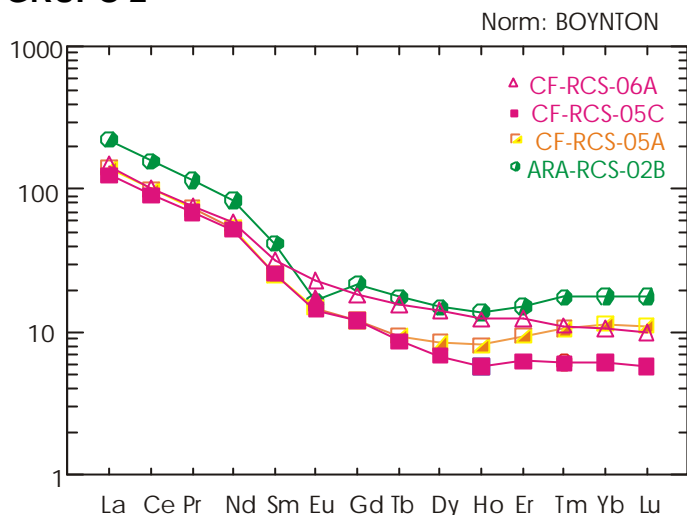


Amostra	SiO ₂ (%)	$(La/Yb)_N$
CF-RCS-06B	67,91	7,18
CF-RCS-06D	61,11	7,36

Figura 34 - Diagramas de ETR para o grupo 1, normalizados pelo condrito de Boynton (1984).

2) O grupo 2, constituído por duas amostras de hornblenda-biotita gnaisse e duas de leucognaisse, tem SiO_2 variando de 62,25% a 74,26% e apresenta fracionamento moderado, com $(La/Yb)_N$ variando entre 14,35 e 20,36, ficando a média em 14,85. Anomalia de Eu é, em geral, ligeiramente negativa ($Eu_N/Eu^*: 0,82-0,97$), porém apresenta-se mais pronunciada na amostra menos ácida ($Eu_N/Eu^*=0,54$) (figura 35). Apresenta o padrão TRL levemente enriquecido $(La/Sm)_N = 4,76-5,32$ e padrão subhorizontal para as TRP $(Sm/Lu)_N = 2,29-4,84$.

GRUPO 2

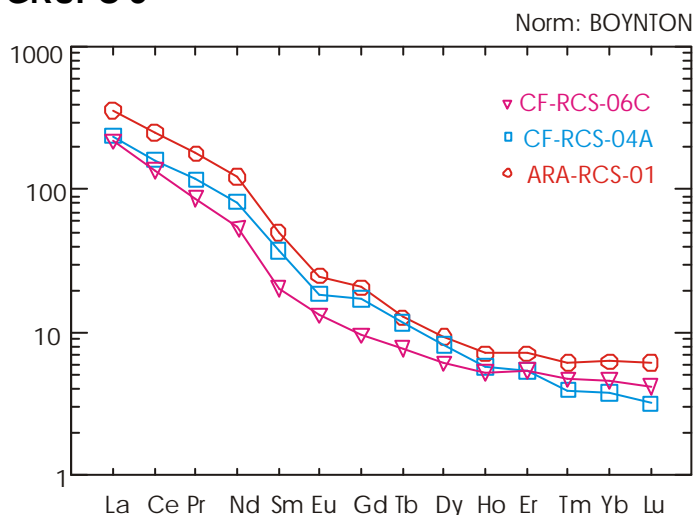


Amostra	SiO ₂ (%)	(La/Yb) _N
CF-RCS-05A	70,95	12,35
CF-RCS-05C	74,26	20,36
CF-RCS-06A	64,31	14,30
ARA-RCS-02B	62,25	12,42

Figura 35 - Diagramas de ETR para o grupo 2, normalizados pelo condrito de Boynton (1984).

3) O grupo 3, constituído por uma amostra de biotita gnaiss e duas de leucognaiss, tem SiO₂ variando de 64,82% a 71,44% e padrões de ETR mais fracionados, com (La/Yb)_N variando entre 46,97 e 62,64, ficando a média em 55,69. As anomalias de Eu, quando presentes, são ligeira a fracamente negativas (Eu/Eu*: 0,74-0,94) (figura 36). Apresenta TRL variando com razão (La/Sm)_N de 6,42 a 10,67 e TRP com razão (Sm/Lu)_N de 4,91 a 11,81.

GRUPO 3



Amostra	SiO ₂ (%)	(La/Yb) _N
CF-RCS-06C	71,44	46,97
CF-RCS-04A	70,59	62,64
ARA-RCS-01	64,82	57,47

Figura 36 - Diagramas de ETR para o grupo 3 normalizados pelo condrito de Boynton (1984).

4) O grupo 4 é representado por apenas uma amostra de hornblenda-biotita gnaiss, cujo padrão de ETR mostra-se bastante fracionado, com razão (La/Yb)_N igual a 103,24 (figura 37). Esta amostra apresenta anomalia de Eu ligeiramente negativa (Eu/Eu*= 0,82) e razão TRL(La/Sm)_N a 9,23 e TRP (Sm /Lu)_N a 12,92.

GRUPO 4

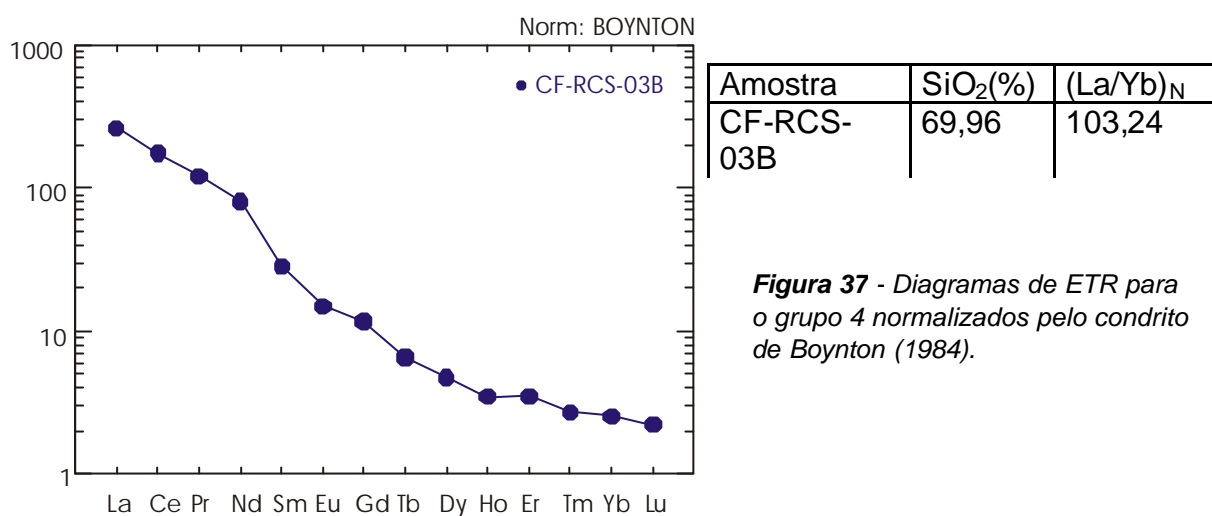


Figura 37 - Diagramas de ETR para o grupo 4 normalizados pelo condrito de Boynton (1984).

Com base na abordagem dos elementos terras raras, podemos considerar algumas possibilidades: a) a primeira é a de que cada um desses agrupamentos representa uma suíte de rochas cogenéticas e, nesse caso, o CRL incluiria, pelo menos, quatro suítes magmáticas distintas, com variações entre elementos incompatíveis dentro da margem de 1,5 vezes; b) a segunda é a de que, pelas correlações entre SiO₂ e (La/Yb)_N, as amostras do grupo 1 poderiam ser cogenéticas àquelas do grupo 2 (mais provável) ou 3 (menos provável), havendo, assim, duas ou três possíveis suítes no CRL.

Em relação à segunda possibilidade, a variação acima de 1,5 vezes na razão (La/Yb)_N para rochas cogenéticas, poderia ser explicada no caso de mudança na assembléia fracionante em processo de cristalização fracionada atuante ou, alternativamente, mudança na quantidade de fusão parcial de uma mesma fonte. A maneira de verificar este possível fato seria a realização de um modelamento petrogenético, o que não é objetivo deste trabalho.

Difícilmente os grupos 2 e 3 poderiam ser correlacionados por qualquer processo de diversificação magmática, em função de apresentarem variações semelhantes em SiO₂ e grandes diferenças nos valores de (La/Yb)_N. Dada a alta razão de (La/Yb)_N da amostra 3B, sua correlação com qualquer um dos grupos é muito pouco provável, só sendo verificável a partir de modelamento petrogenético.

6) AMBIENTES GEOTECTÔNICOS PARA OS ORTOGNAISSES DO COMPLEXO REGIÃO DOS LAGOS

Pearce *et al.* (1984), com base em estudos sistemáticos da geoquímica de rochas graníticas, consideraram os elementos traços Rb, Y (ou Yb) e Nb (ou Ta) como os mais efetivos para a determinação dos ambientes tectônicos que as geraram. Esses autores desenvolveram diagramas discriminantes que classificam, preliminarmente, os granitos dentro de quatro tipos principais: granitos de crista oceânica; granitos de arco-vulcânico; granitos intra-placa; e granitos colisionais. Harris *et al.* (1986) também estabeleceram limites em diagramas triangulares Hf, Rb e Ta, para os mesmos ambientes geotectônicos geradores de rochas graníticas.

A seguir, os referidos diagramas classificatórios são apresentados com ênfase nos ortognaisses do CRL (figuras 38 e 39).

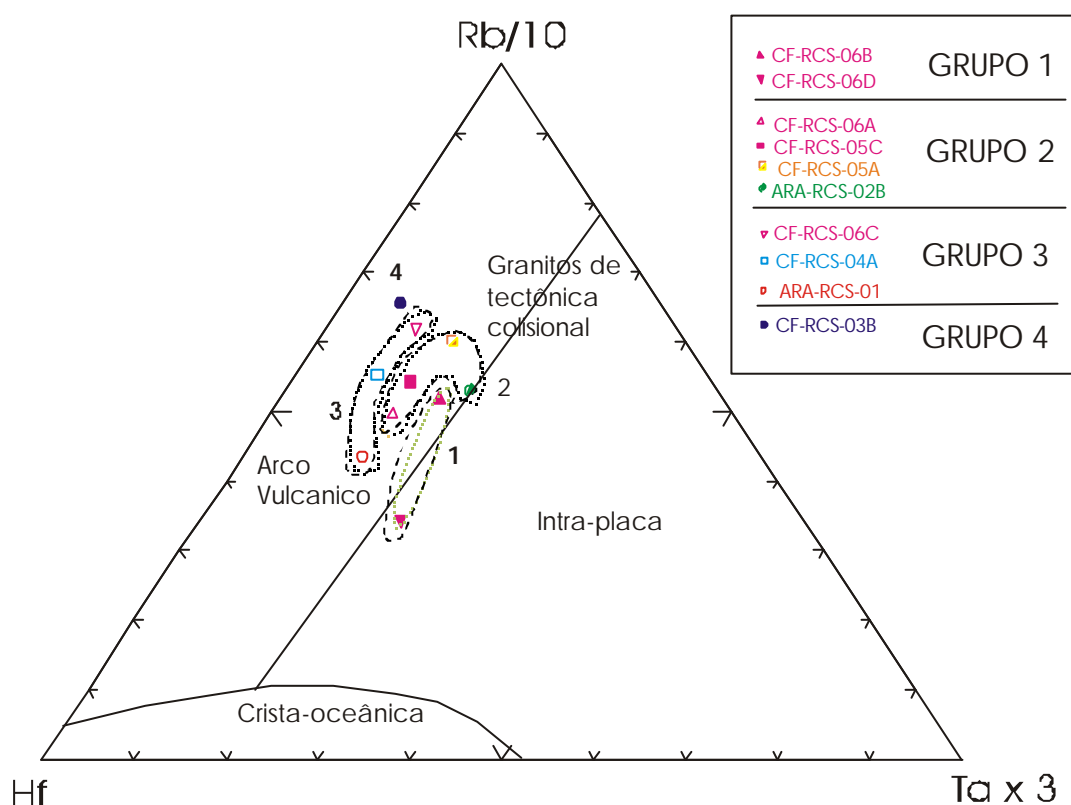


Figura 38 - Diagrama triangular Hf-Rb/10-Ta_x3 discriminantes de ambientes formadores de granitos (Harris *et al.* 1986) para os quatro grupos ETR dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.

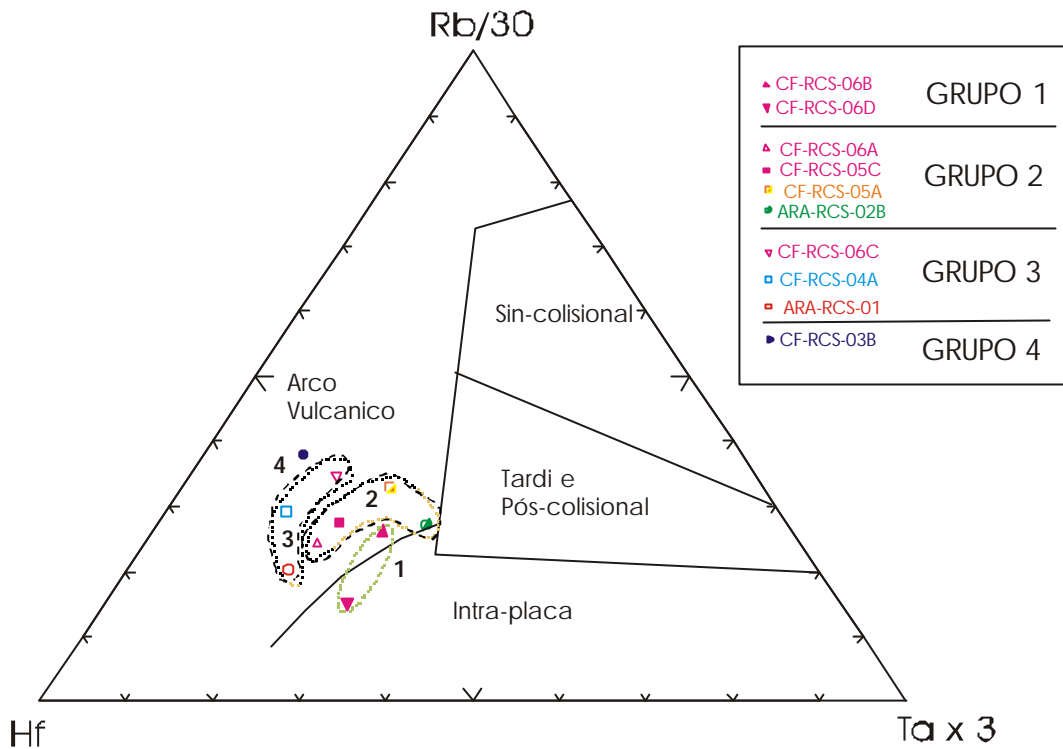


Figura 39 - Diagrama triangular Hf-Rb/30-Ta_x3 discriminantes de ambientes formadores de granitos (Harris et al. 1986) para os quatro grupos ETR dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.

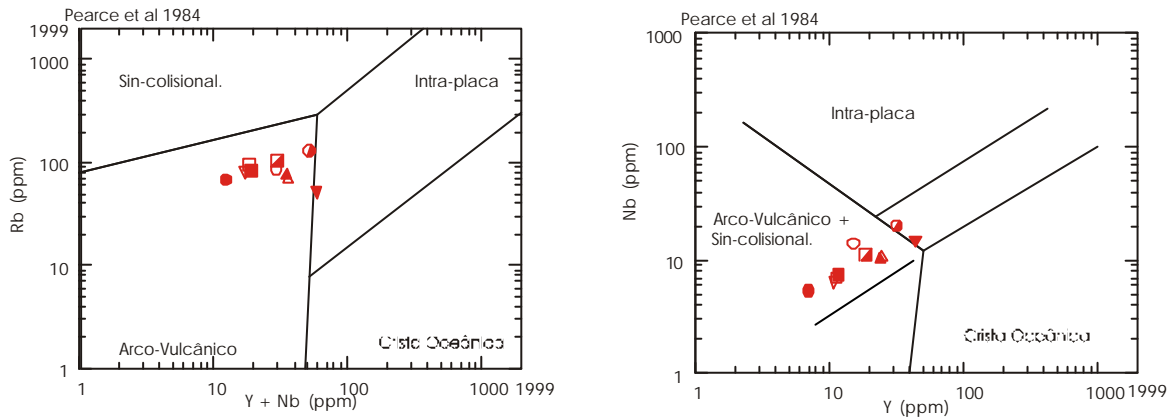


Figura 40 - Diagramas a) Rb-(Y+Nb) e b) Nb-Y, discriminantes de ambientes formadores de granitos segundo Pearce et al. (1984) para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos.

A análise dos diagramas triangulares mostra a tectônica típica de arco vulcânico para os quatro grupos aqui definidos. Os Grupos 2 e 3, com maiores amostragens, definem um *trend* do campo de arco para o de granitos colisionais, sugerindo uma evolução natural de amadurecimento de arco magmático. O grupo 1 pode representar o final dessa evolução, com amostra no campo dos granitos intra-placa. Os diagramas de Pearce et al. (1984) (figura 40) reforçam essa idéia.

7) COMPARAÇÃO COM ASSINATURAS GEOQUÍMICAS DE AMBIENTES MODERNOS SIMILARES

Mesmo nos casos em que ocorrem profundas modificações na composição química original das rochas, principalmente por eventos envolvendo percolação de fluidos, é possível reconhecer alguns padrões primários pela consistência das assinaturas químicas entre várias amostras e pela comparação com os padrões de rochas similares de outras regiões (Figueiredo, 1985). Os baixos valores de *LOI* e os resultados analíticos não revelaram problemas nos valores ou correlações que pudessem indicar processos metassomáticos.

A comparação das assinaturas geoquímicas das amostras com padrões de mesma ambientação, normalizados pelo granito de crista oceânica (ORG) de Pearce *et al.* (1984), nos revela uma grande semelhança entre os granitóides do CRL e os granitos do Chile (figura 41).

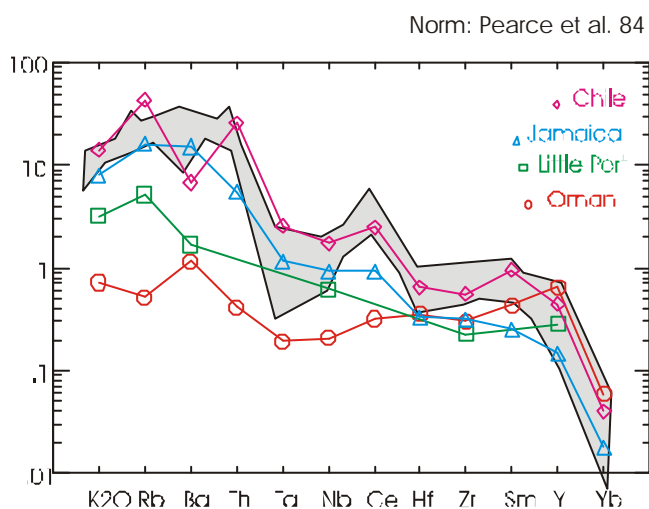


Figura 41 - Diagrama de variação multi-elementar normalizados por ORG segundo Pearce *et al.* (1984) para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos (campo hachurado), comparados com granitos de arcos vulcânicos modernos.

Para os regimes tectônicos atuais, esse tipo de magmatismo calcioalcalino está fortemente relacionado a ambientes tectônicos compressivos, desenvolvidos em arcos mais maduros e margens continentais ativas. Segundo Pearce *et al.* (*op cit*), granitos calcioalcalinos de alto-K e séries shoshoníticas de margem continental ativa plotam predominantemente nos campos de qtz-monzonito, granodiorito e granito, relacionado ao diagrama de Streckisen (1976), tendo biotita e hornblenda como minerais ferromagnesianos dominantes. Todas essas características são observadas nos ortognaisses do CRL.

V-COMPARAÇÃO ENTRE ORTOGNAISSES DOS COMPLEXOS REGIÃO DOS LAGOS E QUIRINO

O Domínio Tectônico Cabo Frio (Schmitt, 2001) apresenta estruturas deformacionais e paragêneses metamórficas relativas ao estágio mais jovem de colagem na Faixa Ribeira. Heilbron *et al.* (2000), definindo os terrenos tectônicos que constituem o segmento central da Faixa Ribeira, caracterizaram a *Klippe* Paraíba do Sul (figuras 4 e 5) como uma escama superior da pilha tectônica.

A estruturação dos domínios tectônicos alóctones da Faixa Ribeira, bem como diversos indicadores cinemáticos (Heilbron *et al.*, 1995), mostram que a *Klippe* Paraíba do Sul ter sido parte do Domínio Tectônico Cabo Frio.

A *Klippe* Paraíba do Sul é constituída por uma unidade ortognaissica basal denominada Complexo Quirino, cujos litotipos são bastante similares aos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos. As rochas daquele complexo ocorrem como extensos corpos de gnaisses homogêneos, com hornblenda e/ou biotita, composicionalmente variando de granitóides tonalíticos/granodioríticos a graníticos, e apresentando enclaves de rochas ultramáficas, máficas, e calcissilicáticas. Segundo Valladares *et al.* (1997) e Souza e Valladares (2001), essas rochas formam duas suítes calcioalcalinas distintas: uma de médio-K e outra de alto-K, geradas respectivamente há 2169 ± 3 Ma e 2185 ± 8 Ma, durante um mesmo evento colisional no Transamazônico (Valladares, 1996).

Schmitt (2001), identificou um período entre 2000 e 1950 Ma, com base em dados U-Pb em zircão, onde se registra uma atividade magmática que resultou nos protólitos dos Ortognaisses Felsicos Região dos Lagos.

Embora seja difícil fazer a reconstrução da paleogeografia dos complexos envolvidos, algumas comparações petrográficas e geoquímicas podem subsidiar futuros estudos nesse sentido.

A tabela 14 expõe dados geoquímicos integrados para a suíte alto-K do Complexo Quirino, extraídos de Souza e Valladares (2001).

Tabela 14 - Dados referentes aos ortognaisses do Complexo Quirino. Suíte subalcalina cálcioalcalina de alto-K. Composição granodiorítica a granítica (Souza e Valladares, 2001).

Amostra	VR150 C	VR223 C	BPIV 80	VR502 2B	VR509 6	VR150 A	BPII61 A	VR94A	VR502 4	BPI 22	PSPM6 7	PSPM6 9A
SiO ₂	47,65	48,2	55,97	57,39	58,4	59,53	60,09	61,06	61,15	63,7	63,82	64,34
(La/Yb) _N	24,25	33,69	7,06	21,94	16,05	3,96	14,67	9,51	11,16	3,32	31,86	74,65

Amostra	BPIV53 A	BPII 26	VAS 786C	VR50 29B	VR150 B	BPM6 42	VR20 1A	VR50 99	PSPM6 6	TRMM7 1A	VR222 A	VR223 A	VR08
SiO ₂	64,42	64,91	65,35	65,57	66,24	66,27	67,25	67,65	67,7	67,72	68,63	69,43	71,73
(La/Yb) _N	14,36	9,43	32,45	77,48	101,82	72,36	20,39	20,03	31,21	20,13	30,11	44,77	12,31

Assim como aconteceu no Coplexo Região dos Lagos, a correlação entre o aumento de SiO₂ e a razão (La/Yb)_N para a suíte ortognáissica de alto-K do Complexo Quirino não corresponde a um aumento ou diminuição de (La/Yb)_N. Essa falta de correlação indica que nem todas as amostras da suíte proposta podem ser cogenéticas.

Baseado nas variações entre elementos incompatíveis, dentro da margem de 1,5 vezes para rochas cogenéticas, pode-se identificar alguns grupos dentro desta suíte ortognáissica de alto-K com valores (La/Yb)_N próximos aos valores do CRL (tabela 15).

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N
VR150A	59,53	3,96
BPI 22	63,7	3,32

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N
BPIV80	55,97	7,06
VR94A	61,06	9,51
VR5024	61,15	11,16
BPII 26	64,91	9,43

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N
VR5096	58,4	16,05
BPII61A	60,09	14,67
BPIV53A	64,42	14,36
VR08	71,73	12,31

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N
VR150C	47,65	24,25
VR5022B	57,39	21,94
VR201A	67,25	20,39
VR5099	67,65	20,03
TRMM71A	67,72	20,13

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N
VR223C	48,2	33,69
PSPM67	63,82	31,86
VAS786C	65,35	32,45
PSPM66	67,7	31,21
VR222A	68,63	30,11
VR223A	69,43	44,77

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N
PSPM69A	64,34	74,65
VR5029B	65,57	77,48
BPM642	66,27	72,36

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N
VR150B	66,24	101,82

Tabela 15 – Subdivisão das amostras da suíte de alto-K do Complexo Quirino, baseado na razão (La/Yb)_N.

Nota-se que essa nova reestruturação, facilitada pela boa quantidade de amostras do Complexo Quirino, permite identificar possíveis grupos cogenéticos em que o aumento de SiO₂ corresponde a uma diminuição de (La/Yb)_N, expressando a diferenciação magmática para essas suítes granitóides.

A figura 42 mostra um diagrama de ETR normalizado pelo condrito de Boynton (1984) para as amostras do Complexo Quirino.

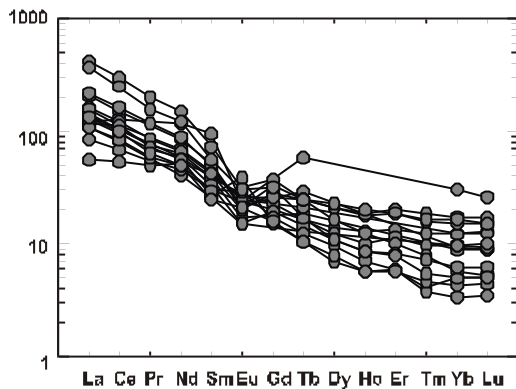


Figura 42 - Diagrama de ETR para ortognaisses de alto-K do Complexo Quirino (Souza e Valladares, 2001), normalizado pelo condrito de Boynton (1984).

O tipo de magmatismo calcioalcalino do Complexo Quirino também encontra-se fortemente relacionado a ambientes tectônicos compressivos. No diagrama de variação multielementar da figura 43 é nítida a similaridade dos granitóides do Complexo Quirino (hachurado) com o granito de arco vulcânico do Chile, assim como demonstrado para os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos (figura 41).

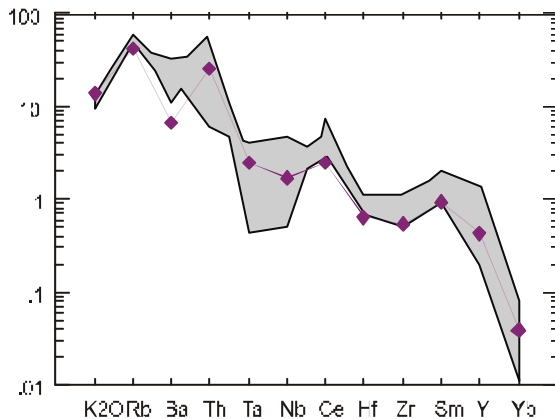


Figura 43 - Diagrama de variação multielementar normalizados por ORG segundo Pearce et al. (1984) para os ortognaisses alto-K do Complexo Quirino (campo hachurado), comparados com granito de arco vulcânico do Chile. Extraído de Souza e Valladares, 2001.

Embora haja uma razoável quantidade de semelhanças entre os dois complexos aqui estudados, deve-se levar em conta que as idades obtidas para os ortognaisses félsicos do CRL (Schmitt, 2001); são cerca de 200 Ma mais novos que as idades dos ortognaisses do Complexo Quirino (Valladares, 1996). Esta informação mostra eventos geocronológicos distintos para estes complexos, porém passíveis de caracterização dos processos atuantes no Paleoproterozóico, formador do embasamento do Domínio Tectônico Cabo Frio.

VI-CONCLUSÃO

Dentre as principais unidades que compõem o CRL (ortognaisses e ortoanfibolitos), foi possível identificar, a partir de critérios petrográficos, três tipos de gnaisses (hbl-bt gnaiss granodiorítico a monzogranítico, leucognaiss granítico e bt gnaiss tonalítico e monzogranítico); e dois tipos de ortoanfibolitos (bt anfibolito foliado, e hbl anfibolito maciço).

A abordagem geoquímica dos ortognaisses, com base nos elementos maiores, mostra que estes pertencem à série subalcalina calcioalcalina, formando dois agrupamentos distintos:

- 1) Agrupamento A - constituído de bt gnaiss de médio-K e hbl-bt gnaiss, de carácter metaluminoso mais forte e menores teores de SiO₂, total de álcalis e K₂O referentes às rochas mais intermediárias.
- 2) Agrupamento B - constituído de hbl-bt gnaiss ácido e leucognaiss, de carácter metaluminoso mais fraco e maiores teores de SiO₂, total de álcalis e K₂O referentes às rochas ácidas.

Embora os ortognaisses do CRL datados até então apresentarem idades de gênese paleoproterozóica, é possível que alguns leucognaisses destacados pelo “agrupamento B” estejam relacionados a granitogêneses mais recentes. Registro de evento térmico no Cambriano foi identificado nos ortognaisses e ortoanfibolitos por Schmitt (2001).

Diagramas de Harker diagnosticaram processo evolutivo de cristalização fracionada, porém, a falta de correlação entre o aumento de SiO₂ (que expressa a diferenciação magmática em suítes granitóides) e a razão (La/Yb)_N mostra que nem todas as amostras do CRL podem ser cogenéticas.

Assim sendo, quatro possíveis grupos de rochas cogenéticas foram identificados por critérios de razões ETR: **Grupo 1** – pouco fracionado e razão (La/Yb)_N a 7,27 em média; **Grupo 2** - fracionamento moderado, com (La/Yb)_N a 14,85 em média; **Grupo 3** – com padrões de ETR mais fracionados, e razão (La/Yb)_N a 55,69 em média; e **Grupo 4** - bastante fracionado, com razão (La/Yb)_N igual a 103,24.

Nota-se ainda que os subtipos de gnaisses descritos anteriormente por

critérios petrográficos se distribuem aleatoriamente por esses quatro grupos, ou seja, há uma variedade petrográfica para cada uma das possíveis suítes definidas.

Mudanças na assembléia fracionante, em processo de cristalização fracionada ou variações na quantidade de fusão parcial de mesma fonte, poderiam interferir no critério de razões ETR adotado, porém, para a definição mais exata das suítes, seria necessário o modelamento petrogenético, o que não foi objetivo desta dissertação.

As realizações de modelamento petrogenético, juntamente com análises químicas para os ortoanfibolitos, são propostas para estudos complementares. Existe a possibilidade de alguns desses grupos estarem relacionados cogeneticamente a determinados ortoanfibolitos (tipo enclaves digeridos).

Quanto à ambientação tectônica, os ortognaisses aqui estudados foram gerados em ambiente de arco vulcânico com típico magmatismo calcioalcalino, sendo comparáveis aos arcos vulcânicos do Chile. Alguns *trends* para o campo dos granitos colisionais nos diagramas classificatórios sugerem uma natural evolução de amadurecimento deste arco magmático, gerado durante o Paleoproterozóico.

Os ortognaisses do CRL e a suíte ortognáissica de alto-K do Complexo Quirino na *Klippe* Paraíba do Sul, formam unidades distintas do ponto de vista geocronológico (200 Ma de diferença). Entretanto, semelhanças referentes aos aspectos petrográfico, geoquímico e de ambientação tectônica, sugerem a caracterização de um domínio único Paleoproterozóico, baseado em processo similar de geração e evolução de granitóides para esses dois complexos. O atual posicionamento em domínios tectônicos diferentes se justificaria pela tectônica compressional que resultou na Faixa Ribeira com imbricamento de “escamas” tectônicas de SE para NW.

VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M ; HEILBRON, M. e TROUW, R. 1998. Geometric and kinematic analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira belt, Southeastern Brazil, In Anais Congresso Brasileiro Geologia, Belo Horizonte, 39, pp. 32.
- BOYNTON, W.R. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements meteorite studies. In: HENDERSON, P. (ed). *Rare Earth Element Geochemistry*, pp.63-114. Elsevier, Amsterdam.
- CAMPOS NETO, M.C. e FIGUEIREDO, M.C.H. 1990. Evolução geológica dos terrenos Costeiro, Paraíba do Sul e Juiz de Fora (RJ-MG-ES). In: Cong. Bras. Geol., 36, Natal, 1990. *Anais...* SBG, 6:2631-2648.
- CAMPOS NETO, M. C. e FIGUEIREDO, M. 1992. A Orogênese Rio Doce. In: Congr. Bras. Geol., 37, São Paulo, Boletim de Resumos Expandidos... São Paulo, SBG. V.1: 276-277.
- CAMPOS NETO, M.C. e FIGUEIREDO, M.C.H. 1995. The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. *Journal of South American earth Sciences*. 8 (2): 143-162.
- COX, K.G.; BELL, J.D. e PANKHURST, R.T. 1979. *The interpretation of the igneous rocks*. Univ. Chicago Press. 450p.
- CULLERS, R.L.; YEH, L.T.; CHAUDHURY, S.; C.V. 1974. Rare earth elements in Silurian pelitic schists from NW marine. *Geochim. Cosmchim. Acta*, 38: 389-400.
- DELHAL et al., 1969. Ages Pb/U; Sr/Rb et Ar/K de Formations Métamorphiques et Granitique du Sud-Est du Brésil (Etats de Rio de Janeiro e Minas Gerais). *An. Soc. Geol. Belg.* 92: 271-283.
- EBERT, H. 1968. Ocorrência da fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência de sua estrutura orogênica: Hipótese sobre sua origem. *An.*

- Acad. Bras. Ciênc.*, 40(supl):215-229. Rio de Janeiro.
- FONSECA, A.C.; BIGAZZI, G. e CORDANI, U.;1992. A datação pelo método dos traços de fissão de apatita e titanita de algumas rochas metamórficas da região entre Cabo Frio e Búzios. *An. Congr. Bras. Geol.*, 37, São Paulo. P. 190-191.
- FONSECA, A.C. 1993. Esboço Geocronológico da Região de Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro. *Tese de Doutorado, IG/USP*. 186p.
- FONSECA, A.C. 1994. Fragmento Tectônico Cabo Frio: aspectos de campo, petrografia e geoquímica. *Anuário do Instituto de Geociência da UFRJ*, 17, p.109-131.
- FONSECA, M.J.G.; SILVA, Z. C. G.; CAMPOS, D. A. & TOSATO, P. 1979. Mapa e texto explicativo das folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape, na escala de 1:1.000.000 (SF23, SF24, e SG230). DNPM. Brasília.
- FONSECA, M.J.G.; HEILBRON, M.; CHRISPIM, S. 1984. Geologia Estrutural da Área de Cabo Frio e Armação de Búzios. In: *Cong. Bras. Geol.*,33, Rio de Janeiro,. *Anais...* SBG, 5393-5407.
- FONSECA, M.J.C. 1989. O Cinturão Ribeira e o Bloco Cabo Frio. *Atas Simp. Geol. Sudeste*,1, p.132-133.
- HARRIS, N.B.W.; PEARCE, J.A., TINDLE, A.G. 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: COWARD, M.P. & RIES, A.C. eds *Collision Tectonics*. Geological Society Special Publication, 19,p.67-81.
- HASUI, Y. e OLIVEIRA, M.A.F. 1984. A Província Mantiqueira: Setor Central. In: Almeida & Hasui. *O Precambriano do Brasil*. Edgard Blucher, 344p.
- HEILBRON, M.; CHRISPIM, S.J.; ALVES, R.P.; SIMÕES, L.S.A. 1982 Geologia do Cabo de Búzios (Estado do Rio de Janeiro). *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 54 (3).
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C. M.; ALMEIDA, J. C. H. & TUPINAMBÁ, M. 1991. A

- Megassinforma do Paraíba do Sul e sua implicação na compartimentação tectônica do setor central da Faixa Ribeira. In: Simp. Geol. Sudeste, 2, São Paulo, Atas..., São Paulo, SBG, p. 519-527.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C. M.; ALMEIDA, J. C. H., TUPINAMBÁ, M. & VALLADARES, C. S., SILVA, L. G. E.; NAVA, D.B. & DIOS, F.B. 1993. Compartimentação tectônica e evolução geológica do segmento central da Faixa Ribeira, ao sul do Cráton do São Francisco. In: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, II, Salvador, Anais..., Salvador, Bahia, SBG,p: 263-265.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; VALLADARES, C.S.; TUPINAMBÁ, M. 1994. Segmento central da Faixa Ribeira, exemplo de colisão continental oblíqua no evento termo-tectônico Brasileiro. Bol. Resumos Expandidos Congr. Bras. Geol. SBG, 38, Balneário Camboriú, SC, Vol. 1 pp. 263-265.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; VALLADARES, C.S. & MACHADO, N. 1995. A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil, *Revista Brasileira de Geociências*, 25, 4, 249-266.
- 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 Brasileiro collage of the central segment of the Ribeira belt, SE Brazil, in *Abstracts of the International Conference on Precambrian and Craton Tectonics/14th International Conference on Basement Tectonics*, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, Extended Abstracts, pp. 15-17.
- HEILBRON, M., MOHRIAK, W.,VALERIANO, C.M., MILANI, E., ALMEIDA, J.C.H. AND TUPINAMBÁ, M. 1999a. From Collisional to Extension: The Roots of The Southeastern Continental Margin of Brasil. In: *Geology & Geophysics of Continental Margin*. AGU Geophysical Monograph. Eds: W U Mohriak and M. Talwani.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.; TUPINAMBÁ, M.; ALMEIDA, J.; VALLADARES, C.; DUARTE, B.; PALARMO, N; SILVA, L. G. E.; RAGATKY, D.; NETO, A. M. 1999b. Revisão da Proposta de Compartimentação Tectônica e Modelo Evolutivo para o

- Segmento Central da Faixa Ribeira. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 6, São Pedro-São Paulo, 1999. Boletim de Resumos...SBG/SP, p. 6.
- HELMBOLD, P., VALENÇA, J.G., LEONARDOS Jr., O.H. 1965. Mapa Geológico do Estado da Guanabara, DNPM, Rio de Janeiro.
- IRVINE, T. N. & BARAGAR, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth Science*. Vol 8: 523-548.
- LE MAITRE, R. W. 1989. The chemical variability of some common igneous rocks. *J. Petrol.* 17: 589-537.
- MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M.W.; GONZALEZ, S.R.; SCHENINI, C.A.; SANTOS NETO, A.; PALMEIRA, R.G.B.; PIRES J.L. ; TEIXEIRA, W. & CASTRO, H.E.F. de. 1983. In: *Projeto RADAMBRASIL. Folhas SF-23/24*, Rio de Janeiro/Vitória, 1.Geologia, Rio de Janeiro, MME , 27-304.
- MACHADO, R. e DÉMANGE, M. 1990. Reinterpretação estrutural e tectônica da região a leste da Baía de Guanabara e a definição do batólito de Araruama (RJ). In: Anais Congr. Bras. Geol. 36, Natal,6, p. 2744-2753.
- MANIAR, P.D. & PICCOLI, P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoides. *Geol. Society of Am. Bull*, 101, p.635-643.
- MUECKE, G.K.; PRIDE, C; SARKAR, P. 1979. Rare earth element geochemistry of regional metamorphic rocks. *Phys. Chem. Earth*, 11: 449-464.
- NOGUEIRA, J.R. 1994. Relações tectonoestruturais e metamórficas entre metasedimentos e ortogneisses em facies granulito na região à sudoeste de Juiz de Fora, MG. IG/UFRJ. *Dissertação de Mestrado*. 151p. Inédita.
- NUMMER, A. R. 1992. Análise Estrutural e Estratigráfica do Grupo Andrelândia na região de Santa Rita do Ibitipoca- Lima Duarte, sul de Minas gerais. *Dissertação de Mestrado*-IG/UFRJ (inédito). 191p.

- 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.
- REIS, A. P.; NUNES, H.H.R.; CHIAVEGATTO, J.R.S.; LIMA, P.R.A.; ROCHA, R.L.S. 1980. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Geologia e Recursos Minerais das Folhas de Cabo Frio e Farol do Cabo. Niterói. DRM. (inédito). In: FERRARI, A.L.; BRENNER, T.L.; DALCOLMO, M.T.; NUNES, H.R.C. 1982. O Pré-Cambriano das Folhas de Itaboraí, Maricá, Saquarema e Baía da Guanabara. Cong. Bras. Geol.,32, Salvador. Anais...1:103-114.
- ROSIER, G. F. 1957. A Geologia da Serra do Mar, entre os picos de Maria Comprida e do Desengano (Estado do Rio de Janeiro). DNPM, GGM, *Boletim 166*, 58p.
- ROSIER, G. F. 1965. Pesquisas geológicas na parte oriental do Estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha do Estado de Minas Gerais. *Bol. Div. Geol. Min., DNPM*, Rio de Janeiro, 222p.
- SIGA Jr., O.; TEIXEIRA, W.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; DELHAL, J. 1982. O padrão geológico-geocronológico das rochas de alto grau da parte setentrional da Faixa Ribeira, a norte do Rio de Janeiro, Brasil. In: Congresso Latinoamericano de Geologia, 5, Argentina, 1982. Actas... 1:349-370.
- SCHMITT, R.S.A; TROW, R.A.J.; VAN SCHMUS, W.R. 1999. Discussão sobre a origem dos anfibólitos do Bloco Cabo Frio: dados isotópicos e de terras raras – implicações na evolução tectônica da Faixa Ribeira. In: Simp. Geol. Sudeste, 6, São Pedro, SP. *Bol.de Resumos...*p.13.
- SCHMITT, R.S. 2001. Orogenia Búzios – Um evento tectono-metamórfico cambro-ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico de Cabo Frio, Faixa Ribeira – sudeste do Brasil. *Tese de Doutorado, IG/UFRJ*. 273p.
- SOUZA, S.F.M. e VALLADARES, C. S. 2001. Geoquímica e Petrografia dos Ortognaisses da Complexo Quirino, Região NW do Estado do Rio de Janeiro. In: Congresso

- Brasileiro de Geoquímica, 8, e Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul, 1, Curitiba, PR, Outubro, 2001. CD-ROM de Resumos Expandidos, SBGq, registro 78 (pg 1-5).
- STRECKEISEN, A. 1976. To each plutonic rocks its proper name. *Earth Science Reviews*, vol. 12, p. 1-33.
- TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA, W.; DUARTE, B.P.; HEILBRON, M. 1997. U.G. Cordani & Delhal's geochronological data from the Ribeira belt revisited after thirty years. Special Volume of Expanded Abstracts – I South American Symposium on Isotope Geology. Campos do Jordão, SP, 1, p. 320-322.
- TUPINAMBÁ, M., TEIXEIRA, W. & HEILBRON, M. 1998. The Pan-African/Brasiliano Arc-related Magmatism at the Costeiro Domain of the Ribeira belt, Southeastern Brazil, in *Abstracts of the International Conference on Precambrian and Craton Tectonics/14th International Conference on Basement Tectonics*, Ouro Preto, MG, pp. 12-14.
- VALLADARES, C.S. 1996 Evolução geológica do Complexo Paraíba do Sul no segmento central da Faixa Ribeira com base em estudos de geoquímica e de geocronologia U-Pb. *Tese de Doutorado*, IG-USP, São Paulo, 147 p.
- VALLADARES, C. S.; HEILBRON, M; MACHADO, N. & VALERIANO, C. M. 1997. Provenance of central Ribeira belt metasediments using $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages on Laser-ablation ICPMS. In: SOUTH-AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, Campos de Jordão, SP. *Extended Abstracts...*, p. 323-325.
- ZIMBRES, E.; KAWASHITA, K. E VAN SCHUMS, W.R.; 1990. Evidências de um núcleo tranzamazônico na região de Cabo Frio, RJ, e sua correlação com o Cráton de Angola, África. *An. Congr. Bras. Geol.* 36, P. 2735-2743.

ANEXO 1

MAPA GEOLÓGICO LOCAL E DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS

ANEXO 2

DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS DE ANÁLISE QUÍMICA UTILIZADAS

Análise Química de Rocha Total

ICP (INDUCTIVELY COUPLED PLASMA EMISSION)

A técnica ICP-AES (*Atomic Emission Spectrometry*) utiliza as técnicas de fusão, preparando soluções derivadas da fusão ou do ataque ácido. A solução da amostra é introduzida então em um plasma excitado a cerca de 8000°K. Desta forma, a amostra é dissociada no plasma e um grande número de átomos é ionizado, produzindo linhas espectrais iônicas. Cada elemento na solução produz um espectro característico. A intensidade das linhas espectrais será diretamente proporcional à quantidade de determinado elemento presente. Essas linhas são detectadas por uma série de feixes multiplicadores que são comparados com linhas de calibração, sendo suas intensidades convertidas em concentrações. O “plasma” pode ser uma técnica multielementar, de modo que os elementos maiores e muitos elementos traços importantes podem ser determinados simultaneamente e em alguns casos, mais precisamente do que por espectrometria de fluorescência de raios-X.

O método ICP/MS (*Mass Spectrometry*) é mais preciso que o ICP-AES e os elementos traços são separados por massa. Essa tecnologia agrega o material em chamas produzido pela técnica padrão de ICP a um espectrômetro de massa de quatro pólos.

Para este trabalho, a análise de elementos maiores em rocha total foi feita por fusão-ICP, com limite de detecção de 0,01% peso, enquanto que os elementos traços foram analisados por ICP/MS, com limites de detecção variáveis a abaixo de níveis condriticos para os elementos terras raras. As análises também incluíram medidas de LOI.

ANEXO 3

**QUADRO DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ACTLABS PARA OS
ORTOGNAISSES DO COMPLEXO REGIAO DOS LAGOS**

ANEXO 4

ABREVIATURAS MINERAIS UTILIZADAS

ap – apatita
bt – biotita
cb – carbonato
cl – clorita
cpx – clinopiroxênio
di – diopsídio
ep – epidoto
hbl – hornblenda
Kfd – feldspato potássico
mcr – microclina
oxf – óxido de ferro
op – opacos
plg – plagiocásio
qtz – quartzo
ser - sericita
tit – titanita
zr - Zircão

ANEXO 5

MÉTODO DE REGRESSÃO

Para verificar o grau de correlação em uma associação de rochas, pode-se utilizar os métodos de regressão, que consistem no ajuste de uma curva a uma população de amostras no espaço xy e do cálculo de sua respectiva equação. No caso de uma reta, a equação que relaciona as variáveis x e y é:

$$y = ax + b$$

Onde: b é o valor de y dado pela reta no ponto $x = 0$;

a é o coeficiente angular da reta

Existem várias técnicas para se obter a equação de uma reta, como por exemplo:

- 1- Regressão pelo Método dos Mínimos Quadrados de y em x ;
- 2- Regressão pelo Método dos Mínimos Quadrados de x em y ;
- 3- Regressão pelo Eixo Maior;
- 4- Regressão Proporcional pelo Método dos Mínimos Quadrados;
- 5- Regressão Robusta.

Estas técnicas produzem resultados diferentes. Nesse trabalho foi utilizada a planilha de cálculos do EXCEL. Este programa aplica a regressão de y em x pelo método dos mínimos quadrados. Este método implica em reduzir a soma dos quadrados dos desvios verticais dos pontos sobre a curva. As constantes a e b são calculadas da seguinte forma:

$$a = R (s_y/s_x) ; b = \underline{y} - a\underline{x}$$

Onde: \underline{x} e \underline{y} são as médias das variáveis x e y ;

R é o coeficiente de correlação linear de Pearson;

s_y e s_x são os desvios padrões dos valores x e y das amostras;

Sendo R igual a:

$$\frac{\text{Covariância } (x,y)}{\sqrt{\text{variância } x \cdot \text{variância } y}}$$

A covariância $S_{xy} = \frac{\sum (x-x)(y-y)}{(n-1)}$

A variância $S_x = \frac{\sum (x-x)^2}{(n-1)}$; $S_y = \frac{\sum (y-y)^2}{(n-1)}$

Exemplo: Se $R=0,90$, logo $R^2=0,81$, o que significa que 81% da variância total de uma certa população pode ser explicada pela correlação. Os valores de significância de R dependem do número de amostras incluídas na regressão. Esses valores estão relacionados na tabela abaixo.

Quanto mais R se aproxima da unidade, melhor a correlação. O valor de R^2 é uma medida da fração da variância total de x e y que pode ser explicada pela relação linear.

Níveis de significância do Quadrado do Coeficiente de Regressão (R^2)

n (número de amostras)	f (grau de liberdade $f=n-2$)	80%	90%	95%	99%	99,9%
3	1	0,951	0,988	0,997	1,000	1,000
4	2	0,800	0,900	0,950	0,990	0,999
5	3	0,687	0,805	0,878	0,959	0,991
6	4	0,608	0,729	0,811	0,917	0,974
7	5	0,551	0,669	0,755	0,875	0,951
8	6	0,505	0,621	0,707	0,834	0,925
9	7	0,472	0,582	0,666	0,798	0,898
10	8	0,443	0,549	0,632	0,765	0,872
11	9	0,419	0,521	0,602	0,735	0,847
12	10	0,398	0,497	0,576	0,708	0,823
13	11	0,380	0,476	0,553	0,684	0,801
14	12	0,365	0,457	0,532	0,661	0,780
15	13	0,351	0,441	0,514	0,641	0,706
18	16	0,317	0,400	0,468	0,593	0,708
20	18	0,299	0,378	0,444	0,561	0,679
25	23	0,265	0,337	0,396	0,505	0,618
30	28	0,241	0,306	0,361	0,463	0,570
31	29	0,237	0,301	0,355	0,456	0,562
42	40	0,202	0,257	0,304	0,393	0,490
62	60	0,165	0,211	0,250	0,325	0,408
122	120	0,117	0,150	0,178	0,232	0,294

Exemplo: Para uma população de 10 amostras, o coeficiente de correlação $R=(0,672)$ ou $R^2=(0,820)$ é considerado significativo entre os níveis 99% e 99,99%.