Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Geologia

Victor Gustavo Mund da Rocha e Silva

Geologia, Petrografia, Geoquimica e Isótopos Sm-Nd e Sr-Sr da unidade Bingem e suas relações com o complexo Rio Negro, na área compreendida entre Xerém e Petrópolis, RJ

Rio de Janeiro
2011

Victor Gustavo Mund da Rocha e Silva

Geologia, Petrografia, Geoquimica e Isótopos Sm-Nd e Sr-Sr da unidade Bingem e suas relações com o complexo Rio Negro, na área compreendida entre Xerém e Petrópolis, RJ.

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tectônica, Petrologia e Recursos Minerais; Linha de Pesquisa: Evolução Tectônica de Faixas Móveis.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio de Morisson Valeriano

Rio de Janeiro

2011

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S586 Silva, Gustavo Mund da Rocha e.
Geologia, Petrografia, Geoquimica e Isótopos Sm-Nd e Sr-Sr da unidade Bingem e suas relações com o complexo Rio Negro, na área compreendida entre Xerém e Petrópolis, RJ / Victor Gustavo Mund da Rocha e Silva. – 2011.
147 f. : il.

Orientador: Cláudio de Morisson Valeriano.
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia.

1. Petrologia – Petrópolis (RJ) – Teses. 2. Petrografia – Arco Rio Negro (Geologia) – Teses. 3. Geologia isotópica – Rio de Janeiro (RJ) – Teses. 4. Geocronologia – Xerém (Rio de Janeiro, RJ) – Teses. 5. Geoquímica – Ribeira, Faixa da (RJ) – Teses. I. Valeriano, Cláudio de Morisson. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. III. Título.

CDU 552(815.3)

Bibliotecária responsável: Fernanda Lobo/ CRB-7:5265

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

_____ _____

Assinatura Data

Victor Gustavo Mund da Rocha e Silva

Geologia, Petrografia, Geoquimica e Isótopos Sm-Nd e Sr-Sr da unidade Bingem e suas relações com o complexo Rio Negro, na área compreendida entre Xerém e Petrópolis, RJ.

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tectônica, Petrologia e Recursos Minerais; Linha de Pesquisa: Evolução Tectônica de Faixas Móveis.

Aprovada em 22 de 09 de 2011.

Banca Examinadora:

_____

Prof. Dr. Cláudio de Morisson Valeriano

Faculdade de Geologia - UERJ

_____

Prof. Dr. Rubem Porto Jr.

Departamento de Geociências - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

_____

Prof. Dr. Miguel Tupinambá

Faculdade de Geologia - UERJ

Rio de Janeiro

2011

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho representa o encerramento de uma longa trajetória durante a qual não faltaram momentos de dificuldade. A transposição destes obstáculos não seria nada fácil sem o apoio e colaboração de diversas pessoas. O sucesso nesta etapa da minha vida deve-se também a essas pessoas, as quais serei eternamente grato.

Agradeço a toda a minha família, meu pai, irmã, tios, tia e sobretudo aos meus avôs Rudi e Ronaldo, minhas avós Sônia e Célia pelo suporte dado e, em especial, à minha mãe, Cristina Aurélia, e meu irmão João Pedro pelo apoio, desde o início, já na decisão de cursar Geologia, e pelo carinho e compreensão nos momentos difíceis e durante todo o curso. Também faço um agradecimento especial ao meu avô Rudi, que sempre me serviu de fonte de inspiração e durante toda a vida me incentivou no desenvolvimento acadêmico demonstrando sempre interesse pelo meu aprendizado. Agradeço ainda (in memorian), a minha querida bizinha vóvó Lydia, que apesar de não ter tido a oportunidade nem de me ver formado, foi também responsável pela formação do meu caráter e valores morais.

Não menos importante é a minha namorada, Mariana Carolina, que, desde o inicio, incentivou-me na realização de minhas obrigações, tanto na vida acadêmica como na vida pessoal. Esteve presente nos momentos de desespero que antecediam a maratona de entrega de relatórios, trabalhos e provas.

À família "Cardoso Cunha", minha segunda família, especialmente a, Sérgio, Virgínia, Fernando, Dona Dhalia e Seu Abílio, Dona Maria, Beto e Adriana. Estas pessoas só acrescentaram valor à minha vida, pessoal, cultural e acadêmica.

Agradeço aos funcionários da Biblioteca de Geologia da UERJ, Telma, Paulo e Cristina, sempre solícitos, compreensivos e simpáticos com os alunos.

Agradeço ainda ao corpo de funcionários da Faculdade de Geologia, começando pelo pessoal do LGPA – Laboratório Geológico de Preparação de Amostras, em especiel a a Maria Rosalva, a querida "ZAL" e Miguel Arcanjo, sempre muito solícitos, Jorge Barbosa, Alan, Nelson e outros que passaram pelo local. No Laboratório de Petrografia, agradeço ao funcionário Fábio e ao professor José Luis Peixoto, o ótimo professor de Mineralogia. No LET – Laboratório de Estudos Tectônicos, agradeço principalmente à funcionária Evânia Alves, exigente no cumprimento das regras, mas sempre solícita, atenciosa e alegre. Agradeço também a Thiago Racca, Mario e Bruno pela ajuda nas edições e impressões de mapas e painéis.

Ainda, no setor administrativo da faculdade, agradeço aos funcionários Jarbas, Roberto, Susi, Rose, Rose Anne, Miriam, Egberto, ao chefe de secretaria, Fernando, e a coordenadora de graduação, atual vice-diretora da faculdade, professora Lelia Maria de Araújo Kalil Thiago, sempre solícitos e atenciosos aos problemas dos alunos. Faço ainda um agradecimento especial e "in memorian", a Selminha que nos deixou cedo demais. Porque se os funcionários anteriormente citados são solícitos e atenciosos, a Selminha foi um verdadeiro anjo para nós alunos da Faculdade de Geologia, sempre colocando nossos problemas em primeiro lugar e nunca nos deixando "na mão" seja no dinheiro do campo, seja na hora da reclamação quanto a professores ou apenas na simplificação da interminável burocracia do funcionalismo público. Mais do que secretaria, a Selminha foi para nós uma mãe dedicada.

Pelas excelentes aulas ministradas na UERJ durante a graduação e o mestrado, agradeço aos professores José Luís Peixoto (Mineralogia), José Renato (Geologia Geral e Petrologia Metamórfica), Julio César Horta de Almeida, (Desenho Geológico e Estágio de Campo I), Renata Schmitt (Geologia Estrutural e Desenho Geológico), Mauro César Geraldes e Diana Ragatky (Geocronologia Isotópica), Egberto Pereira (Estratigrafia e Paleoambientes de sedimentação), Cláudio de Morisson Valeriano (Estágio de Campo I, Geotectônica e Geologia do Brasil I), Monica Heilbron (Geotectônica) e Cláudio Palmeiro do Amaral (Mecânica dos Solos, Mecânica das Rochas, Geologia de Engenharia e Geologia Ambiental).

Aos amigos de discussão Alex, Leozin, Felipe "Smurf", Rodrigo, Gabi, Joãozinho, Hugo, Kaká e Luiza que compunham um excelente grupo para confrontar idéias e conceitos de geologia no loreninha. Em especial ao amigo Thiago Falcão, com o qual trabalhei desde o primeiro estágio deste trabalho e esteve comigo em todas as etapas de campo, ao qual sou grato pela inspiração, apoio, incentivo e pelas longas conversas e troca de experiências de vida cotidiana e acadêmica.

Aos motoristas Cláudio, Walter Maciel e Walter "Bobô", por ajudarem nas etapas de campo do presente trabalho, bem como, em todas as viagens que as antecederam durante a graduação.

Aos professores Miguel Tupinambá, Beatriz Paschoal Duarte e Rubem Porto Jr. por aceitarem fazer parte da banca examinadora, pelo tempo gasto lendo o trabalho e pelos conselhos dados e compartilhamento de conhecimento. Agradeço em especial ainda ao professor Miguel Tupinambá pela cessão de dados que foram incorporados neste trabalho.

À Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil, que através do projeto de Levantamento da Geologia Básica, de cartas 1:100.000, numa parceria

com a Faculdade de Geologia da UERJ, folha Baía da Guanabara, patrocinou os recursos para custeio dos trabalhos de campo.

Faço, por fim, um agradecimento especial ao professor, mestre e orientador, Cláudio de Morisson Valeriano, com o qual convivo desde o início de minha "vida geológica" em projetos de iniciação científica. Sempre uma grande fonte de inspiração, ele é responsável por ter despertado em mim o interesse e o desejo pelo conhecimento, por me dedicar à pesquisa e à aquisição de conhecimentos ao longo de toda a graduação e pós-graduação, sempre me estimulando a participar de eventos científicos. Pela confiança que depositou em mim e pelas oportunidades de ascensão acadêmica que me foram dadas, me convidando para participar em trabalhos e projetos extra iniciação científica. Agradeço também pelo último incentivo, a orientação sem a qual a realização desta disertação seria impossível.

“Study nature, not books.”

Louis Agassiz (1807-1873)

RESUMO

ROCHA E SILVA, Victor Gustavo Mund. **Geologia, Petrografia, Geoquimica e Isótopos Sm-Nd e Sr-Sr da unidade Bingen e suas relações com o complexo Rio Negro, na área compreendida entre Xerém e Petrópolis, RJ**. 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

O trabalho consiste na caracterização da estrutura e da evolução deformacional dos ortognaisses e rochas granitóides compreendidas na porção entre Petrópolis e Xerém (RJ) da vertente meridional da Serra do Mar delimitadas pelas coordenadas geográficas 22° 30´ e 22° 35´ S e 43° 10´ e 43° 15´ E, com foco na Unidade Bingen, através de pesquisas de campo, estudos petrográficos, litogeoquímicos e isotópicos destas rochas. A geologia da área é dominada por ortgnaisses e granitos, os primeiros correspondendo às unidades Bingen e Santo Aleixo, ambas pertencentes ao Complexo Rio Negro e os útimos integrando variadas gerações de granitos sin-tectônicos, a tardi e pós-orogênicos. Durante as pesquisas de campo os Ortognaisses, foram mapeados, descritos e amostrados, sendo posteriormente classificados petrograficamente através de analises macro e microscópica em laboratório. As amostras também foram preparadas e submetidas a analises geoquímicas e geocronológicas cujos resultados foram tratados e analisados comparativamente aos dados de literatura disponíveis para o Complexo Rio Negro através de plotagem dos dados obtidos em diversos diagramas geoquímicos incluindo diagramas de classificação de rochas, séries magmáticas, índices de aluminosidade, proveniência tectônica, distribuição de terras raras etc., bem como diagramas de idades Modelo baseadas nas analises de Sm-Nd e Sr-Sr. Sustentando-se nos dados obtidos, conclui-se que as Unidades Bingen e Santo Aleixo representam respectivamente os termos menos e mais evoluidos de uma série magmática pertencente ao Complexo Rio Negro correspondendo, ás últimas, aos produtos finais gerados pelo arco. Estas Rochas teriam sofrido assim, durante sua colocação na crosta, contaminação por parte da placa superior, justificando assim sua química enriquecida em K_2O e seu componente isotópico levemente mais radiogênico que o usualmente observado para o Complexo Rio Negro.

Palavras-chave: Geoquimica. Lito-geoquímica. Petrografia. Faixa Ribeira. Complexo do Rio Negro. Arco Magmatico do Rio Negro. Geocronologia Isotópica. Unidade Bingen. Unidade Santo Aleixo.

ABSTRACT

ROCHA E SILVA, Victor Gustavo Mund. **Geology, Petrography, Geochemistry and Sm-Nd / Sr-Sr Isotopes of the Bingen unit and it's relations with the Rio Negro Complex, in the area between Xerém and Petrópolis, RJ**. 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

This work consists on the structure and deformational evolution characterization of the orthogneisses and granitoid rocks located in the southern slope of the Serra do Mar between Petrópolis and Xerém (RJ) delimited by the geographic coordinates 22° 30´ e 22° 35´ S e 43° 10´ e 43° 15´ E, focusing on the Bingen Unit, through field research, petrographic, litho-geochemic and isotopic studies. The geological setting of the area consists of orthogneisses and granites, the first ones corresponding to the Bingen and Santo Aleixo Units, both belonging to the Rio Negro Complex, and the last ones integrating many granite generations, ranging from sin-tectonics to late and post orogenic. During the field researches the orthogneisses were mapped, described and sampled, being posteriorly classified through macro and microscopic petrographic analyses in the laboratory. The samples were also prepared and submitted to geochemical and geochronological analyses whose results were treated and compared to the literature data available for the Rio Negro Complex through plotting obtained data in many geochemistry diagrams, including rocks classification, magmatic series, aluminum saturation index, tectonic provenience, rare earth elements distribution etc., as well as model age diagrams, based on the Sm-Nd, Sr-Sr isotope analyses. Sustained on the obtained data, the work concludes that the Santo Aleixo and Bingen Units represents respectively the less and more evolved terms of a magmatic series that belongs to the Rio Negro Complex and the last one, correspond to the last products generated by the arch. Those rocks, during its crustal placement, would've been contaminated by the overlapping plate, thus justifying its K_2O enriched chemistry and it's slightly more radiogenic isotopic component in comparison to the usually observed to the Rio Negro Complex.

Keywords: Geochemistry. Lito-Geochemistry. Petrography. Faixa Ribeira. Rio Negro Complex. Rio Negro Magmatic Arch. Isotope Geochronology. Bingen Unit. Santo Aleixo Unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Área de Estudos 19
Figura 2 – Formato do banco de dados gerado para o geoprocessamento 23
Figura 3 – Subdivisão do sistema orogênico Mantiqueira 27
Figura 4 – Mapa de Compartimentação da Faixa Ribeira - Segmento central da Província Mantiqueira 29
Figura 5 – Seção estrutural composta do Orógeno Ribeira com a relação entre os diferentes terrenos e domínios estruturais 30
Figura 6 – Mapa geológico e perfis estruturais simplificados do Orógeno Ribeira... 34
Figura 7 – Formato do banco de dados estruturais 44
Figura 8 – Diagramas de Medidas e redes de contagem para pólos de foliação 46
Figura 9 – Diagramas de Medidas para pólos de bandamento gnáissico 47
Figura 10 – Diagrama de Medidas e rede de contagem para foliação e bandamento gnáissico 47
Figura 11 – Foliação (xistosidade // bandamento) das rochas da área de estudo 48
Figura 12 – Diagramas de Contagem e Medidas de Lineação Mineral e de estiramento 49
Figura 13 – Mapa Geológico-Estrutural e Perfil geológico com ênfase em estruturas dúcteis 50
Figura 14 – Mapa de contorno estrutural 51
Figura 15 – Medidas de juntas na área de estudo 53
Figura 16 – Estereogramas das falhas na área de estudo 53
Figura 17 – Roseta da direção e mergulho dos planos de falha da área estudada 54
Figura 18 – Estereograma e roseta do sentido e caimento das estrias de falhas 54
Figura 19 – Classificação QAP das composições modais da Unidade Bingen 64
Figura 20 – Classificação QAP das composições modais da Unidade Santo Aleixo.. 69
Figura 21 – Classificação QAPF das composições modais da Unidade Canaã 74
Figura 22 – Classificação QAP das composições modais Suite Serra dos Órgãos 77
Figura 23 – Classificação QAP das composições modais do Granito Andorinha 81
Figura 24 – Diagrama QAP normativo de LeMaitre 1989 90
Figura 25 – Diagramas classificatório de Kosinowski..... 91

Figura 26 – Diagrama classificatório R1-R2 (La Roche et al., 1980) 91
Figura 27 – Diagrama classificatório Alcalis vs SiO_2 (Le Maitre, 1989) 93
Figura 28 – Diagrama Alcalis vs SiO_2 de Irvine e Baragar (1971) 94
Figura 29 – Diagrama AFM de Irvine e Baragar (1971) 94
Figura 30 – Diagrama K_2O x SiO_2 de LeMaitre, (1989) 95
Figura 31 – Diagrama classificatório de Shand (1943) 95
Figura 32 – Diagramas Harker das amostras analisadas quimicamente, com base nos elementos maiores..... 97
Figura 33 – Diagramas Harker das amostras analisadas quimicamente, com base em MgO e K_2O e em elementos traços..... 98
Figura 34 – Diagramas Harker das amostras analisadas quimicamente, com base nos elementos traços 99
Figura 35 – Classificação geotectônica Nb x Y de Pearce *et al*..... 101
Figura 36 – Classificação geotectônica Rb x Nb+Y de Pearce et al. 102
Figura 37 – Classificação geotectônica Ta x Yb de Pearce et al..... 102
Figura 38 – Classificação geotectônica Rb x Ta+Yb de Pearce et al..... 103
Figura 39 – Classificação geotectônica R1 x R2 de Batchelor & Bowden, 1985 104
Figura 40 – Padrão de distribuição dos elementos terras raras da Unidade Bingen.... 105
Figura 41 – Padrão de distribuição dos elementos terras raras da Unidade Bingen em comparação as demais unidades geotectônicas da região 107
Figura 42 – Padrão de distribuição dos elementos terras raras das Unidades Canaã e Santo Aleixo (BG-48), e amostra BG-49 (Unidade Bingen)..... 108
Figura 43 – Histograma de distribuição de idades modelo Tdm dos ortognaisses do Complexo Rio Negro e da Unidade Bingen 114
Figura 44 – Diagrama TDM de idades modelo de extração do manto..... 116
Figura 45 – Errócrona de referencia Rb/Sr x Rb/Rb traçada a partir dos dados Isotópicos e geoquímicos..... 118
Figura 46 – Diagrama Mantle Array para as amostras do Complexo Rio Negro, Leucogranitos, Batólito Serra dos Órgãos e Unidade Bingen 119

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Vegetação Densa e Mista da Mata Atlântica 21
Foto 2 – Solo Residual – Ponto BG-54 21
Foto 3 – Principais Litotipos na área de mapeamento 42
Foto 4 – Litotipos ortognáissicos na área de mapeamento 43
Foto 5 – Biotita Gnaisse Bingen, ponto BG-23 45
Foto 6 – Detalhe da Biotita Gnaisse Bingen (Ponto BG-23) 45
Foto 7 – Biotita Gnaisse Santo Aleixo alterado, ponto BG-44 46
Foto 8 – Dique de granito, Ponto BG-25 55
Foto 9 – Diques de diabásio, Ponto BG-57 56
Foto 10 – Brecha, Ponto BG-44 57
Foto 11 – Gnaisse homogêneo da Unidade Bingen, Ponto BG-02 58
Foto 12 – Ponto BG-25, variedade porfiroblástica do Gnaisse Bingen 59
Foto 13 – Ponto BG-08, extensiva intrusão granítica no gnaisse Bingen 60
Foto 14 – Lâmina BG-17a (Polarizadores cruzados e descruzados) 61
Foto 15 – Lâmina BG-08a (polarizadores cruzados e descruzados) 61
Foto 16 – Ponto BG-41, Gnaisse migmatítico bandado da unidade Santo Aleixo. 65
Foto 17 – Ponto BG-78 gnaisse bandado com enclaves maficas da unidade Santo Aleixo 66
Foto 18 – Lâmina BG-48 (nicois cruzados e descruzados) 67
Foto 19 – Lâmina BG-43 (nicois cruzados e descruzados) 67
Foto 20 – Lâmina BG-37 (nicois cruzados e descruzados) 68
Foto 21 – Ponto BG-56, aspecto geral das rochas da unidade Canaã..... 71
Foto 22 – Ponto BG-56, padrão escamado de intemperismo da Unidade Canaã ... 72
Foto 23 – Lâmina BG-56 (nicois cruzados e descruzados) 73
Foto 24 – Ponto BG-78, contato entre o granito Serra dos Órgãos e os gnaisses bandados da Unidade Santo Aleixo 75
Foto 25 – Amostra BG-76 granito Serra dos Órgãos em Xerém 76
Foto 26 – Lâmina BG-76 (nicois cruzados e descruzados) 77
Foto 27 – Ponto BG-07, típico afloramento do Granito Andorinhas 79
Foto 28 – Leucogranito rosado da Unidade Granito Andorinhas 79
Foto 29 – Lâmina BG-07 (nicois cruzados e descruzados)..... 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Domínios Tectônicos da Faixa Ribeira..... 29

Tabela 2 – Unidades litoestratigraficas da Faixa Ribeira 32

Tabela 3 – Dados petrográficos de rochas da Unidade Bingen 63

Tabela 4 – Dados petrográficos de rochas da Unidade Santo Aleixo..... 70

Tabela 5 – Dados petrográficos de rochas da Unidade Canaã..... 74

Tabela 6 – Dados petrográficos da Suite Serra dos Órgãos 78

Tabela 7 – Dados petrográficos de rochas da Unidade Granito Andorinhas 81

Tabela 8 – Relação das amostras selecionadas para análise geoquímica..... 85

Tabela 9 – Composições modais baseadas em petrografia das amostras selecionadas para análise química..... 85

Tabela 10 – Composições químicas de elementos maiores (%) e menores (ppm)..... 86

Tabela 11 – Composições químicas de elementos terras raras (ppm)..... 88

Tabela 12 – Razões La/Lu, La/Sm e Gd/La normalizadas pelo condrito e concentrações em ppm nestes elementos da Unidade Bingen 105

Tabela 13 – Razões La/Lu, La/Sm e Gd/ La normalizadas pelo condrito e concentrações em ppm nestes elementos das Unidades Canaã e Santo Aleixo (BG-48), e amostra BG-49 (Unidade Bingen) 108

Tabela 14 – Principais características geoquímicas da unidade Bingen em relação as demais unidades geotectônicas presentes na área de estudos 110

Tabela 15 – Resultados das análises de razões isotópicas de Sm-Nd..... 113

Tabela 16 – Resultados das análises de razões isotópicas de 87Sr-86Sr..... 117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACTLABS	*Activation Laboratories*
AFM	Al_2O_3, FeO, MgO
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
c.a.	cerca de
CTB	*Central Tectonic Boundary*
DRM-RJ	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro
E	Leste
ETR	Elementos terras raras
FGEL-UERJ	Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro
FUS-ICP	Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy employing lithium metaborate/tetraborate Fusion
GPS	*Global Positioning System*
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ID-TIMS	*Isotope Dilution – Thermal Ionization Mass Spectrometry*
LGPA-UERJ	Laboratório Geológico de Preparação de Amostras
LOI	*Loss on Ignition* (perda ao fogo).
N	Norte
NE	Nordeste
NW	Noroeste
QAP	*Quartz/Alkali Feldspar/Plagioclase*
QAPF	*Quartz/Alkali Feldspar/Plagioclase/Feldspathoid*
RJ	Estado do Rio de Janeiro
SRTM	*Shuttle Radar Topography Mission*
S	Sul
SE	Sudeste
SW	Sudoeste
TEKTOS	Grupo de Pesquisa em Geotectônica
USGS	*United States Geological Survey*
W	Oeste

LISTA DE SÍMBOLOS

°	Graus
´	Minutos
mm	Millimetro
%	Porcentagem
°C	grau Celsius
m	Metro
km	Quilômetro
km^2	Quilômetros quadrados
Sm	Samário
Nd	Neodímio
Sr	Estrôncio
Ma	*Million years*
>	Maior que
±	Mais ou menos
K	Potassio
U	Uranio
Pb	Chumbo
cm	Centímetro
ppm	Partes por milhão
Ga	*Billion years*

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	17
1	**OBJETIVOS E JUSTIFICATIVO DO ESTUDO**	18
2	**CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**	19
2.1	**Localização da área e vias de acesso**	19
2.2	**Aspectos Fisiográficos**	20
2.2.1	Clima	20
2.2.2	Vegetação	20
2.2.2	Solos	21
3	**METODOLOGIA**	22
3.1	**Estudo bibliográfico**	22
3.2	**Trabalho de campo**	23
3.3	**Geoprocessamento**	23
3.4	**Petrografia e Análise Modal**	24
3.5	**Litogeoquímica**	25
3.6	**Análises Isotópicas Sm-Nd e Sr-Sr**	26
4	**TRABALHOS ANTERIORES**	27
4.1	**Geologia Regional**	27
4.1.1	Contexto geotectônico	27
4.1.1.1	Província Mantiqueira	27
4.1.1.2	Faixa Ribeira	28
4.1.2	Unidades litoestratigráficas	32
4.1.3	Aspectos estruturais	33
4.2	**Geologia Local**	35
4.2.1	Terreno Oriental	36
4.2.2	Complexo Rio Negro	36
4.2.3	Unidades litológicas	38
4.2.3.1	Unidade Bingen	39
4.2.3.2	Unidade Santo Aleixo	39
4.2.3.3	Granito Andorinhas	40
4.2.4	Estudos litogeoquimicos	41

5 **CARACTERIZAÇÃO DA GEOLOGIA LOCAL** 42
5.1 **Análise Estrutural baseada em dados de campo** 44
5.1.1 Estruturas brasilianas 44
5.1.1.1 Foliação e Lineação 44
5.1.1.2 Mapa geológico-estrutural e perfil geológico 49
5.1.1.3 Mapa de contorno estrutural 51
5.1.2 Estruturas Meso-Cenozóicas e Terciárias 52
5.1.2.1 Falhas, fraturas e estrias 52
5.1.2.2 Diques e brechas 55
5.2 **Petrografia das unidades litológicos da área de mapeamento** 57
5.2.1 Características de campo e petrografia das principais unidades ortognaissicas encontradas na área de Mapeamento 57
5.2.1.1 Unidade Bingen 57
5.2.1.2 Unidade Santo Aleixo 64
5.2.1.3 Unidade Canaã 71
5.2.2 Características de campo e petrografia das unidades graníticas observadas na área de Mapeamento 75
5.2.2.1 Suite Serra dos Órgãos 75
5.2.2.2 Unidade Granito Andorinhas 78
5.3 **Discussões da geologia de campo** 82
5.3.1 Discussões da Análise Estrutural 82
5.3.2 Discussões do estudo petrográfico 83
6 **LITOGEOQUIMICA PRELIMINAR DAS ROCHAS DAS UNIDADES BINGEN E SANTO ALEIXO** 84
6.1 **Condições analíticas** 84
6.2 **Resultados das análises** 86
6.3 **Caracterização Geoquimica** 89
6.3.1 Classificação litológica das amostras 90
6.3.2 Afiliação magmática das amostras 93
6.3.3 Ambientação Geotectônica 100
6.3.4 Padrão de distribuição dos elementos terras raras 104
6.4 **Discussões da Análise Geoquímica** 109

7 **ESTUDO ISOTÓPICO** 112
7.1 **Procedimento analítico** 112
7.2 **Caracterização Isotópica** 112
7.2.1 Dados Isotópicos Sm-Nd 112
7.2.2 Dados Isotópicos Sr-Sr 117
7.3 **Discussões da Análise Isotópica** 120
8 **CORRELAÇÕES E COMPARAÇÕES DA UNIDADE BINGEN E ÁREA DE ESTUDO COM O COMPLEXO RIO NEGRO** 121
CONSIDERAÇÕES FINAIS 123
REFERÊNCIAS 124
APÊNDICE A – Terminologia Petrográfica 131
APÊNDICE B – Método analítico litogeoquímico 132
APÊNDICE C – Análise modal de tabletes de rocha com tingimento dos feldspatos 133
APÊNDICE D – Método analítico isotópico 136
APÊNDICE E – Tabela de Pontos Resumida 137
APÊNDICE F – Mapa de Pontos 149
APÊNDICE G – Mapa Geológico-Estrutural 150

INTRODUÇÃO

A presente dissertação de mestrado constitui um requisito parcial para a obtenção grau de mestre no programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Moveis, ministrado pela Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FGEL-UERJ).

O trabalho em questão consiste em um estudo da geologia da vertente meridional da Serra do Mar (Penha et al., 1980), no segmento entre Petrópolis e Xerém, a qual apresenta uma constituição geológica dominada por ortognaisses e granitos, os primeiros pertencentes aos complexos Bingen e Santo Aleixo e os últimos pertencentes a várias gerações, com destaque para a Suite Serra dos Órgãos, sin-tectônica, e várias suítes de granitos de colocação tardi a pós-orogênica (Junho, 1992). O trabalho foi realizado sob a orientação do Professor Doutor Cláudio de Morisson Valeriano.

Salienta-se ainda que o presente trabalho constitui-se em uma extensão da monografia de graduação intitulada “A Unidade Bingen e Suas Relações Com o Complexo Rio Negro, Na Área entre Xerém e Petrópolis, RJ” (Rocha_e_Silva, 2009) realizada anteriormente pelo próprio autor.

1 OBJETIVO E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

A presente dissertação de mestrado constitui um requisito parcial para a obtenção grau de mestre no programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Moveis, ministrado pela Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FGEL-UERJ).

O trabalho em questão consiste em um estudo da geologia da vertente meridional da Serra do Mar (Penha et al., 1980), no segmento entre Petrópolis e Xerém, a qual apresenta uma constituição geológica dominada por ortognaisses e granitos, os primeiros pertencentes aos complexos Bingen e Santo Aleixo e os últimos pertencentes a várias gerações, com destaque para a Suite Serra dos Órgãos, sin-tectônica, e várias suítes de granitos de colocação tardi a pós-orogênica (Junho, 1992). O trabalho foi realizado sob a orientação do Professor Doutor Cláudio de Morisson Valeriano.

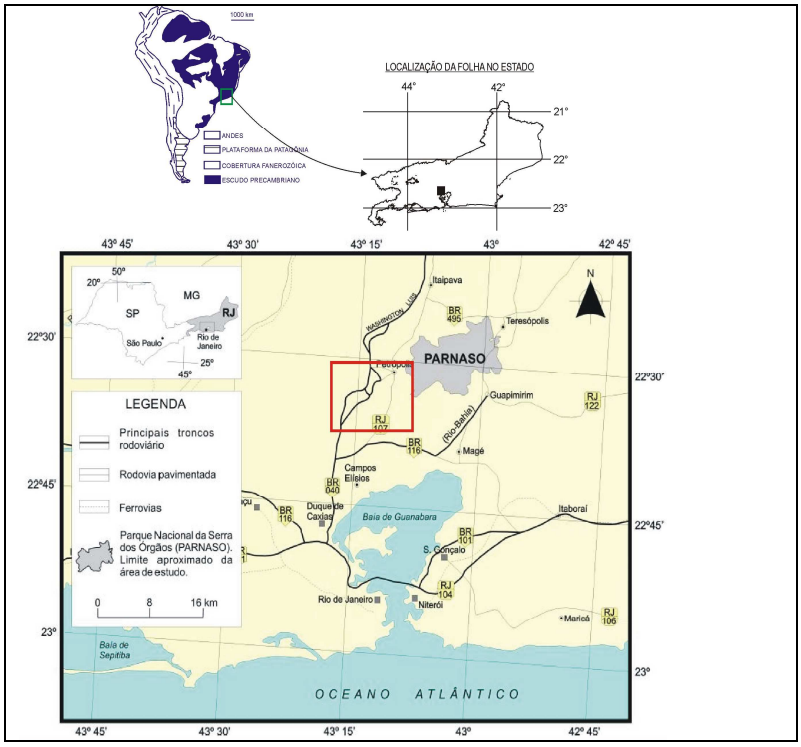
Salienta-se ainda que o presente trabalho constitui-se em uma extensão da monografia de graduação intitulada “A Unidade Bingen e Suas Relações Com o Complexo Rio Negro, Na Área entre Xerém e Petrópolis, RJ” (Rocha e Silva, 2009) realizada anteriormente pelo próprio autor.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização da área e vias de acesso

A área na qual foi realizado o estudo encontra-se assinalada na fig. 1, e compreende desde a base da região serrana do Estado do Rio de Janeiro, Serra dos Órgãos, nos arredores de Xerém, Vila Canaã, Imbarie, Inhomirim até o alto da serra, na Cidade de Petrópolis. Esta área possui cerca de 200km2 estando compreendida, aproximadamente, entre as coordenadas geográficas de 22° 30´ e 22°35' S e 43°10´ e 43°15´W.

Figura 1 – Localização da Área de Estudos



Legenda: Localização da área de estudos (em vermelho) e principais acessos no estado do Rio de Janeiro, e sua localização no continente sul americano.
Fonte: O autor, 2011.

Esta área se destaca pela existência de três rodovias que sobem a Serra do Mar e que proporcionam rara densidade e qualidade de exposição de afloramentos rochosos: as duas pistas paralelas de subida e descida da Rodovia Washington Luiz (BR-040), e, mais

para leste, a RJ – 107 (antiga estrada imperial de subida da Serra para Petrópolis) que parte de Piabetá. O principail acesso a essas rodovias é a Avenida Automóvel Clube que percorre toda a base da serra, se estendendo dos arredores de dos distritos de Xerém, Vila Canaã, Imbariê (Duque de Caixias), até o distrito de Inhomirim (Magé).

2.2 **Aspectos Fisiográficos**

2.2.1 Clima

O clima tropical úmido/ super úmido observado na Serra dos Órgãos, na qual a área de estudo encontra-se inserida, apresenta níveis pluviométricos médios anuais entre 1500 – 2000 mm. A estação chuvosa na região distribui-se entre os meses de outubro e março, nos quais concentram-se 70-80% das precipitações anuais. Nesta época há um predomínio de temperaturas mais ou menos elevadas, atingindo o máximo nos meses de dezembro e janeiro. Já no inverno as temperaturas são sensivelmente baixas, atingido o mínimo entre os meses de junho e julho. A temperatura média anual registrada varia entre 18-20ºC (Nimer 1979).

2.2.2 Vegetação

A região da Serra dos Órgãos insere-se no bioma da Mata Atlântica, originalmente disposta ao longo de quase toda a costa brasileira e atualmente desmatada em cerca de 95% da sua distribuição original (INPE, 2006). Este bioma compreende um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados que incluem floresta Ombrófila Densa, a Floresta Ombrófila Mista (Foto 1), Floresta Ombrófila aberta, Floresta Estacilnal semidecidual, a floresta Estacional Decidual, os manguezais, as restingas, os campos de altitudes e os brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste (Schaffer & Prochnow 2002).

Foto 1 – Vegetação Densa e Mista da Mata Atlântica

Legenda: Floresta Ombrófila Densa e Mista da Mata Atlântica, ao fundo represa do Rio Saracuruna
Fonte: O autor, 2011.

2.2.2 Solos

Na área de estudo, a existência de declives muito fortes, impedem o bom desenvolvimento de solo, tornando-se predominantes então, embora localmente possam ser observados latossolos, solos dos tipos litolítico, neossolo e cambissolo (IBGE, 2001). Ainda, nas regiões planas da base da serra, são encontrados solos dos tipos gley-húmico e latossolo, com perfil intempérico de até 50m de espessura, onde são observados pequenos morrotes de solo residual (foto 2), onde muitas vezes instalam-se saibreiras.

Foto 2 – Solo residual – Ponto BG-54

Fonte: O autor, 2011.

3 METODOLOGIA

O trabalho consistiu na caracterização da Unidade Bingen e sua inserção no contexto do Arco Magmatico Rio Negro. Para tanto foram realizadas campanhas de campo para amostragem e posterior análises químicas e isotópica das rochas da Unidade. Após as análises foram então gerados diagramas geoquímicos classificatórios de litologia, filiação magmática, ambientação tectônica, diagramas de Harker e de padrão de distribuição de terras raras, além de diagramas Isotópicos.

Foram ainda gerados diversos produtos que integrados, permitiram a caracterização da estrutura e da evolução deformacional dos ortognaisses e rochas granitóides da área. Figuram entre eles: perfil e mapas geológico-estrutural e de pontos; diagramas estereográficos com medidas de foliação, lineação, fraturas/falhas e estrias; banco de dados de informações coletadas em campo e fichas de descrições petrográficas. A metodologia empregada nas etapas deste estudo estão descritas em mais detalhe abaixo.

3.1 Estudo bibliográfico

Inicialmente foi realizado um levantamento sobre a geologia da porção NW da Folha Petrópolis 1:50.000, com ênfase nos trabalhos de Penha et al., (1979, 1980). Esta etapa envolveu também compilação da geologia, a partir de mapas geológicos do DRM-1978 na escala 1:50.000, e correlação com outros, de escalas regionais, como Machado Filho et. al, (1983), CPRM (2000) e UERJ-TEKTOS (2003).

A partir de trabalhos de campo iniciais, do estudo dos mapas geológicos disponíveis e de trabalhos anteriores, foi selecionada uma área de cerca de 200 km², que abrange parte das folhas topográficas 1:50.000 Petrópolis (porção NW) e Cava (Porção NE). Os critérios utilizados nesta seleção foram a grande expressão areal do Complexo Rio Negro, em particular as unidades Bingen e Santo Aleixo, associada ao fácil acesso e as raras densidade e qualidade de afloramentos encontradas nesta área.

3.2 **Trabalho de campo**

Os trabalhos de campo foram realizados na escala de semi-detalhe (1:50.000), ao longo das rodovias Washington Luiz (BR-040, pistas de subida e descida), da antiga Estrada Imperial (RJ-107), e da Avenida Automóvel Clube, que percorre toda a base da serra de Piabetá a Xerém. Durante os trabalhos foram reunidos dados estruturais e litológicos da área de estudos, coletados através de medições de foliação, lineação, fraturas, falhas, estrias, diques e também amostragem litológica das rochas. Para realização desta etapa foram utilizados os equipamentos básicos de campo, como bússola geológica, GPS, lupa de mão, canivete, martelo, caderneta de campo, escalímetro, transferidor e mapa de base topográfica. Esta atividade de campo foi também acompanhada da confecção de mapas de campo, para melhor interpretação e entendimento imediato dos dados observados em campo.

Ao fim das atividades de campo, foi construído um banco de dados em forma de uma tabela em formato Excel (Apêndice E) reunindo 360 entradas de valores de estruturas e dados litológicos coletados em 81 pontos durante os trabalhos de campo e organizados em varios campos conforme mostrado na Figura 2 (abaixo).

Figura 2 – Formato do banco de dados gerado para o geoprocessamento.

		WGS 84		Corrego Alegre				
Nome	Data	LAT	LONG	E	N	Altitude	Toponimia	Afloramento

Inteperismo	Rocha	Unidade	Tipo de estrutura	Azimute	Inclinação	L/P	Amostra	Lâmina	Geoquímica	Foto macro	Foto micro

Fonte: O autor, 2011.

3.3 **Geoprocessamento**

O geoprocessamento foi realizado em duas etapas. A primeira, pré-campo, consistiu na compilação de mapas anteriores e geração de novos mapas, para utilização durante os trabalhos de campo. Estes foram confeccionados utilizando-se os programas de computador Arcgis 9.1 e Autocad-Map 3D. Foram compilados nesta etapa:

a) O mapa topográfico, a partir das bases topográficas do IBGE, das folhas Petrópolis (SF-23-Z-B-IV-2) e Cava (SF-23-Z-B-IV-1), escala 1:50.000, e de fotos de satélites do Google Earth, e Landsat;

b) Os mapas hipsométrico, relevo sombreado, modelos de elevação do terreno e mapa de declividade, a partir de imagem de radar orbital da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), resolução 90m, United States Geological Survey (USGS) 2002, disponível em <http:// www.seamless.usgs.gov>;

c) Um mapa de compilação da Geologia, gerado a partir de mapas geológicos do DRM-RJ (1978) na escala 1:50.000, e correlação com outros RADAMBRASIL (1983), CPRM (2000) e UERJ-TEKTOS (2003), estes últimos em escalas mais regionais.

A segunda etapa consistiu no tratamento dos dados obtidos em campo. Nesta etapa foi confeccionado, utilizando-se programa de computador Arcgis 9.1, um Mapa Geológico revisado da área de estudos, com base nas as informações obtidas a partir trabalhos de campo, organizadas no banco de dados. A partir do banco de dados, foram gerados, também nesta etapa, os diagramas estereográficos através do programa de computador Stereonet, visando interpretação da orientação das estruturas.

3.4 **Petrografia e Análise Modal**

Para a realização do estudo petrográfico, foram confeccionadas 47 lâminas delgadas no Laboratório Geológico de Preparação de Amostras (LGPA-UERJ), escolhidas a partir de seleção das amostras coletadas em campo.

Após a laminação das amostras, foi realizada a descrição petrográfica macro e microscópica delas, com o preenchimento das informações em fichas contendo as descrições e a confecção de tabelas com o resumo das descrições realizadas. As terminologias utilizadas nesta descrição encontram-se listadas no Apêndice A. Os microscópios petrográficos utilizados nesta etapa são pertencentes ao Laboratório de Petrografia da Faculdade de Geologia da UERJ.

Para se obter uma melhor estimativa das proporções entre Quartzo, K-Feldspato e Plagioclásio, no intuito de se classificar as rochas da área num diagrama triangular QAP

(Streckeisen, 1976), foram confeccionados 18 tabletes de rocha dentre as amostras laminadas, priorizando as amostras encaminhadas para análise litogeoquímica, os quais foram, segundo a metodologia descrita no Apêndice C, tingidos com cobaltinitrito de sódio para coloração diferencial dos feldspatos, para contagem modal macroscópica. A contagem modal foi realizada utilizando-se o software para tratamento de imagens Corel Draw X5.

3.5 **Litogeoquímica**

A preparação de amostras para as análises geoquímicas foi realizada no Laboratório Geológico de Preparação de Amostras, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (LGPA-UERJ). À exceção do manuseio da serra diamantada, todo o processo de preparação de amostras foi realizado, sob supervisão técnica, pelo próprio autor do trabalho, e seguiu as seguintes etapas:

a) Desbaste de faces intemperizadas e corte, em serra diamantada de 14,5 polegadas, de 17 amostras selecionadas para análise geoquímica;

b) Britagem manual dos 17 tabletes confeccionados, utilizando marreta e bigorna;

c) Pulverização das 17 amostras britadas em moinho de bolas de tungstênio, gerando um mínimo de 20 gramas de pó de rocha para cada amostra.

As análises foram realizadas no Activation Laboratories (ACTLABS), em Ancaster, Ontário, Canadá. Quanto à metodologia e precisão das análises, detalhes maiores são fornecidos no Apêndice B. O laboratório informa que, no limite de detecção, os resultados têm erro de 100%. Para valores 10 vezes maiores que este limite tem erro de 20%, e quando 100 vezes maiores, o erro é de 1 a 5%. Mais informações sobre o método podem ser encontradas no Apêndice B – Método Analítico Litogeoquímico.

Para o tratamento dos dados resultantes das análises e geração dos diagramas foram utilizados os programas Excel 2010, Geochemical Data Toolkit (GCDkit) e NewPet. O software para tratamento de imagens Corel Draw X5 foi ainda utilizado na edição dos diagramas gerados.

3.6 **Análises Isotópicas Sm-Nd e Sr-Sr**

A preparação inicial das amostras para as análises isotópicas foi realizada no Laboratório Geológico de Preparação de Amostras, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (LGPA-UERJ). Todo o processo desta preparação inicial foi realizado, sob supervisão técnica, pelo próprio autor do trabalho, e seguiu as seguintes etapas:

a) Britagem manual das 10 amostras selecionadas, utilizando-se marreta e bigorna;

b|) Pulverização das 10 amostras anteriormente britadas em moinho de bolas de tungstênio, gerando um mínimo de 20 gramas de pó de rocha para cada uma delas.

A digestão das amostras e as análises isotópicas foram realizadas no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos (LAGIR), da FGEL-UERJ, através do método ID-TIMS (isotope dilution – thermal ionization mass spectrometry), no período de Maio a Junho de 2011.

Mais informações sobre o método podem ser encontradas no Apêndice D – Método Analítico Isotópico. Para tratamento dos dados resultantes das análises e geração dos diagramas foram utilizados o programa Excel 2010, suplemento de Excel Isoplot 3.0 de Ludwig (2003). O programa de computador de tratamento de imagens Corel Draw X5 foi ainda utilizado na edição dos diagramas gerados.