MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

Execução pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM
Superintendência Regional de Belo Horizonte, em Convênio com o
Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM

PIÚMA

FOLHA SF.24-V-A-VI

– ESTADO DO ESPÍRITO SANTO –

TEXTO EXPLICATIVO

ORGANIZADO POR

Wilson Luís Féboli

Edição patrocinada por

BRASÍLIA

1993

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Paulino Cícero de Vasconcellos
Ministro de Estado

SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
Luiz André Rico Vicente
Secretário

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM

Elmer Prata Salomão
Diretor

Jorge Antonio Zir Filho
Coordenador de Geologia e Produção Mineral

Emanuel Teixeira de Queiroz
Chefe do Serviço de Exploração Mineral e Metalogenia

Benedicto Waldir Ramos
Chefe da Divisão de Geologia

Frederico Lopes Meira Barbosa
Coordenador de Economia e Tecnologia Mineral

Walter Hugo Schmaltz
Chefe da Divisão da Produção *Mineral*

Gilberto Ruy Derze
Chefe do Serviço de Cartografia e Informação Geológica

Carlos Borba de Souza
Chefe da Divisão de Planejamento e Economia Mineral

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM

Carlos Oití Berbert
Presidente

Hermes Augusto Verner Inda
Diretor de Geologia e Recursos Hídricos

Antonio Juarez Milmann Martins
Diretor de Recursos Minerais

Fábio César Condé Rocha
Diretor de Administração e Finanças

Giuseppina Giaquinto de Araújo
Superintendente de Apoio e Desenvolvimento Tecnológico

Augusto Wagner Padilha Martins
Superintendente de Planejamento, Informática e Métodos

Cladis Antônio Pressotto
Superintendente Regional de Porto Alegre

Luíz Sguissardi do Carmo
Superintendente Regional de São Paulo

Osvaldo Castanheira
Superintendente Regional de Belo Horizonte

João de Castro Mascarenhas
Superintendente Regional de Recife

Fernando Pereira de Carvalho
Superintendente Regional de Manaus

José Carlos Vieira Gonçalves da Silva
Superintendente Regional de Salvador

Odair Olivatti
Superintendente Regional de Goiânia

Xafi da Silva Jorge João
Superintendente Regional de Belém

Atahualpa Valença Padilha
Chefe do Departamento de Geologia

PIÚMA

FOLHA SF.24–V–A–VI

ESCALA 1:100.000

I96

C P R M — D I O T E
ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º 2182-5
N.º de Volumes: 1 V: —
PHL-011160

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL
ESCALAS 1:250.000 – 1:100.000 – 1:50.000
(período 1985 – 1989)

COORDENAÇÃO NACIONAL DO PROGRAMA

Inácio de Medeiros Delgado
Valter José Marques

COORDENAÇÕES TEMÁTICAS

NACIONAL

Análises Minerais
Vânia N. de Araújo Mello
Bases de Dados
Ernesto von Sperling
Biblioteca
Tânia R.B. de M. Freire
Cartografia
Célio Lima de Macedo
Regina Célia G. Armesto
Cartografia Digital
Manoel Leite de Sá
Carlos Alfredo G. da Vinha
João B. de Vasconcellos

Editoração
Afonso H. de Souza Lobo
Jurema Ferreira da Silva
Financeira
Idelmar da Cunha Barbosa
Estratigrafia
Augusto José Pedreira
Amadeu Paiva Santos
Geofísica
Mário J. Metello
Geologia Estrutural
Reginaldo Alves dos Santos
Atahualpa Valença Padilha

Geologia Econômica
Ódimo Francisconi
Geoquímica
Carlos Alberto C. Lins
Raymundo J. Portella Brim
Geotectônica
Atahualpa Valença Padilha
Hidrogeologia
Antônio de Souza Leal
Litogeoquímica
Emiliano Cornélio de Souza
Metalogenia
Inácio de Medeiros Delgado

Petrologia
Luiz Carlos da Silva
Emiliano Cornélio dos Santos
Processamento de Dados
Gilberto G. da Vinha
Programa Grande Carajás
Orlando José B. de Araújo
Sensoriamento Remoto
Sérgio M. S. Guerra
Treinamento
Antônio José D. Rocha
Eduardo Camozzato

REGIONAL
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Coordenador
Claiton Piva Pinto
Carlos Alberto Heineck

Supervisores
Orivaldo Ferreira Baltazar
Atahualpa Valença Padilha
Claiton Piva Pinto

Estrutural
Orivaldo Ferreira Baltazar

Petrologia
Frederico Ozanan Raposo

Hidrogeologia
José do Espírito Santo Lima

Metalogenia
Carlos Alberto Heineck

Geoquímica
Cláudio José Marques de Souza
Hélio Antônio de Souza

Geofísica
Antonino Juarez Borges

CIEG Ouro Preto
Hélio Antônio de Souza

Treinamento
João Batista Carvalhaes

FOLHA PIUMA

Os nomes em itálico referem-se aos atuais responsáveis pelas coordenações

CRÉDITOS DE AUTORIA

TEXTO EXPLICATIVO:

PARTE I
- Capítulo 1 João Bosco Viana Drumond
- Capítulo 2 José Heleno Ribeiro
- Capítulo 3 Antônio de Souza Leal e Wilson Luís Féboli (item 3.1), José Heleno Ribeiro (item 3.2)
- Capítulo 4 Wilson Luís Féboli

PARTE II
- Capítulo 1 Wilson Luís Féboli
- Capítulo 2 Wilson Luís Féboli, José Heleno Ribeiro (item 2.5)
- Capítulo 3 Atahualpa Valença Padilha
- Capítulo 4 Adolfo Alves de Souza, Cláudio José Marques de Souza
- Capítulo 5 Edson Lopes Barreto
- Capítulo 6 Atahualpa Valença Padilha
- Capítulo 7 Nicola Signorelli
- Capítulo 8 Nicola Signorelli, Carlos Alberto Heineck

PARTE III
- Capítulo 1 Wilson Luís Féboli (item 1.1), Adolfo Alves de Souza e Cláudio José Marques de Souza (item 1.2), Edson Lopes Barreto (item 1.3), Nicola Signorelli (item 1.4)
- Capítulo 2 Wilson Luís Féboli (item 2.1), Adolfo Alves de Souza e Cláudio José Marques de Souza (item 2.2), Edson Lopes Barreto (item 2.3), Nicola Signorelli (item 2.4)

CARTAS:

Geológica:
Wilson Luís Féboli, e
José Heleno Ribeiro

Metalogenética-Previsional:
Nicola Signorelli

ACOMPANHAMENTO TÉCNICO
Mário Jorge G. Fonseca
DNPM/Rio de Janeiro

APOIO TÉCNICO

Chefe do Projeto
João Bosco Viana Drumond

Cartografia
Alba Martinho Coelho
Elizabeth A. Cadête Costa
João de Matos Leão
Terezinha I. C. Pereira

Abstract e revisão do texto
Antonia D Arc Levy de Queiroz

Petrografia
Antônio Gilberto Costa
Márcia Zucchetti
Newton Souza Gomes

Integração Petrográfica
Ignês Gomes Guimarães

Amostragem Geoquímica
Airton Policarpo Pereira
Rubens Rioga Teruel
Leonildo Amadeu Nogueira

Coordenação editorial a cargo do
Núcleo de Edições Técnicas – NUTEC
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

FÉBOLI, Wilson Luís

Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Piúma. Folha SF.24-V-A-VI. Estado do Espírito Santo. Escala 1:100.000. Org. por Wilson Luís Féboli. Brasília, DNPM/CPRM, 1993.

140 p., ilust., 2 mapas dobr.

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais através do Convênio com o Departamento Nacional da Produção Mineral.

1. Geologia. – Espírito Santo. Mapas. I. Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. II. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. III. Título.

CDD: 558.15
CDU: 55(815)

SUMÁRIO

RESUMO i
ABSTRACT iii

PARTE I – INTRODUÇÃO
Capítulo 1 – Histórico e Objetivos 3
Capítulo 2 – Localização e Acesso 5
Capítulo 3 – Geografia e Geomorfologia 7
3.1 Aspectos Fisiográficos e Sócio-Econômicos 7
3.2 Geomorfologia 8
Capítulo 4 – Metodologia 11

PARTE II – GEOLOGIA DA FOLHA PIÚMA
Capítulo 1 – Contexto Geológico Regional 17
Capítulo 2 – Estratigrafia 21
2.1 Comentários Gerais 21
2.2 Complexo Paraíba do Sul 21
2.2.1 Aspectos Gerais 21
2.2.2 Gnaisses Aluminosos – Pps1 24
2.2.2.1 Considerações Petrogenéticas 26
2.2.3 Sillimanita-biotita-gnaisses granatíferos – Pps2 27
2.2.4 Considerações petroquímicas 28
2.3 Rochas Plutônicas 31
2.3.1 Intrusivas sin- a tardi-tangenciais 31
2.3.1.1 Ortognaisses porfiroblásticos tipo Palmital – Pγ1 33
2.3.1.2 Ortognaisses graníticos tipo Cachoeiro – Pγ1a 34
2.3.1.3 Ortognaisses tonalíticos tipo Virgínia Velha – Pγ1b 39
2.3.1.4 Ortognaisses graníticos tipo Alfredo Chaves – Pγ1c 40
2.3.1.5 Ortognaisses granulíticos – Pγgl/Pγglt 41
2.3.1.5.1 Considerações petrogenéticas 43
2.3.2 Intrusivas tardi a pós-transcorrentes 44
2.3.2.1 Maciço Rio Novo do Sul – ∈γ3rns 44
2.3.2.2 Maciço Iconha – ∈γ3ic 46
2.3.2.3 Diorito Concórdia – ∈γtc 47
2.3.3 Intrusivas pós-transcorrentes – Oγ4 47
2.3.4 Considerações petroquímicas 48
2.4 Grupo Barreiras – Tb 60
2.5 Depósitos Sedimentares (Qa – Qm) 61

Capítulo 3 – Geologia Estrutural 67
3.1 Introdução 67
3.2 Domínios Estruturais 68
3.2.1 Domínio I 68
3.2.2 Domínio II 68
3.2.3 Domínio III 70
3.2.4 Domínio IV 70
3.2.5 Domínio V 70
3.2.6 Domínio VI 70
3.3 Discussão 71

Capítulo 4 – Geoquímica 73
4.1 Sistemática Adotada 73
4.1.1 Planejamento 73
4.1.2 Amostragem e Técnicas analíticas 73
4.1.3 Interpretação dos Dados 73
4.2 Resultados Obtidos 73
4.2.1 Estimadores Geoquímicos 73
4.2.2 Correlações 73
4.2.3 Discussão das Anomalias 73
4.2.4 Distribuição dos minerais na fração pesada dos concentrados de bateia 78

Capítulo 5 – Geofísica 81
5.1 Sistemática Adotada 81
5.2 Dados Utilizados 81
5.2.1 Aerogeofísica 81
5.2.2 Geofísica Terrestre 81
5.3 Interpretação e Correlação de Dados 81
5.3.1 Interpretação geofísica regional 81
5.3.1.1 Gravimetria 81
5.3.1.2 Aeromagnetometria 87
5.3.2 Interpretação Geofísica da Folha Piúma 88
5.3.2.1 Aeromagnetometria 88

Capítulo 6 – Evolução Geológica 91
6.1 Considerações preliminares 91
6.2 Domínios Geotectônicos 92
6.2.1 Paraplataforma de Mutum 92
6.2.2 Cinturão de Cisalhamento de Baixo Ângulo Muqui-Colatina 92
6.3 Proposta de Síntese Evolutiva 93

Capítulo 7 – Geologia Econômica 95
7.1 Panorama Mineral 95
7.1.1 Materiais de Construção 95
7.1.2 Conchas Calcárias 95
7.1.3 Água mineral 96
7.1.4 Monazita, Ilmenita, Zirconita e Rutilo 96
7.1.5 Areia quartzosa 97
7.1.6 Turfa 97
7.1.7 Grafita 98
7.2 Aspectos ambientais 98

Capítulo 8 – Metalogenia 99
8.1 Introdução 99
8.2 Panorama Metalogenético 99
8.2.1 Complexo Paraíba do Sul 99

8.2.1.1 Gnaisses Aluminosos – Pps1 99
8.2.1.2 Sillimanita-biotita-gnaisses granatíferos – Pps2 100
8.2.2 Intrusivas Sin- a Tardi-Tangenciais 100
8.2.2.1 Ortognaisses Porfiroblásticos – Pγ1a 100
8.2.2.2 Ortognaisses Tonalíticos – Pγ1b 101
8.2.2.3 Ortognaisses Graníticos – Pγ1c 102
8.2.2.4 Ortognaisses Granulíticos – Pγgl/Pγglt 102
8.2.3 Intrusivas Tardi a Pós-Transcorrentes – ∈γ3/∈γ 103
8.2.4 Intrusivas Pós-Transcorrentes – Oγ4 103
8.2.5 Grupo Barreiras – Tb 104
8.2.6 Sedimentos Litorâneos – Qm 104
8.2.7 Sedimentos Aluvionares – Qa 104

PARTE III – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES
Capítulo 1 – Conclusões 107
1.1 Geologia 107
1.2 Geoquímica 107
1.3 Geofísica 107
1.4 Metalogenia 107

Capítulo 2 – Recomendações 109
2.1 Geologia 109
2.2 Geoquímica 109
2.3 Geofísica 109
2.4 Metalogenia 109

Referências Bibliográficas 111

APÊNDICES
Súmula dos Dados de Produção
Ilustrações Fotográficas

ANEXOS
. Carta Geológica 1:100.000
. Carta Metalogenética-Previsional

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados do levantamento geológico na escala 1:100.000 executado na Folha Piúma, que compreende uma área de aproximadamente 2.200Km^2, situada no Estado do Espírito Santo e limitada pelos paralelos 20° 30' e 21° 00'S e meridianos 40° 30' e 41° 00' WGr.

Foram cartografados os seguintes conjuntos litológicos principais:

1 – Complexo Paraíba do Sul, composto por uma seqüência marinha distal (gnaisses aluminosos e rochas calcissilicáticas associadas) e uma sequência marinha proximal, de caráter vulcano-sedimentar (sillimanita-biotita-gnaisses quartzosos com anfibolitos intercalados e ocorrências de quartzitos e calcissilicáticas).

2 – Rochas plutônicas reunidas em três suítes graníticas relacionadas às deformações tangencial e transcorrente, e ao magmatismo pós-transcorrência.

3 – Sedimentos fanerozóicos, representados pelo Grupo Barreiras e pelas coberturas recentes, fluviais e marinhas.

A caracterização litoquímica das rochas do Complexo Paraíba do Sul indica que os gnaisses aluminosos têm como protólitos folhelhos e grauvacas subordinadas. O vulcanismo básico a intermediário é de caráter toleítico, e está associado a ambiente de arco vulcânico.

As rochas plutônicas sin- a tardi-deformação tangencial foram caracterizadas como granitóides calcialcalinos, meta a peraluminosos. Os plutonitos tipo Alfredo Chaves (Pγ1c) constituem granitóides de fonte crustal.

O magmatismo tardi- a pós-transcorrência também é calci-alcalino, meta a peraluminoso e de origem tipicamente mantélica.

Os dados coligidos possibilitaram a elaboração de uma carta metalogenética-previsional na escala 1:100.000, onde foram ressaltadas áreas comprovadamente mineralizadas, contendo ocorrências de ouro, monazita, ilmenita, zirconita, rutilo, grafita, turfa, areia e pedras ornamentais.

ABSTRACT

The present report concerning the Piúma Sheet deals with the results of the geological survey carried out over an area of about 2.200Km^2, localized within 20° 30' to 21° 00' S parallels and 40° 30' to 41° 00' W Greenwich meridians in the Espírito Santo State.

The major lithological sets mapped in the area are as follows:

1 – Parafba do Sul Complex – composed of a distal marine sequence (aluminous gneisses and associated calc-silicattic rocks) and another proximal marine one of volcanic-sedimentary character (sillimanite – biotite quartzy gneisses with intercalated amphibolites and quartzites occurrences and calc-silicattics).

2 – Plutonic rocks assembled into three granitic suites related to tangential and transcurrent deformations and pos-transcurrence magmatism.

3 – Phanerozoic sediments represented by Barreiras Group and recent fluvial and marine covering.

The lithochemical characterization of the Parafba do Sul Complex points out shales with subordinated graywackes as protholites for the aluminous gneisses, and the basic to intermediate volcanism as being of tholeiitic character as well as associated to volcanic – arc environment.

Syn to tardy – tangential deformation plutonic rocks have been characterized as meta to peraluminous calc-alkaline granitoids. Alfredo Chaves – type plutonites constitute the crustal source granitoids. The tardy to pos-transcurrence plutonism probably of mantle origin, also is meta to peraluminous calc-alkaline.

Collected data have permitted to work out a previsional-metallogenetic map, on the 1:100.000 scale, showing proved mineralized areas with gold, monazite, ilmenite, zirconite, rutile, graphite, past, sand and decorative stones occurrences.

PARTE I

INTRODUÇÃO

Capítulo 1
Histórico e Objetivos

por
João Bosco Viana Drumond

O Projeto Cachoeiro de Itapemirim é parte integrante do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, ora em execução pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM para o Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. O início operacional deste projeto data de fevereiro de 1986. Reúne seis folhas de 30'x 30', de uma região que abrange tratos dos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais. Tal área foi selecionada com base em critérios técnicos ditados pelos resultados obtidos no Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais da Folha Colatina (SE.24-Y-C), na escala 1:250.000, e em reuniões de consenso com a comunidade geológica regional.

O fato é que a carência de informações mais apuradas em setores metalogeneticamente promissores, como os de Baixo Guandu e Colatina, justificou perfeitamente a necessidade de se obter um maior volume de dados geológicos, indispensáveis para o conhecimento mais abrangente e eficaz da potencialidade mineral, não só daqueles sítios como de outros, também expressivos, que lhes são adjacentes.

Convém salientar que outros trabalhos prévios também contribuíram na seleção da área em apreço, como os mapeamentos geológicos dos projetos Espírito Santo (Silva & Ferrari, 1976); Jequitinhonha e Mimoso do Sul (Fontes *et al.*, 1978 e 1981); Reconhecimento Geoquímico Guandu-Castelo (Bosum *et al.*, 1974); Reconhecimento Geológico-Geoquímico e Geofísico Cachoeiro-Mucurici (Hagen *et al.*, 1975); e o trabalho específico de prospecção de ouro – Prospecto Faixa Guarapari-Vitória (Vieira, 1980) – os quais geraram dados indicativos de potencialidade mineral merecedora de maiores estudos, com identificação das áreas promissoras para minerais econômicos.

Além da necessidade de um mapeamento geológico detalhado do Estado do Espírito Santo, existem outros fatores que também influenciaram na proposição deste Projeto: o posicionamento geotectônico da área no domínio da faixa móvel, onde ocorrem rochas das fácies granulito e anfibolito comprovadamente passíveis de conter depósitos de sulfetos metálicos (cobre, níquel, cromo), talco, magnesita e amianto; a presença expressiva de corpos graníticos intrusivos , na maioria diferenciados e com possibilidades de mineralizações de Sn, Mo e Au; a existência de depósitos aluvionares auríferos, cuja mineralização primária é desconhecida; a presença de níveis calcissilicáticos localmente mineralizados em scheelita; a abundância de pegmatitos, alguns portadores de água-marinha e turmalina; o registro de depósitos de minerais pesados, principalmente monazita e associados em sedimentos praianos e aluvionares; e a existência de jazidas e minas de mármore no extremo sudeste da área.

Propôs-se, então, um mapeamento geológico na escala 1:100.000, a fim de se conhecer a litoestratigrafia, o condicionamento estrutural e a paleogeografia das diversas unidades geológicas e as suas mineralizações. Os resultados obtidos estão sintetizados na Carta Geológica e na Carta Metalogenética-Previsional. Esta última mostra os controles litoestruturais e litoambientais das mineralizações e a previsão de ambientes geológicos propícios a mineralizações que definem as zonas favoráveis à pesquisa mineral. As folhas selecionadas, segundo o Corte Cartográfico Internacional (CIM), foram Baixo Guandu (SE.24-Y-C-V), Colatina (SE.24-Y-C-VI), Afonso Cláudio (SF.24-V-A-II), Domingos Martins (SF.24-V-A-III), Cachoeiro de Itapemirim (SF.24-V-A-V) e Piúma (SF.24-V-A-VI), que compõem o Projeto Cachoeiro de Itapemirim.

Capítulo 2
Localização e Acesso

por
José Heleno Ribeiro

Situa-se entre os meridianos de 40° 30' e 41° 00'WG e paralelos 20° 30' e 21° 00' de latitude Sul, na região sul do Espírito Santo (figura I.2.1). Os principais centros populacionais são as cidades de Guarapari, Alfredo Chaves, Anchieta, Iconha, Rio Novo do Sul e Piúma. Outras vilas de menor porte são Matilde, Carolina, Castelinho, Duas Barras, Crubixá, Ibitiruí, Cachoeira Alta, Rio Calçado, São Félix, São Miguel, Todos os Santos, Sagrada Família, Jabaquara, Bom Destino, Rodeio, Vila Nova, Iriritimirim e outras de menor expressão. Na faixa litorânea destacam-se alguns povoados, antigas vilas de pescadores, que hoje constituem alguns dos principais balneários do estado, como Iriri, Ubu, Meaípe, Maimbá, Itaoca e Itaipava.

O principal acesso à área é feito pela BR–101, que liga Vitória ao Rio de Janeiro, com variantes pavimentadas para os principais centros urbanos, principalmente aqueles situados à beira-mar, que são interligados entre si pela rodovia ES–060. Existem também inúmeras estradas cascalhadas de grande porte interligando o interior da folha e que servem de escoamento para os muitos produtos aí produzidos. Algumas dessas estradas servem de ligação entre a BR–101 e a BR–262.

A região é também servida pela estrada de ferro RFFSA-Leopoldina, que liga Cachoeiro de Itapemirim, na folha contígua a oeste, e Araguaia, na Folha Domingos Martins a norte, cortando transversalmente o canto NW da área.

O aeroporto mais próximo é o de Vitória, com vôos regulares para outras capitais, mas existem também os aeroportos de Guarapari e Cachoeiro de Itapemirim, sem vôos regulares.

O serviço de telefonia existe em todas as cidades e na maioria das vilas, que são servidas pelo sistema DDD.

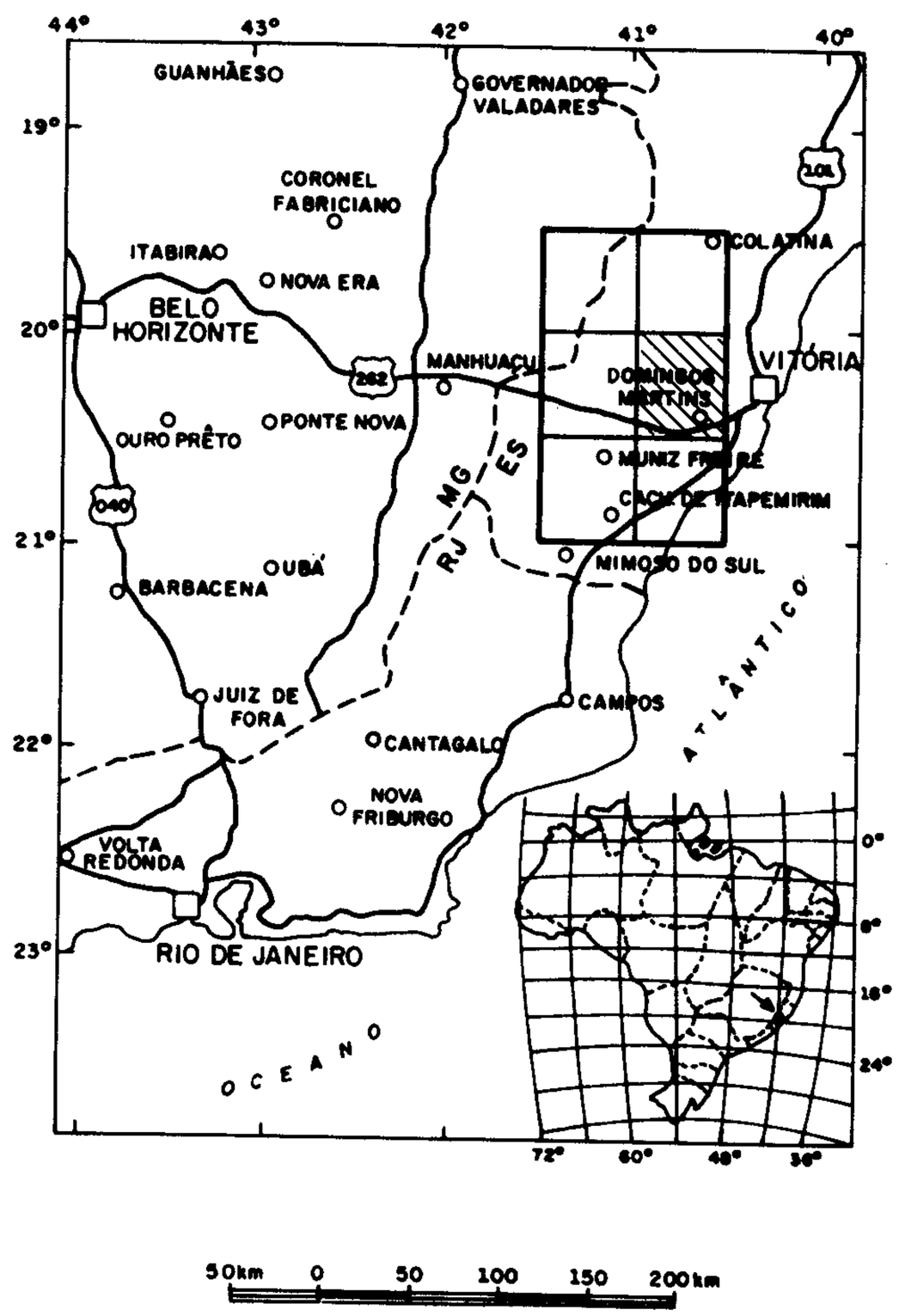


Figura I.2.1 – Mapa de localização da Folha Piúma.

Capítulo 3
Geografia e Geomorfologia

por
Antônio de Souza Leal e Wilson Luís Féboli (item 3.1) e
José Heleno Ribeiro (item 3.2)

3.1 Aspectos Fisiográficos e Sócio-Econômicos

Clima – De acordo com a classificação de W. Koeppen, a área está sob o domínio dos grupos climáticos designados pelas letras A (tropical) e C (mesotérmico), compreendendo os tipos Aw (úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno), Am (úmido, sem estação seca pronunciada) e Cf (úmido, sem estiagem).

O clima tropical úmido abrange mais de 65% da área, com domínio nas baixadas litorâneas, nos tabuleiros terciários, a sul, na região do rio Itapemirim e nos vales que dissecam as serras e suas encostas. Mais de 65% da precipitação total cai nos meses da primavera e do verão, menos numa estreita faixa na encosta inferior da zona serrana, que apresenta uma estação seca pouco pronunciada.

Na porção elevada a noroeste da área ocorre um clima mesotérmico úmido com chuvas mais abundantes no verão, mas com pluviometria superior a 60mm em todos os meses do ano.

A época das chuvas vai de outubro a abril, sendo dezembro o mês mais chuvoso. A distribuição das chuvas sofre uma influência marcante do relevo e da exposição das serras. As precipitações crescem do sul (1.000mm no vale do Itapemirim), para norte, e do litoral para oeste, atingindo o máximo nas partes mais elevadas do planalto cristalino (1.795mm em Duas Serras e 1.840mm em Matilde), decrescendo em seguida para uma faixa de 1.500mm no canto noroeste da folha com a aproximação do Pico da Pedra Azul, este já fora da área. Quanto à incidência de chuva, estas atingem 150 dias na zona serrana, decaindo para 90 dias no vale do Itapemirim.

As isotermas anuais, à semelhança das precipitações, caracterizam-se pelos contrastes condicionados pelo relevo. Com exceção das zonas elevadas, a noroeste, as temperaturas são altas durante todo o ano, com médias anuais variando de valores pouco acima de 23°C no litoral a menos de 18°C nas serras da Maravilha e do Richmond. O período mais quente vai de janeiro até março, e o mais frio de junho até agosto, sendo fevereiro o mês mais quente e julho o mais frio. A umidade do ar apresenta uma média anual de 80% e cresce, ligeiramente, do litoral para o interior.

A área em estudo está sob o domínio do anticiclone semifixo do Atlântico Sul, que acarreta ventos de nordeste e noroeste. No verão, com o predomínio da depressão térmica do interior do continente, surgem os ventos de norte e noroeste.

Hidrografia – A drenagem é densa, diversificada e altamente influenciada pela natureza geológica e topográfica do terreno. Nas áreas de rochas cristalinas e cristalofilianas, encontra-se perfeitamente adaptada às direções estruturais mais fortes.

Na região serrana os rios caem rapidamente de nível, dando origem a uma série de cachoeiras, entre as quais as de Bela Vista e Engenheiro Rive, no rio Benevente, e Salto Grande e Confiança, no rio Iconha. Os rios mais importantes são, além dos citados, o rio Novo – que descreve um verdadeiro semicírculo desde sua cabeceira, na serra do Richmond, até o seu encontro com o rio Iconha, já próximo da costa – e o rio Itapemirim que forma, à semelhança dos demais rios da área em seus cursos inferiores, uma larga superfície de inundação.

Vegetação – A estrutura vegetal é muito variável, ocorrendo três tipos de vegetação dispostos em faixas aproximadamente paralelas ao litoral. Na metade noroeste da folha domina a mata mesófila ou subcaducifólia tropical. No litoral ocorre a "vegetação litorânea" composta de diferentes formações, como as das praias, restingas e mangues. Entre essas duas faixas, seja na zona dos "tabuleiros" ou das "serras interiores", ocorre a floresta subperenifólia. Essa mata, em sua quase totalidade, foi sacrificada em nome do progresso, restando menos de 10% da vegetação original. Domina atualmente uma cobertura florística secundária, representada por formações densas de gramíneas (pastagens) e, nas encostas das serras, por cafezais.

Solo – Em função da diversificação do relevo, da litologia e da estrutura, a área apresenta uma grande variedade de tipos de solos, destacando-se nas áreas de relevo forte, ondulado e montanhoso, os latossolos, vermelho-amarelo distróficos (LVd2, LVd3, LVd4, LVPd2, LVPd12 e LVPd13) e os cambissolos distróficos (Cd1, Cd2). Ocorrem ainda os solos podzólicos vermelho-

amarelos (PV3), os solos orgânicos distróficos (várzeas) e areias marinhas distróficas (praias e restingas).

Aspectos sócio-econômicos – As atividades econômicas da área estão divididas em dois domínios principais: o litoral, onde predomina a atividade pesqueira e o turismo, e o interior, que tem seu suporte econômico baseado na agropecuária.

Na agricultura, a banana e o café constituem os bens mais importantes, sendo o município de Alfredo Chaves o maior produtor de bananas do estado. O café geralmente é plantado na região noroeste da folha, mais montanhosa. As culturas temporárias, representadas por feijão e milho, distribuem-se por toda a área, ficando em plano bastante secundário.

Na pecuária destaca-se principalmente a bovinocultura e, com menor expressão, a suinocultura. Existem também algumas granjas e poucos haras.

Todas as cidades são servidas por abastecimento de água e a energia elétrica chega a todos os locais. A rede de telefonia está instalada em praticamente todos os pequenos povoados, inclusive com DDD.

Uma boa parcela dos municípios é servida por sistema bancário e serviços postais.

A indústria representa uma parcela muito pequena da economia, estando geralmente relacionada ao turismo. Predomina a atividade artesanal.

A atividade mineira é muito pouco expressiva, sendo representada pela extração de granito e charnockito/enderbito para utilização como pedra ornamental, e de areia utilizada na construção civil.

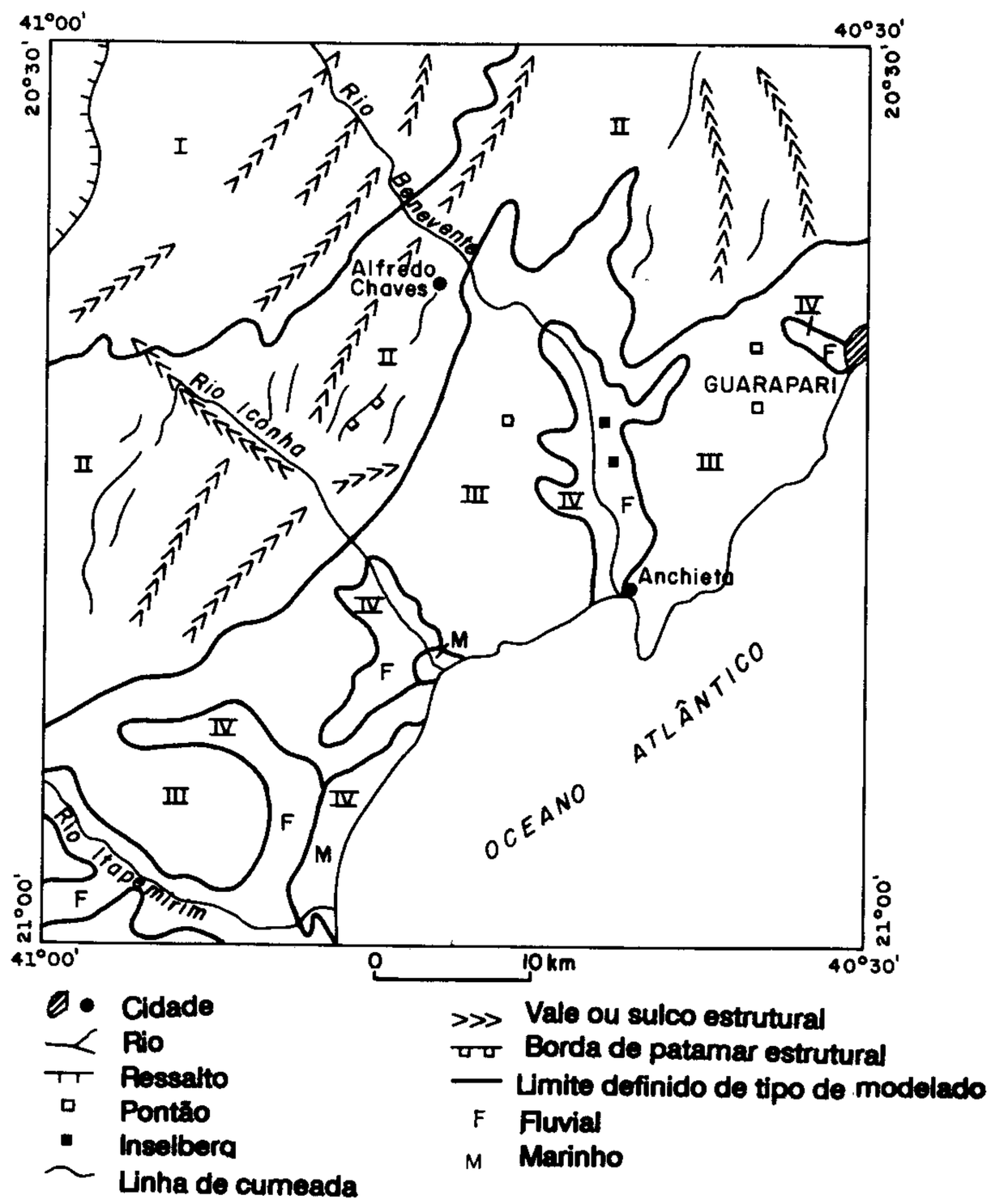


Figura I.3.1 – Mapa geomorfológico da Folha Piúma (modificado do Projeto RADAMBRASIL, vol. 32, 1983).

3.2 Geomorfologia

O arcabouço geomorfológico, definido através da diversificação das formas de relevo de uma determinada área, é função direta de importantes eventos tectono-estruturais, tipo litológico e fatores paleoclimáticos.

Do ponto de vista geomorfológico, toda a área da Folha Piúma apresenta aspectos de relevo com características distintas, que induzem a seccioná-la em vários setores (figura I.3.1). Não se tem propriamente superfícies definidas de aplainamento, mas evidências da atuação de vários ciclos de erosão que deixou esculpido o relevo que atualmente se defronta nessa região.

Assim, o setor I, que compreende a extremidade noroeste da folha em epígrafe, parte do norte, e estende-se para sudeste até próximo ao maciço Rio Novo do Sul, corresponde a uma área bem elevada. Apresenta características tais que o definem como uma zona de predomínio de colinas e cristas, cujas formas de relevo evoluíram através da dissecação fluvial de rochas de composição predominantemente quartzítica e gnáissica. Nas faixas quartzíticas, portanto muito arenosas, os morros são muitas vezes alçados, alongados e com cristas bem definidas e de encostas convexas e arredondadas.

A rede de drenagem aí predominante é muito densa, fina, do tipo dendrítica, apesar de alguns drenos ou cursos d'água serem controlados e bem encaixados tectonicamente. Observa-se nessa região um relevo onde se destacam "mares de morros", muitos destes bem arredondados, alguns em meia-laranja, principalmente no domínio dos biotita-gnaisses intemperizados. O panorama neste setor aponta um relevo fortemente dissecado pelo retrabalhamento de antiga superfície, cujos ciclos de erosão subseqüentes continuaram o processo de dissecação. As cotas topográficas variam desde cerca de 700m até altitudes com pouco mais de 1.200m.

O setor II, dominado por uma topografia bem elevada, compreende uma pequena porção, também a noroeste da Folha Piúma, que se estende mais expressivamente a oeste. Corta transversalmente a folha em direção a nordeste em larga faixa bem definida, que se limita a sul pela parte

rebaixada pertencente à planície costeira. Corresponde a uma área de predomínio de rochas granitóides de composição variada e gnáissicas à sillimanita e cordierita. Poder-se-ia denominá-la de "zona dos pontões", onde as formas de relevo evoluíram por processos de erosão diferencial e desplacamento concêntrico sobre os litótipos anteriormente citados. Nessa região estão localizados os diversos maciços diferenciados de rochas granitóides que geraram saliências topográficas, onde ocorrem vales estreitos e fortemente encaixados, vertentes abruptas e perfis convexos. É típico também desses relevos o aparecimento de campos de pedras (caos de blocos – matacões) e, como produto residual, as areias quartzosas.

O modelamento de relevo, relativo aos pontões isolados de vertentes íngremes e lisas, correspondem aos "pães de açúcar" ou *bornhardts* cuja construção é atribuída à desagregação cortical. Podem ser apreciados nas regiões de Pombal de Cima, Iconha, Alfredo Chaves, Rio Novo do Sul, trevo de Guarapari em direção a Rio Calçado e rodovia BR-101, olhando-se em direção ao continente. É muito freqüente nesses pontões a presença de caneluras que se distribuem nas vertentes íngremes de escarpas desnudas.

A drenagem que aí se instalou é caracterizada pelo traçado de seus rios, englobando meandros e capturas. Exibe uma textura grosseira a média, onde os canais fluviais seguem um padrão de drenagem complexo, com associação de canais retos e dendríticos, resultando em modelos dos tipos retangular (predominante) e radial, definidos pelos maciços granitóides da área. Observa-se um controle estrutural da drenagem e a densidade dos cursos d'água é menor que no setor I, apresentando alta angularidade. Os vales são encaixados, geralmente profundos, refletindo o controle imposto pelas falhas e fraturamentos que são abundantes nessa região.

As formas de relevo geradas são as mais diversas, tendo-se morros escarpados com cristas alinhadas, outros isolados e desnudos em forma de "pães de açúcar" ou *bornhardts* e morros com encostas assimétricas, geralmente de topos alongados e encostas convexas. Apresentam-se como uma superfície muito dissecada por profundos vales do ciclo posterior, que esculpiu uma morfologia de grandes contrastes e topografia montanhosa. Seu domínio chega próximo à linha de costa de onde se contempla um relevo escarpado, muito elevado, pertencente à serra do Mar.

Segundo L. King (1977) teria havido um arqueamento do aplainamento sul-americano em direção à plataforma continental e não existe propriamente uma superfície de aplainamento, mas testemunhos dessa mesma superfície que se podem observar no alinhamento das cristas dos diversos pontões, quando se desloca em direção ao mar. O que na realidade se revela é a presença de um relevo dissecado pelos ciclos Velhas e Paraguaçu, onde se têm fases progressivas de aberturas de vales.

As altitudes variam desde cerca de 700m até aproximadamente 100m, constituindo parte do domínio dos patamares escalonados do sul do Espírito Santo.

O setor III, representado pela planície costeira, corresponde a uma zona de desnudação, onde se tem também uma agradação em direção ao mar. Trata-se de uma região rebaixada pelo Ciclo Velhas, cortando rocha viva, onde se destacam morros com encostas escavadas, com vales de fundo chato e menos profundos, alguns morros escarpados, outros em meia-laranja e grande número de *monadnocks*.

Observa-se apenas que tal superfície quase inexiste a sudoeste de Vitória, próximo a Guarapari e Iconha, onde a frente rochosa quase encosta no mar. Define uma zona rebaixada, onde se encontram extensas coberturas sedimentares recentes. Essa baixada litorânea foi muito dissecada pelo ciclo Paraguaçu, com embocaduras afogadas dos rios, formando lagoas costeiras e pequenas baías.

Sobre a superfície Velhas, junto à costa, repousam os depósitos terciários do Grupo Barreiras, de suposta idade pliocênica. Nas depressões esses sedimentos terciários estão recobertos por aluviões, porém nas elevações estão capeados por canga. Suas maiores elevações se posicionam abaixo de 100m, com exceções como o morro de Muritioca e o monte Aghá.

O Ciclo Paraguaçu, de distribuição muito restrita na área, foi responsável pela eliminação de feições geradas pelo Ciclo Velhas, tendo avançado até as cabeceiras de alguns rios muito curtos. A superfície por ele afetada pode ser evidenciada através da dissecação da planície costeira, onde houve profunda incisão de vales e regressão das escarpas de erosão mais importantes. Sobre essa superfície acumularam-se sedimentos de origens diversas como marinha, fluvial, flúvio-marinha, lacustre, eólica, coluvionar e pantanosa, acumulados durante o Quaternário. A formação dos mangues foi provocada pela proximidade do mar a partir das desembocaduras dos rios sob a influência marinha, e podem avançar alguns quilômetros para o continente. Como exemplo típico tem-se a distribuição de mangues ligada às desembocaduras dos rios Benevente, Iconha, Itapemirim e outros cursos de menor expressão.

Os depósitos coluviais se localizam nos sopés dos morros, próximo às encostas, e são produto da desintegração e transporte de material dessas encostas.

Os sedimentos marinhos e flúvio-marinhos mais recentes correspondem às praias atuais – onde são encontrados os cordões litorâneos, muitas vezes constituindo barreiras com a geração de lagunas – e às áreas de influência das marés.

Nessa zona de baixadas os rios apresentam-se senis, meandrantes, com cursos do tipo anastomosado e muitos com seus canais retilíneos, arquitetados pela ação antrópica.

O domínio dos tabuleiros costeiros constitui-se de rochas pertencentes aos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras quase distribuído descontinuamente à beira-mar, recobrindo discordantemente o Ciclo Velhas nesses locais. Constituem as muitas falésias que se estendem desde a região de Anchieta até Guarapari, onde se têm belas exposições dessas formas geradas e que continuam a

ser trabalhadas pela ação direta do mar sobre os sedimentos desses tabuleiros.

Há autores que atribuem ainda aos movimentos de recuo e avanço do mar, associados provavelmente a movimentos isostáticos continentais, a construção dessas falésias. Têm-se locais onde os sedimentos Barreiras se entremeiam com partes das planícies costeiras. Constituem-se de relevos dissecados de topos aplainados a convexos, com aprofundamento dos vales.

A zona atribuída aos tabuleiros é controlada por um padrão de drenagem subdendrítico, com canais largos e com formação de planícies coluvionares.

As altitudes nesse setor variam de 15 a 40m em média e os vales são aprofundados desde 21 a 42m, aproximadamente.

Há, muitas vezes, uma similaridade de formas apresentadas pelos sedimentos dos tabuleiros e pelas colinas e maciços costeiros, devido à dissecação e pelo fato de ambos estarem recobertos por latossolos.

O setor IV, atribuído ao trabalho erosivo recente, continua a interferir em todos os outros setores. Está representado pelos sedimentos das aluviões, dos depósitos marinhos e flúvio-marinhos, eólicos e mangues, sendo que as feições litorâneas evoluíram através da variação do nível do mar no período do Pleistoceno até o início do Holoceno. Os cordões litorâneos e os terraços são os melhores exemplos dessa variação, onde esses cordões constituem as formações mais recentes e que ainda continuam a ser trabalhadas pelos processos marinhos.

Capítulo 4
Metodologia

por
Wilson Luís Féboli

Para o mapeamento geológico da Folha Piúma foi adotado o mesmo esquema de trabalho das demais folhas do Projeto, ou seja: levantamento e aquisição da documentação básica, fotointerpretação, reconhecimento geológico, mapeamento geológico, levantamento geoquímico, levantamento geofísico, interpretação e consolidação dos dados; e elaboração do Texto Explicativo.

O levantamento e aquisição da documentação básica foi iniciado através da análise dos dados reunidos durante a execução dos projetos Espírito Santo (DNPM-CPRM, 1976), Jequitinhonha (DNPM-CPRM, 1978) e Mimoso do Sul (DNPM-CPRM, 1981), Folha Colatina do Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais (DNPM-CPRM, 1985), além de outros trabalhos de cunho mais regional, como o Projeto RADAMBRASIL, Folha Rio de Janeiro, Vitória e Iguape (1983) e outros mais específicos, como trabalhos de teses elaborados principalmente em maciços graníticos.

A análise desta documentação subsidiou a fase de fotointerpretação geológica, que foi executada em fotografias aéreas em escala 1:60.000, mosaicos de radar e imagens de satélite nas escalas 1:100.000 e 1:250.000. Dispunha-se também de fotos aéreas em escala 1:25.000. Após a individualização das unidades fotogeológicas foi elaborada a carta geológica preliminar.

Foi então realizada uma campanha de campo com a finalidade de se identificar e/ou reconhecer os principais domínios geológicos e os traços estruturais apresentados pela carta fotogeológica, permitindo um planejamento mais aprimorado da fase de mapeamento geológico. Neste intervalo foram ainda realizados alguns perfis geológicos sob orientação do geólogo Mário Jorge Gesteira da Fonseca (9º Distrito – DNPM), em áreas do Estado do Rio de Janeiro, onde já haviam sido definidas várias unidades geológicas correlacionáveis com aquelas do Espírito Santo. Nessa mesma etapa houve uma reformulação do projeto, calcada nos dados técnicos até então adquiridos. Paralelamente a esses trabalhos foi realizada uma prospecção geoquímica orientativa em áreas pré-estabelecidas, de modo a se obterem parâmetros geoquímicos aplicáveis ao trabalho regional.

Procedeu-se, a seguir, a uma revisão da fotointerpretação e da carta geológica preliminar, com base nos dados adquiridos durante o reconhecimento.

A execução dos trabalhos de campo foi iniciada através de perfis geológicos estratégicos, de modo a se obter o máximo de informações possíveis necessárias à elaboração da Carta Geológica. Os perfis foram planejados de maneira a alcançar uma maior densidade de pontos estudados, coerente com o grau de resolução geológica exigido pela escala do trabalho (1:100.000).

As informações de cada afloramento foram registradas em cadernetas de campo e posteriormente transcritas para fichas padronizadas, para inclusão no acervo das bases de dados do SIGA – Sistema de Informações Geológicas do Brasil. As descrições dos afloramentos englobam informações sobre o tipo de rocha, estruturas, tipos de solos, metalogenia e outras, como a interpretação da natureza das falhas e zonas de cisalhamento. Procurou-se caracterizar os metassedimentos da área dentro dos conceitos atuais de sistemas deposicionais, que entretanto foi inviável devido ao alto grau de deformação promovido pelos eventos tectônicos. Concomitantemente foi realizada a coleta sistemática de amostras de rocha.

As amostras para estudo petroquímico foram selecionadas de maneira a representarem a unidade correspondente. Após criteriosa verificação ao microscópio quanto ao seu grau de alteração, essas amostras foram enviadas para a preparação onde foram britadas a –200 *mesh*. Uma fração foi utilizada para análise química nos laboratórios da GEOSOL, em Belo Horizonte, através dos seguintes métodos analíticos:

a) Espectrometria de fluorescência de raios-x: SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, TiO_2, P_2O_5, S, Ba, Cl, Rb, Th e Zr. O limite inferior de detecção para o Th (15ppm) foi superior ao teor encontrado na maior parte das amostras analisadas;

b) Absorção atômica com solubilização total da amostra: Na_2O, MnO, K_2O, Cu, Pb, Zn e Li;

c) Processo volumétrico: FeO;

d) Espectrometria ótica de emissão: Co, Cr, Ga, Nb, Ni, V e Y;

e) Eletrodo de íon específico: F;

f) Método gravimétrico: H_2O+ e H_2O-;

g) Volume de gás desprendido por aquecimento em presença de ácido e transformação na percentagem em peso: CO_2;

h) Fluorimetria: U;

i) Espectrografia de emissão de plasma: elementos terras raras (La, Ce, Nd, Sm, Gd, Dy, Ho, Er, Yb e Lu).

As descrições desses métodos analíticos constam do Catálogo de Análises e Métodos GEOLAB.

Os levantamentos geoquímicos tiveram caráter sistemático regional e se desenvolveram paralelamente ao mapeamento geológico.

A amostragem envolveu sedimentos de corrente e concentrados de bateia. Em grande parte destes, além de análises químicas, foram realizadas análises mineralométricas. Foi feita, ainda, a contagem visual das pintas de ouro.

Na interpretação das anomalias foram aproveitados os dados de litoquímica de rochas de diversos tipos, pois não foi possível adensar a amostragem sobre zonas anômalas para melhor caracterização geoquímica do seu potencial metalogenético.

Os trabalhos referentes ao levantamento geofísico se restringiram à reinterpretação dos mapas aeromagnetométricos em escala 1:100.000, com a finalidade de se delimitar as unidades litomagnéticas e estruturas tectônicas.

A análise deste conjunto de dados e informações permitiu a elaboração da Carta Geológica, da Carta Metalogenética-Previsional e do Texto Explicativo da folha.

Para o tratamento dos dados analíticos utilizou-se microcomputador do tipo PC e pacotes estatísticos diversos, entre os quais o GEOQUANT (USGS/CPRM) versão 3.0, que possibilitou a montagem e impressão de matrizes de dados (em binário e caracteres) e de correlação, substituição de qualificadores (B, L, N, H, G ou I), cálculos estatísticos e de parâmetros petroquímicos, da norma CIPW, diagramas binários e ternários, etc. Os dados estruturais foram trabalhados através do programa GELLI. Na montagem das tabelas foi utilizado o Lotus 123 e o Texto Explicativo foi digitado em FRAMEWORK II.

Dados sobre mineralização, estratigrafia, petrologia, estrutura, geomorfologia, geoquímica e geofísica foram levantados, integrados e hierarquizados numa única carta, provisoriamente denominada Carta Metalogenética-Previsional, marcando um novo estágio no tratamento de informações multidisciplinares através do Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, com o objetivo de delimitar, na escala de 1:100.000, as áreas com indícios de mineralizações prioritárias para a prospecção e a exploração mineral.

A metodologia aplicada, fundamentada nos princípios de Orlova & Shatalov (1960) e consolidada no conhecimento adquirido durante a execução do Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, na escala de 1:250.000, através do Convênio DNPM/CPRM, implantado a partir de 1982, constitui a base para a elaboração das novas cartas, na escala de 1:100.000.

A Carta Metalogenética-Previsional é elaborada sobre uma base geológica especializada, dependente do nível de conhecimento da área. Essa especialização contempla a distinção cronológica e/ou espacial das unidades litoestratigráficas de maior categoria, como complexos, supergrupos e grupos, bem como associações magmáticas consanguíneas ou as séries toleíticas, calcialcalinas e alcalinas. São também realçados os litótipos especiais (metalotectos prováveis e possíveis), enquanto as unidades de menor categoria, tais como formação, membro e seus equivalentes, sem realce metalogenético, são identificadas apenas pelo uso de letras-símbolo. Os elementos estruturais da Carta Geológica são integralmente preservados e eventualmente acrescidos de informações geofísicas, como lineamentos, profundidades e contorno do substrato das coberturas, etc.

A concepção da legenda resultou, em parte, de adaptações da simbologia gráfica utilizada nacional e internacionalmente, segundo critérios de legibilidade e precedência, e foi ajustada à escala de 1:100.000, tendo em vista:

1. a necessidade de especialização do fundo geológico para torná-lo metalogeneticamente significativo;
2. a importância de se representar o máximo de informações metalogenéticas sobre os jazimentos minerais individuais, de forma clara e legível;
3. a conveniência de se estabelecer a distinção entre os dados econômicos e metalogenéticos; e,
4. a valorização dos indícios indiretos de mineralização, visando a sua representação cartográfica.

Dentre as referências bibliográficas consultadas, merecem destaque: Carta Metalogenética e de Previsão de Recursos Minerais do Brasil, escala 1:250.000 (Siqueira & Dalton de Souza, 1982 e Siqueira, 1984); Mapa Metalogenético da Espanha, escala 1:200.000 (Espanha-PNIM, 1972); Mapa Metalogenético da Austrália, escala 1:250.000 (Bowman & Stevens, 1978; Bowman, 1977; Gilligan, 1975; Matson, 1975); Carta Metalogenética de Vosges e Floresta Negra, escala 1:400.000 (BRGM, 1975); e Carta Metalogenética da Europa, escala 1:250.000 (BRGM-Unesco, 1968-1970). Também foram examinadas as legendas do Mapa Metalogenético da Bahia, escala 1:1.000.000 (Sá, 1982), do Mapa Metalogenético do Brasil (Suszczynski, 1973) e o Mapa da América do Norte (Guild, 1981), escala 1:5.000.000.

Na representação dos jazimentos minerais estabeleceu-se uma distinção entre as características metalogenéticas e as econômicas. As primeiras constituem a parte interna do símbolo de dimensão constante e de forma geométrica variável em função da morfologia. Os dados econômicos são representados por uma circunferência independente, concêntrica ao símbolo morfológico, de acordo com a forma de representação adotada no Mapa Metalogenético da Espanha, escala 1:200.000 (Espanha-PNIM, 1972).

A simbologia representativa dos caracteres metalogenéticos abrange os dados factuais sobre os jazimentos minerais, como a textura do minério, morfologia, orientação do(s) corpo(s) mineralizado(s), quimismo e associação mineralógica. Adicionalmente, contém informações sobre a classe do jazimento, procurando-se adotar uma classificação para as concentrações minerais, mais geológica do que genética, adaptada das propostas de Wacrenier e Rouveyrol (1977), Stanton (1972) e Routhier (1963). Essa classificação aproxima-se da utilizada para os depósitos minerais do Brasil (Branco, 1984).

Os dados econômicos dos jazimentos que têm sido objeto de pesquisa e lavra mineral são representados por uma circunferência externa, onde constam informações quanto à situação atual: ativo, inativo ou intermitente; o diâmetro, graduado em três dimensões, expressa a importância econômica do jazimento em três categorias: pequeno, médio e grande. A base para o estabelecimento dos limites dessas categorias é a mesma utilizada no Mapa Geológico do Brasil, escala 1:2.500.000 (Branco, *op.cit.*). Um traço aposto acima, abaixo, à direita ou à esquerda dessa circunferência indica a situação atual do jazimento: mina, garimpo, jazida ou depósito, respectivamente.

Os indícios indiretos de mineralizações, a partir de indicações geoquímicas, geofísicas ou zonas de alteração de origem exógena ou endógena, são submetidos a tratamento cartográfico específico, visando a um maior realce.

A integração dos dados multidisciplinares permite reconhecer os metalotectos comprovados, prováveis e possíveis, dependendo de se as relações entre os mesmos e os indícios de mineralização tenham sido obtidas por ligação direta, estatística ou de analogia a contexto geológico-metalogenético, propiciando a delimitação de áreas mineralizadas prováveis, possíveis e potenciais, de acordo com critérios explícitos na própria Carta.

As informações completas sobre os dados e informações relacionados a esta folha, sobre fichas, boletim analíticos, etc., encontram-se disponíveis para uso em dois sistemas: no SIGA – Sistema de Informações Geológicas do Brasil, desenvolvido pela CPRM para o DNPM, e do uso público, acessível por meio de consulta remota em terminais ou microcomputadores via rede telefônica, ou por consulta ao SIR – Sistema de Informações em Recursos Naturais, na CPRM.

PARTE II

GEOLOGIA DA FOLHA PIÚMA

Capítulo 1
Contexto Geológico Regional

por
Wilson Luís Féboli

Essa região situa-se no setor Central da Província Mantiqueira (Hasui *et al.*, 1982), na zona Costeira, onde houve o desenvolvimento de faixas móveis.

Essas faixas foram definidas como o Cinturão Móvel Costeiro (Mascarenhas, 1973) de idade Jequié (2.700Ma.), Paraíba do Sul (Almeida *et al.*, 1973) de idade transamazônica (2.070Ma.) e Ribeira (Almeida *et al., op. cit.*) de Idade Brasiliana (620Ma.).

O limite entre o Cráton do São Francisco e os cinturões móveis da zona costeira é indicado por uma anomalia gravimétrica linear. Na interpretação de Haralyi & Hasui (1982) aparecem dois blocos centrais justapostos, separados por uma descontinuidade, evidenciando um cavalgamento de E para W, onde o bloco cavalgante expõe níveis crustais profundos, representados pelas faixas granulíticas do Cinturão Móvel Atlântico (Leonardos Jr. & Fyfe, 1974).

Trabalhos sistemáticos foram desenvolvidos por Liandrat (1972), Silva & Ferrari (1976) e Machado Filho *et al.* (1983), além de outros. Estes autores agrupam as rochas da região em apenas uma unidade, denominada Paraíba do Sul, que Lima *et al.* (1981) chamaram de complexo, denominação que continua a ser utilizada em alguns estudos. Hasui & Oliveira (*in* Almeida & Hasui, 1984) agruparam as rochas da região em três complexos denominados Costeiro, Embu e Juiz de Fora. Essa divisão também foi adotada nos trabalhos de tese da Universidade de Munique, apenas com modificações quanto ao Complexo Embu, que é denominado Complexo Alegre (Bayer *et al.*, 1985), por autores como Wiedemann *et al.* (1986), Lammerer (1987), Bayer *et al.* (1987), Soellner *et al.* (1987, 1989) e Sluitner *et al.* (1989). O Complexo Embu/Alegre, junto com o Complexo Costeiro corresponderiam ao Complexo Paraíba do Sul, o qual Fonseca *et al.* (1979) denominaram informalmente "faixa costeira".

Machado Filho *et al.* (*op. cit.*), bem como Silva *et al.* (1987), consideram o Complexo Paraíba do Sul embasamento do Cinturão Móvel Atlântico.

A granitogênese desenvolvida sin a pós-tectonicamente em relação ao Ciclo Brasiliano é representada pelos maciços graníticos que compõem a Suíte Intrusiva Espírito Santo (Machado Filho *et al., op. cit.*).

O Grupo Barreiras foi inicialmente descrito por Branner (1902; *in* Silva & Ferrari, *op. cit.*). Amador (1982) identificou no norte do Espírito Santo a Formação Pedro Canário, e no sul observou apenas o Barreiras Superior, de idade pleistocênica, em discordância erosiva sobre as rochas do Complexo Paraíba do Sul.

O Estado do Espírito Santo é muito pobre em estudos geocronológicos. Na área trabalhada foram feitas determinações de idade pelo método Rb-Sr em duas amostras de gnaisse kinzigítico, uma do ponto HR-34 (JS-299, localizado cerca de 3km a oeste de Alfredo Chaves) e outra (VII-36) na região de Jaqueira. Ambas foram feitas em rocha total e a idade convencional encontrada foi de 817±90Ma. na primeira e 441Ma. na segunda.

Recentemente foram feitas investigações geocronológicas com U-Pb em zircões de charnockitos e enderbitos da região entre Guarapari e Piúma (Soellner *et al.*, 1987). A idade determinada de 558±2Ma. indica o cume do metamorfismo de médio a alto grau. Os dados demonstram, ainda, que houve uma fase anatética cerca de 10Ma. mais cedo e outra cerca de 60Ma. depois.

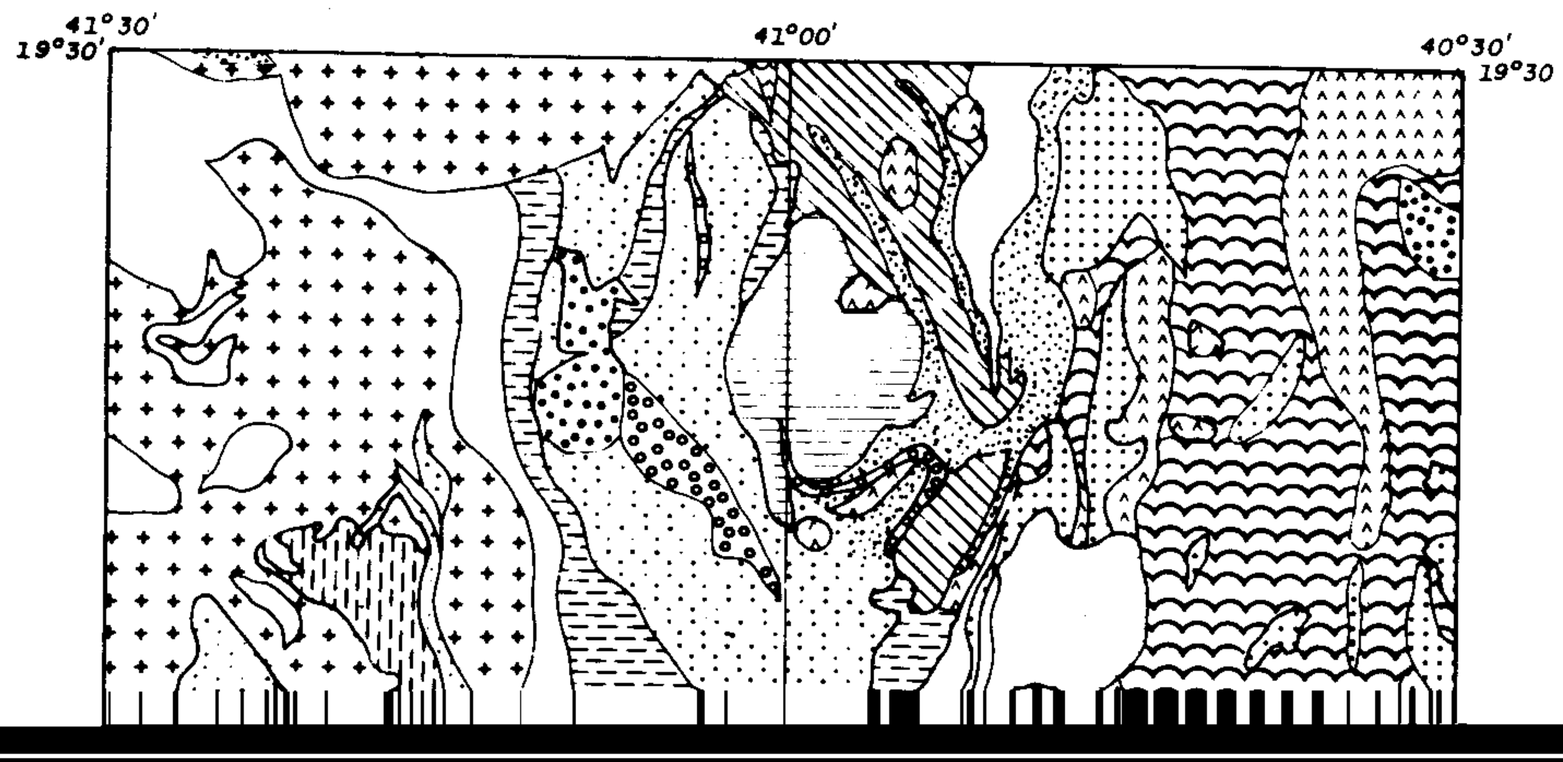
Em uma retrospectiva dos dados geocronológicos da região centro-sul do Estado do Espírito Santo e centro-leste do Estado de Minas Gerais, Padilha (*in* Féboli *et al.*, 1990) concluiu que a evolução da faixa costeira nessa região se deu no Proterozóico Superior. Os eventos tectonotermais mais importantes detectados nesse estudo foram:

a) Metamorfismo associado a tectônica de baixo ângulo – 660Ma.;
b) Magmatismo tardi-tectônico de baixo ângulo – 600±20Ma.;
c) Tectônica transcorrente – 540±20Ma.;
d) Magmatismo tardi-tectônico transcorrente – 520±10Ma.;
e) Magmatismo pós-transcorrência – 490±20Ma.;
f) Resfriamento regional – 440±20Ma.

A sinopse do quadro estratigráfico regional é apresentada no quadro II.1.1, e sua visualização, na figura II.1.1.

Quadro II.1.1 – Sinopse da nomenclatura estratigráfica.

FANEROZÓICO	QUATERNÁRIO	Qa Qm	Aluviões fluviais Sedimentos flúvio-marinhos
	TERCIÁRIO	Tb	Grupo Barreiras
PALEOZÓICO	ORDOVICIANO	$\gamma 4$	Intrusivas pós-transcorrentes
	CAMBRIANO	$\gamma 3$	Intrusivas tardi a pós-transcorrentes
PROTEROZÓICO		$\gamma 1$	Intrusivas sin a tarditangenciais
		Complexo Paraíba do Sul	Paragnaisses aluminosos Paragnaisses quartzosos



SEQüÊNCIAS SUPRACRUSTAIS METAMORFIZADAS
(nestas rochas são comuns os diques e as soleiras de anfibolitos, principalmente nas três primeiras)

gnaisses pelíticos com intercalações de quartzitos (1), mármores (2) e rochas calcissilicáticas, em fácies metamórficas desde granada + estaurolita até granada + sillimanita + cordierita. São comuns "sheets" de granitos gnaissificados. Envolvem as unidades Pps3 e Pps6 do Complexo Paraíba do Sul.

gnaisses pelíticos metamorfizados na fácies anfibolito alto até a anatexia. Correspondem às unidades Pps8 e Pps9 do Complexo Paraíba do Sul. Aí também são comuns "sheets" de ortognaisses graníticos. (1) quartzitos.

alternância rítmica de gnaisses pelíticos, rochas calcissilicáticas e gnaisses quartzosos, em fácies metamórficas desde granada + estaurolita até granada + sillimanita + cordierita. Correspondem à Unidade Pps4 do Complexo Paraíba do Sul.

gnaisses pelíticos com intercalações de gnaisses quartzosos e quartzitos, com fácies metamórficas identificada pelo par sillimanita + cordierita. Compreende as unidades Pps2 e Pps5 do Complexo Paraíba do Sul.

gnaisses pelíticos com intercalações individualizáveis de quartzitos (1) e, subordinadamente, de rochas calcissilicáticas, em fácies metamórfica definida pela paragênese granada + sillimanita + cordierita. Compreende a porção mais oriental da Unidade Pps6 do Complexo Paraíba do Sul e a Unidade Pst3 do Complexo São Tomé.

gnaisses pelíticos com intercalações irregulares, delgadas, de rochas calcissilicáticas e quartzitos em fácies metamórficas variando desde anfibolito baixo (granada), médio (granada + estaurolita) até alto (sillimanita + cordierita, cordierita + K-feldspato). Compreende as unidades Pps1 e Pps7 do Complexo Paraíba do Sul e Pst1 e Pst2 do Complexo São Tomé.

gnaisses aluminosos de composição kinzigítica, intercalados tectonicamente com corpos de enderbito. O metamorfismo é de grau alto, com paragêneses cordierita + sillimanita + grafita + granada e K-feldspato + granada, a muito alto – paragênese ortopiroxênio + clinopiroxênio e hornblenda + clinopiroxênio. Compreende a Unidade Pps1 do Complexo Paraíba do Sul.

EMBASAMENTO

charnockitos, enderbitos, noritos e gnaisses granulíticos.

Figura II.1.1 – Continuação.

Capítulo 2
Estratigrafia

por
Wilson Luís Féboli e
José Heleno Ribeiro (item 2.5)

2.1 Comentários Gerais

Os trabalhos realizados na área permitiram individualizar oito unidades litoestratigráficas principais, que foram correlacionadas a outras unidades já conhecidas.

A coluna litoestratigráfica proposta para a área (figura II.2.1), compreende o Complexo Paraíba do Sul, uma seqüência proterozóica de rochas supracrustais de características vulcano-sedimentares, fortemente migmatizada e granitizada, onde foram separadas unidades menores de acordo com a associação litológica predominante; Intrusivas sin a tardi-tangenciais portadoras de feições plutônicas, possivelmente geradas no Proterozóico Superior (Ciclo Brasiliano) – recentes datações U-Pb indicam idades de 558±2Ma. para os gnaisses enderbíticos da costa; Intrusivas tardi a pós-transcorrentes, constituindo grandes maciços discordantes da estruturação regional, posicionados num momento tardi a pós-transcorrência da evolução crustal brasiliana; Intrusivas pós-transcorrentes, possivelmente ordovicianas; Grupo Barreiras, composto por arenitos imaturos, grosseiros, inconsolidados, localmente feldspáticos, com estratificações cruzadas, intercalados por níveis argilosos; Depósitos sedimentares quaternários, representados por aluviões e sedimentos litorâneos.

A coluna litoestratigráfica simplificada da área (figura II.2.1) é a seguinte:

QUATERNÁRIO		Sedimentos aluvionares (Qa) e litorâneos	
TERCIÁRIO	GRUPO BARREIRAS	Sedimentos argilosos e arenosos mal selecionados, com estratificação cruzada e crosta laterítica	
ORDOVICIANO	ROCHAS PLUTÔNICAS	Intrusivas pós-transcorrentes (Oγ4)	
CAMBRIANO		Intrusivas tardi a pós-transcorrentes (Eγ3ic, Eγ3ms e ∈σ2	
PROTEROZÓICO		Intrusivas sin a tardi-tangenciais (Pγ1, Pγ1a, Pγ1b, Pγ1c e Pγgl)	
	COMPLEXO PARAÍBA DO SUL	Dominínio marinho pouco profundo Gnaisses aluminosos localmente migmatizados, c/ lentes de rocha calcissilicática e anfibolítica (Pps1). Porções quartzíticas (Pps1qt)	Domínio plataformal vulcano-sedimentar Sillimanita-biotita-gnaisses e anfibólio-biotita-gnaisse c/ intercalações de anfibolitos e de rocha calcissilicática (Pps2). Porções de aspecto xistoso (Pps2qtxt)

Figura II.2.1 – Coluna litoestratigráfica da Folha Piúma.

2.2 Complexo Paraíba do Sul

2.2.1 Aspectos Gerais

A primeira referência a esse Complexo na área mapeada foi feita por Liandrat & Leal (1967), que o denominaram Grupo Paraíba- Desengano, conforme descrito por Rosier (1965), no Estado do Rio de Janeiro. Esses autores o dividiram em três conjuntos litológicos: o primeiro composto de biotita-gnaisses e granada-biotita-gnaisses, que denominaram kinzigitos; o segundo com dominância de moscovita-biotita-gnaisses, lentes de quartzitos e numerosos filões de muscovita pegmatitos; no terceiro reuniram as faixas migmatizadas onde predominam gnaisses facoidais, gnaisses granitóides, granitos e granodioritos. Nessa faixa, há uma predominância de gnaisses migmatizados associados a granitos e granodioritos, mas dentro da primeira também existem pequenos corpos migmatizados ou granitizados. Além disso, o contato entre as faixas é de difícil caracterização, sendo bastante arbitrário no mapa geológico daqueles autores. Isso levou Liandrat & Leal

(*op. cit*) a considerarem "as faixas migmatizadas não como escamas de material arqueano dentro do Grupo Paraíba-Desengano, mas como o resultado de migmatização ou granitização parcial da mesma formação estratigráfica".

Cordani (1973), estudando a evolução geológica da faixa costeira, entre Salvador e Vitória, dividiu a parte meridional da área investigada em duas grandes unidades litológicas com limite de direção aproximadamente N-S. A primeira delas, do lado ocidental, é constituída de gnaisses migmatíticos e rochas graníticas diversas, enquanto a faixa oriental é formada por gnaisses kinzigíticos com grau metamórfico mais elevado que o das rochas da faixa ocidental. Núcleos granulíticos ocorrem no interior da faixa kinzigítica, mas podem aparecer, também, na outra faixa.

Silva & Ferrari (1976) relacionaram as rochas dessa área à Associação Paraíba do Sul, como uma unidade indivisa constituída por migmatito a biotita, quartzo, feldspato alcalino, granada, anfibólio, cordierita, sillimanita e andaluzita, localmente com intercalações de quartzitos. Dentro dessa unidade, foi individualizado um complexo charnockítico, com predominância de charnockitos maciços, charnockito com foliação gnáissica e cataclástica, e hiperstênio-gnaisses, localmente migmatizados.

Fonseca *et al.* (1979) reuniram sob a denominação informal de "faixa costeira" as rochas gnáissicas, migmatíticas e granulíticas da costa sudeste brasileira, na qual a área mapeada está inserida.

Machado Filho *et al.* (1983) dividiram a área trabalhada em compartimentos tectônicos. Um desses compartimentos abrange o Cinturão Móvel Atlântico, onde está situado o Complexo Paraíba do Sul.

As determinações radiométricas Rb/Sr, U/Pb e K/Ar existentes para o Complexo Paraíba do Sul foram reavaliadas por Cordani & Teixeira (1979), constatando-se dois eventos geodinâmicos: um de Idade Transamazônica (2.070Ma. e Ri = 0,709 em diagrama isocrônico Rb/Sr de referência), confirmado pelas datações U/Pb em zircões (2.200Ma.), e outro de Idade Brasiliana (680Ma. e Ri = 0,709 no mesmo diagrama e 620Ma. nas datações U/Pb em zircões). As idades K/Ar refletem o resfriamento do Ciclo Brasiliano, variando entre 420 e 670m.a. Esse intervalo, além de representar o resfriamento regional, pode corresponder à própria época de formação de certas rochas.

O Complexo Paraíba do Sul foi dividido por Machado Filho *et al.* (*op. cit*) em: Unidade Indivisa, Gnaisses Granitóides, Rochas Enderbíticas a Charnockíticas e Gnaisses Granatíferos e Kinzigitos.

A Unidade Indivisa é constituída por gnaisses e migmatitos em geral, com análises químicas apontando uma origem metassedimentar a partir de sedimentos de composição de grauvacas e menos freqüente de arcóseo. Dados obtidos pelo projeto RADAMBRASIL permitiram visualizar que as rochas gnáissicas bandadas e migmatíticas tiveram origem a partir de rochas sedimentares e ígneas, embora tenham sido considerados insuficientes para uma conclusão definitiva. Incluídas nessa unidade ocorrem inúmeras lentes quartzíticas, que transicionam para os gnaisses regionais.

Os Gnaisses Granatíferos e Kinzigitos representam os tipos litológicos mais expressivos da área. São descritos como rochas relativamente homogêneas em termos composicionais, compreeendendo desde gnaisses bandados a metatexíticos, constituídos de bandas claras com quartzo, feldspato, granada, cordierita e grafita, e bandas escuras com biotita e sillimanita. Dados Rb/Sr utilizados dão idades entre 680Ma. (Ri = 0,709) a 600Ma. (Ri = 0,709). As determinações K/Ar fornecem valores de 670 ± 10m.a. As elevadas razões iniciais reforçam, para esses autores, a tese de uma origem sedimentar, e eles supõem que a sedimentação tenha ocorrido no Proterozóico Inferior, ou seja, admitem que grande parte dos anatexitos e metatexitos que compõem o Complexo Paraíba do Sul tenha sido formada no Ciclo Brasiliano (600-650Ma.), porém, como retrabalhamento de material crustal mais antigo.

Schobbenhaus *et al.* (1984), numa síntese geológica do País, dividiram a área continental em várias regiões geográficas englobando diferentes domínios tectônicos. Uma delas corresponde à parte costeira, na qual ocorre o Complexo Costeiro/Grupo Paraíba do Sul, relacionado ao Arqueano/Proterozóico Inferior.

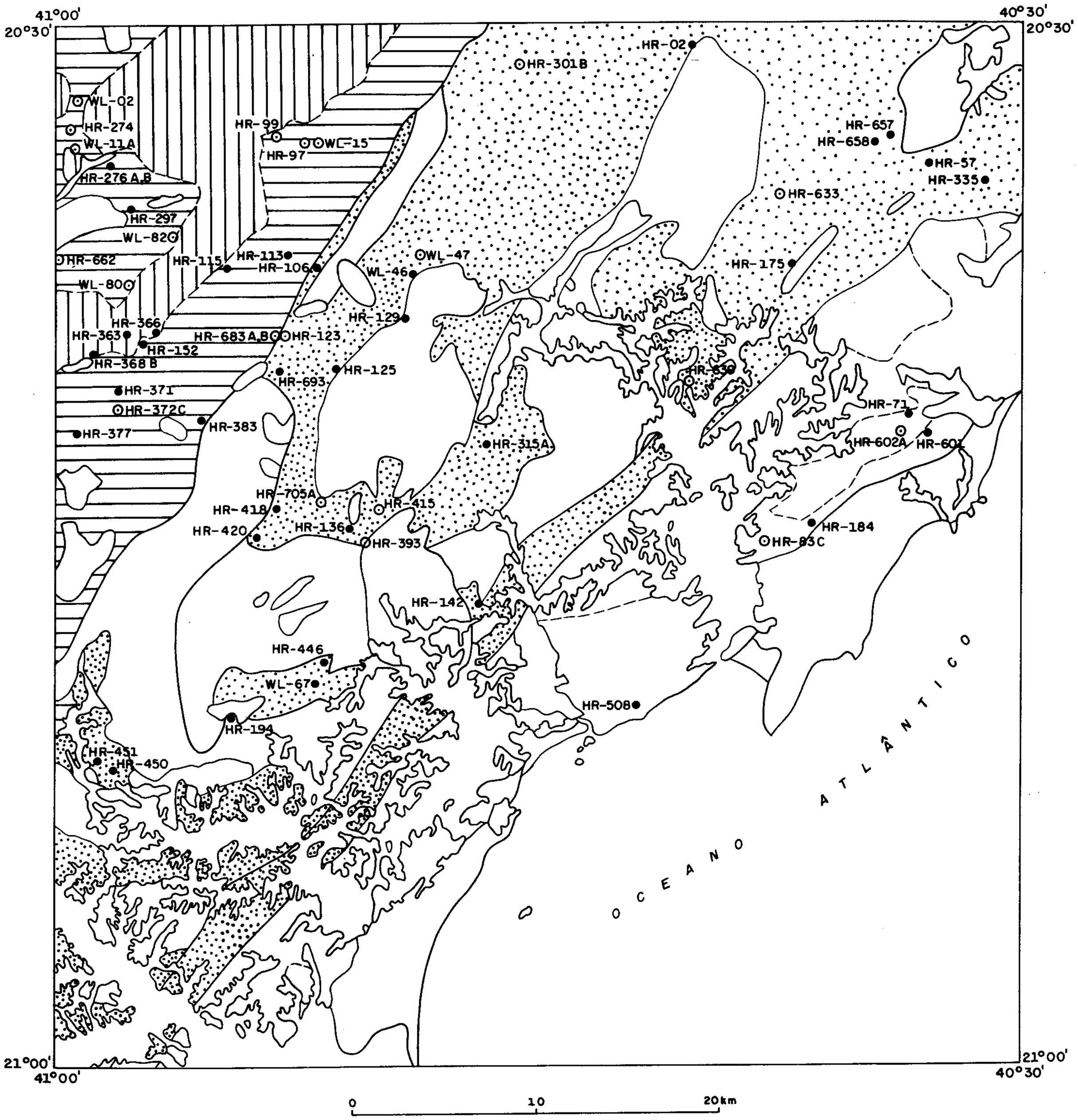
No mapeamento da Folha SE.24 – Rio Doce – , Silva *et al.* (1987) reconheceram as rochas da região de Colatina como sendo as mesmas que Lima *et al.* (1981) denominaram de "Complexo Paraíba do Sul" na Folha SD.24 – Salvador.

Grossi Sad & Dutra (1988), em trabalho desenvolvido no Estado do Rio de Janeiro, adotaram a denominação de "Grupo" Paraíba do Sul subdividindo-o em quatro formações: Desengano, Imbé, Itaocara e Euclidelândia.

Nesta nota explicativa esse complexo foi dividido em duas subunidades sem designação formal. A primeira, que ocorre em toda a porção leste e norte da área, é constituída de gnaisses aluminosos e rochas calcissilicáticas, tendo sido originada a partir de grauvacas finas e folhelhos depositados em um ambiente marinho pouco profundo (distal). A segunda, que ocupa todo o quadrante sudoeste da folha, é constituída de sillimanita-biotita-gnaisses granatíferos de aspecto xistoso, biotita-hornblenda-gnaisses, anfibolitos, rochas calcissilicáticas e quartzitos, correspondendo, provavelmente, a um ambiente deposicional marinho plataformal (proximal). Foi incluída no Grupo Italva por Machado Filho *et al.* (*op. cit.*), e corresponde à Formação Euclidelândia (segundo Grossi Sad *et al., op. cit.*).

A figura II.2.2 mostra a distribuição geográfica desse complexo e a localização das amostras com análises petrográfica e química.

A tabela II.2.1 apresenta a identificação da amostra, a classificação petrográfica, a unidade correspondente e coordenadas UTM de cada estação amostrada constante da figura II.2.2.



gnaisses aluminosos (Pps1)

sillimanita-biotita-gnaisses com anfibolitos (Pps2) e granada-sillimanita-biotita-gnaisses com quartzito (Pps2qtxt)

• estação com análise petrográfica

⊙ estação com análise química

Figura II.2.2 – Mapa de distribuição das rochas do Complexo Paraíba do Sul com localização das amostras analisadas.

Tabela II.2.1 – Relação dos tipos petrográficos do Complexo Paraíba do Sul.

Nº ORDEM	AMOSTRA	ROCHA	UNIDADE	COORD. UTM	
				N	E
1	HR-002	Gnaisse qz-diorítico	Pps1	7731,5	325,5
2	HR-024	Hb-Bt-gnaisse	Pps1	7719,5	314,1
3	HR-054D	Bt-gnaisse	Pps1(Pγgl)	7720,2	340,1
4	HR-057	Gra-Cd-Bt-gnaisse	Pps1	7722,0	339,8
5	HR-097	Anfibolito	Pps2	7725,9	305,4
6	HR-099	Anfibolito	Pps2qtx	7726,1	303,5
7	HR-108	Gnaisse qz-diorítico	Pps1	7719,2	305,7
8	HR-113	Gnaisse qz-diorítico	Pps2	7718,8	304,4
9	HR-123	Anfibolito	Pps2	7714,6	303,5
10	HR-125	Hb-Bt-gnaisse	Pps1	7713,8	306,9
11	HR-129	Bt-gnaisse	Pps1	7716,1	310,7
12	HR-136	Gra-Cd-Bt-gnaisse	Pps1	7705,2	307,5
13	HR-142	Cd-Sil-gnaisse	Pps1	7701,6	314,8
14	HR-152	Gnaisse qz-diorítico	Pps2	7714,8	298,3
15	HR-175A	Sil-Gra-Bt-gnaisse	Pps1	7719,1	331,4
16	HR-184	Sil-Gra-Cd-gnaisse	Pps1(Pγgl)	7705,5	332,3
17	HR-194	Cd-Bt-gnaisse	Pps1(Pγ1b)	7795,2	301,5
18	HR-274	Bt-gnaisse	Pps2	7726,8	292,3
19	HR-276	Anfibolito	Pps2	7724,7	294,5
20	HR-276B	Anfibolito	Pps2	7724,7	294,5
21	HR-297	Bt-Mcr-gnaisse	Pps2	7721,7	295,6
22	HR-301B	Gra-Sil-Cd-gnaisse	Pps1	7730,7	317,1
23	HR-315A	Bt-Hb-gnaisse	Pps1	7709,3	315,7
24	HR-335	Sil-Gra-Cd-Bt-gnaisse	Pps1	7724,4	341,1
25	HR-363	Bt-gnaisse	Pps2qtx	7715,6	295,7
26	HR-366	Bt-Ac-gnaisse	Pps2qtx	7715,2	297,2
27	HR-368B	Sil-Bt-gnaisse	Pps2qxt	7714,0	293,4
28	HR-371	Bt-gnaisse	Pps2	7712,3	295,2
29	HR-372C	Anfibolito	Pps2	7711,4	295,3
30	HR-383	Bt-gnaisse	Pps2	7711,0	299,6
31	HR-386	Bt-gnaisse	Pps2	7704,5	298,7
32	HR-393	Sil-Gra-Cd-Bt-gnaisse	Pps1	7704,7	308,7
33	HR-415	Sil-Gra-Cd-Bt-gnaisse	Pps1	7706,5	309,1
34	HR-418	Gnaisse qz-diorítico	Pps1	7706,5	303,8
35	HR-420	Gra-Sil-Cd-Bt-gnaisse	Pps1	7704,9	302,5
36	HR-446	Gra-Cd-Bt-gnaisse	Pps1	7698,2	306,2
37	HR-450	Sil-Gra-Cd-gnaisse	Pps1	7692,5	294,7
38	HR-451	Gnaisse qz-diorítico	Pps1	7693,0	293,7
39	HR-508	Sil-Gra-Hrc-Bt-gnaisse	Pps1(Pγgl)	7695,6	322,9
40	HR-601	Gra-Bt-gnaisse	Pps1	7711,2	339,0
41	HR-602A	Gra-Bt-gnaisse	Pps1(Pγ1b)	7711,3	338,3
42	HR-633	Gra-Bt-gnaisse	Pps1	7723,2	330,7
43	HR-639	Sil-Gra-Cd-Bt-gnaisse	Pps1	7713,5	326,7
44	HR-652A	Gra-Bt-gnaisse	Pps1	7728,8	323,8
45	HR-657	Gra-Bt-gnaisse	Pps1	7726,6	336,3
46	HR-658	Sil-Gra-Bt-Cd-gnaisse	Pps2	7726,3	335,6
47	HR-662	Bt-gnaisse	Pps2	7719,5	292,1
48	HR-683A	Calcissilicática	Pps2	7714,6	303,5
49	HR-683B	Anfibolito	Pps2	7714,6	303,5
50	HR-685	Hb-Bt-gnaisse	Pps1	7707,7	304,0
51	HR-705A	Calcissilicática	Pps1	7706,8	306,1
52	HR-710B	Gnaisse granodiorítico	Pps2	7705,8	298,2
53	WL-002	Calcissilicática	Pps2	7732,0	292,6
54	WL-011A	Anfibolito	Pps2	7725,2	292,7
55	WL-015	Gra-Bt-Hb-gnaisse	Pps2	7725,8	305,7
56	WL-046	Bt-gnaisse tonalítico	Pps1	7718,8	311,2
57	WL-047	Calcissilicática	Pps1	7719,4	311,6
58	WL-067	Metabiabásio	Pps1	7696,8	306,0
59	WL-080	Bt-Hb-gnaisse quartzoso	Pps2	7717,6	295,6
60	WL-082	Bt-Hb-gnaisse	Pps2	7720,1	298,1

2.2.2 Gnaisses Aluminosos – Pps1

Essa unidade é constituída por uma seqüência de gnaisses aluminosos de alto grau, informalmente denominados de kinzigitos, correspondentes aos grafita-sillimanita-cordierita-granada-biotita-gnaisses. Possui ampla distribuição na Folha Piúma, ocupando uma área de 575km^2. Distribui-se em uma faixa de cerca de 20km de largura, aproximadamente paralela à costa. Os melhores afloramentos situam-se ao longo da rodovia BR-101 e no distrito de Matilde.

Apresentam uma notável estrutura bandada, coloração cinza-esverdeada, quando frescos, e marrom-escura, quando intemperizados. Ocorrem freqüentes veios remobilizados, granatíferos, geralmente concordantes, conferindo à rocha um aspecto de migmatito estromático.

Foram descritas petrograficamente 32 lâminas desta unidade. Destas, foram selecionadas as de sigla HR-184, HR-508 e HR-639 para estudos mais detalhados, inclusive com difratometria de raios-X e microssonda eletrônica.

Os minerais identificados na amostra HR-184 são: sillimanita, almandina, quartzo, flogopita, sanidina, bytownita e cordierita. Os acessórios são zirconita, opacos, clorita (de cordierita) e mica branca (de cordierita e clorita).

O tamanho dos cristais confere à rocha uma granulação bimodal (próximo de 4mm e 0,4mm). Alguns dos cristais grosseiros dessa textura são constituídos por almandina ou cordierita ou K-feldspato ou plagioclásio ou quartzo; outros são formados por mais de um cristal da mesma espécie (quartzo ou cordierita) ou de espécies diferentes (almandina + cordierita). Estes cristais ou núcleos são envolvidos por cristais submilimétricos de quartzo, plagioclásio e K-feldspato com textura poligonal e pontos tríplices, independentemente ou associados entre si, entremeados pela flogopita que apresenta orientação preferencial e confere um caráter anastomosado à foliação.

Sillimanita ocorre inclusa em cordierita, freqüentemente com orientação preferencial paralela à da flogopita. Esta ocorre também em orla de pressão de granada, neste caso nem sempre orientada.

O K-feldspato, estruturalmente ortoclásio/sanidina, apresenta-se como cristal milimétrico com textura *bead* pertita, limites sinuosos a curvilíneos geralmente com simplectita nos bordos, constituída de quartzo e plagioclásio e/ou quartzo e K-feldspato. Pode incluir cristais de quartzo e plagioclásio com limites curvilíneos (fotomicrografia II.2.1). Como cristal submilimétrico, além de limites retilíneos e pontos tríplices, tem textura *bead* e *striglet* pertita (de acordo com Spry, A., 1974, p. 182).

Granada, sem cordierita associada, é sempre milimétrica, com orla de pressão de flogopita, plagioclásio, quartzo e K-feldspato em diversas associações, principalmente flogopita + plagioclásio e flogopita + K-feldspato. É anédrica, com limites sinuosos, curvilíneos e denteados. Inclui flogopita, quartzo e plagioclásio.

Na amostra HR-508 foram observados os seguintes minerais: ortopiroxênio (?), sillimanita, hercinita, bytownita, almandina, flogopita e sanidina, além de quartzo.

A textura é granoblástica fina formada por sanidina e plagioclásio poligonais, com porfiroblastos de almandina e porfiroclastos de sanidina, entremeados por biotita suborientada. Os porfiroclastos de sanidina são anédricos, mesopertíticos tipo *stringlet* com contornos sinuosos a denteados. Encontram-se dispersos, isolados ou em concentrações. Há alguma inclusão de biotita e raras de espinélio ou opacos. Acham-se recristalizados em sanidina granoblástica, poligonal e pertítica (também tipo *stringlet*).

Flogopita ocorre em palhetas curtas dispersas, geralmente com limites sinuosos, em contato com sanidina, sugerindo corrosão. Mostra alguma orientação. Forma concentrações em posições de sombra de pressão na almandina.

Hercinita é anédrica, ocorre intergranular, com limites retilíneos ou curvilíneos, parecendo ser heterogênea na composição com algumas áreas internas mais "opacas".

Granada (fotomicrografia II.2.2) é pórfiro-poiquiloblástica anédrica, tem bordos corroídos e inclusões de biotita, espinélio, plagioclásio e de rara sanidina.

Sillimanita (fotomicrografias II.2.2 e II.2.3) é micropórfiro-poiquiloblástica euédrica de limites irregulares. Tem inclusões de biotita (fotomicrografia II.2.3) além de outros minerais semi-engolfados pelos bordos embaiados.

Há dois cristais de possível ortopiroxênio, um deles reliquiar em biotita (fotomicrografia II.2.4).

Bytownita só é encontrada junto da sanidina recristalizada formando textura poligonal.

Os minerais mais antigos reconhecíveis pela textura são o ortopiroxênio, a sanidina porfiroclástica e a hercinita. Numa geração tardia em relação à anterior coloca-se a flogopita seguida da recristalização da sanidina e do aparecimento do plagioclásio cálcico. Almandina e sillimanita são os últimos minerais a se formarem.

A tabela II.2.2 mostra a composição mineralógica estimada destes gnaisses.

O elevado teor em alumínio dos minerais constituintes indicam que o protólito da rocha deve ter sido um sedimento pelítico.

A associação mineralógica indica que as rochas desta unidade sofreram metamorfismo em condições de fácies anfibolito alto a granulito, sendo posteriormente submetidas a novas condições de metamorfismo na fácies xisto-verde.

Tanto na Unidade Pps1 quanto Pps2 é comum a presença de finas lentes estiradas de rochas calcissilicáticas, sendo mais prontamente reconhecíveis na primeira unidade. Tratam-se de rochas de coloração cinza-esverdeada a pardacenta, de granulação fina a média e estrutura maciça, localmente exibindo foliação. Geralmente apresentam abundantes veios dobrados de quartzo.

Tabela II.2.2 – Composição mineralógica estimada da Unidade Pps1, Complexo Paraíba do Sul.

AMOSTRA	MINERAIS																	
	QZ	PL	BT	CD	GRA	SIL	KFD	AF	AP	EP	OP	ZR	CRB	CL	MU	PIN	SE	TIT
HR-02	7	38	15					40	tr	tr	tr	tr					tr	
54D	40	35	25		tr				tr			tr	tr		tr		tr	
57	55	10	20	7	5				tr	tr	tr	tr		tr	tr	tr		
106	5	60	30					5	tr		tr			tr				tr
125	14	50	30				3	3	tr	tr	tr	tr	tr	tr			tr	tr
136	55	10	20	10	3	Tr						tr	tr	tr	tr	tr	tr	
142	35	18	2	1		3	40							tr				
175A	35	5	20		10	3	25				tr	tr			tr			
184	?	?	?	?	?	?	?			tr	tr	tr		tr	tr	tr	tr	
194	35	10	25		20		10				tr	tr					tr	
301B	?	?	?	?	?	?	?				tr	tr	tr		tr		tr	
315A	10	38	20				tr	24	1		1		1					3
335	20		20	20	2	1	30				1	1				tr		
393	40	15	20		2	1	10		tr			tr				tr		
415	15	35	20	10	5	5	10				tr	tr			tr		tr	
418	10	52	25				3	5	tr		tr							tr
420	55	8	20				10				tr	tr				tr		
446	?	?	?	?	?		?		tr			tr				tr	tr	
450	10	21	35	10	8	5	8				tr	1	tr	tr	tr			
451	10	48	40						1		1	1		tr	tr		tr	
601	35	45	15		5				tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr		tr	
633	35	40	20		3						tr	tr			tr		tr	
639	6	2	30	6	4	1	45			tr	tr	tr				tr	tr	
657	20	10	1		1		65		tr		tr	tr			tr		tr	
658	15	2	10	45	10	5	10			tr	tr					tr		
663	10	38	35				1	2	2	1	3	tr					tr	7
WL-67	6	60	13					10	2		2							3

? = porcentagem indeterminada

Ao microscópio apresentam textura granoblástica e são formadas essencialmente por quartzo, plagioclásio, diopsídio e granada, com subordinada quantidade de escapolita. A fração acessória acha-se representada por apatita, epidoto, opacos, titanita e rutilo. A composição mineralógica estimada está na tabela II.2.3.

As rochas calcissilicáticas que ocorrem dentro de outras unidades são restos de lentes associadas aos gnaisses aluminosos que sofreram processos de fusão ou assimilação parciais ou totais.

Em alguns locais observam-se intercalações de rocha básica, que não são comuns nesta unidade, como se verifica na estação WL-67, onde ocorre um metadiabásio. Representam evidências de manifestações magmáticas do Complexo Paraíba do Sul.

Na serra do Batatal, próximo a Todos os Santos, foi observada a única ocorrência expressiva de quartzito no âmbito dessa Unidade (Pps1qt). Trata-se de um quartzito grosseiro com pouco feldspato e alguma sillimanita. Encontra-se em desagregação, resultando em um aspecto de "sal grosso".

contato com granada (fotomicrografia II.2.10). A sillimanita apresenta limites curvilíneos e retilíneos e algumas porções corroídas (fotomicrografias II.2.7 e 10). Intercrescimento simplectítico de provável quartzo é comum na cordierita (fotomicrografias II.2.6 e 11), aumentando de quantidade nas proximidades da granada e por vezes sub-radiais a ela. Estes aspectos sugerem que a seguinte reação de formação de cordierita tenha ocorrido:

almandina + *sillimanita* + *quartzo* + H_2O = cordierita [2]

ou

flogopita + sillimanita + quartzo = cordierita + K-feldspato [3]

e/ou

granada + biotita + 5 sillimanita + 7 quartzo + 0,5 H_2O = 3 cordierita + K-feldspato [4]

Se o K-feldspato formado na reação 1 fosse ortoclásio, o metamorfismo estaria limitado aos campos de fácies anfibolito de média pressão a granulito de baixa pressão (Miyashiro, 1973).

As texturas sugerem também que as reações 2 e 3

Tabela II.2.3 – Composição mineralógica estimada das rochas calcissilicáticas da Unidade Pps1.

AMOSTRA	MINERAIS														
	QZ	PL	AF	PX	GRA	AP	TIT	OP	EP	CRB	MU	SE	CL	BAT	ESC
HR-71	25	40		?	15	tr	tr	tr	tr	tr	tr		tr	tr	
83	60			25	10			tr	tr	tr	4				
83C	?	?		?	?		?			tr		tr			?
705A	?	?	?			tr	tr	tr	tr	tr		tr			
WL-47	?	?	tr	?			tr	tr					tr		

? – porcentagem indeterminada

2.2.2.1 Considerações Petrogenéticas

Estas considerações foram feitas pela geóloga Ignez Gomes Guimarães (da CVRD) e fazem parte de uma integração petrográfica de rochas da faixa costeira. Para isso, selecionaram-se algumas lâminas que foram descritas com maior detalhe.

Os aspectos petrográficos da amostra HR-184 sugerem que a seguinte reação de formação de granada e K-feldspato pode ter ocorrido:

flogopita + *sillimanita* + *quartzo* = *almandina* + *K-feldspato* + H_2O [1]

Granada associa-se ora lateralmente à cordierita (fotomicrografia II.2.5) ora inclusa nesta (fotomicrografias II.2.6,7,8 e 9). Os limites entre granada e cordierita são sempre irregulares, sinuosos a curvilíneos, com formas corroídas (embaynentes) (fotomicrografia II.2.5) principalmente na granada. Alguma mica branca (proveniente do retrometamorfismo da cordierita) pode estar presente neste contato. Inclusões de flogopita e sillimanita na cordierita são comuns. Não foi encontrada sillimanita em

sejam as mais viáveis. A almandina teria dado origem à cordierita, implicando hidratação da rocha, corroborada pelas análises por microssonda, que mostraram hidratação da cordierita. Esta hidratação pode ter ocorrido durante o resfriamento da fusão parcial ou durante um evento que poderia ser considerado como retrometamorfismo.

A presença de sanidina sugere, ainda, que a seguinte reação, indicativa de fusão parcial, possa ter ocorrido:

plagioclásio + *sillimanita* + *biotita* = *sanidina* + *cordierita* + *granada* + *líquido* [5]

Não foram encontradas evidências texturais na lâmina HR-184 desta reação, pois a cordierita é de geração posterior à almandina, isto é, não concomitante. Nesse caso, a fusão parcial poderia ter ocorrido ainda na fácies anfibolito de alta pressão.

Na lâmina HR-639 observa-se que as inclusões de sillimanita na cordierita exibem caráter simplectítico (fotomicrografias II.2.12 e 13), sugerindo a possibilidade de uma ou ambas as reações seguintes :

muscovita + *quartzo* = *K-feldspato* + Al_2SiO_5

+ H_2O [6]

clorita + quartzo = estaurolita + sillimanita + H_2O [7]

seguidas da reação

2 estaurolita + 7 quartzo = 2 cordierita + 5 Al_2SiO_5 + H_2O [8]

ou seja, é possível que cordierita e sillimanita tenham se formado ao mesmo tempo.

O K-feldspato com inclusões de sillimanita (fotomicrografia II.2.14) sugere que a reação de formação de cordierita e K-feldspato tenha sido:

flogopita + 6 sillimanita + 9 quartzo = 3 cordierita + 2 K-feldspato + 0,5 H_2O [9]

A lâmina HR-508 mostra que as seguintes reações, que ocorrem na fácies granulito, tenham ocorrido:

cordierita + granada = olivina + espinélio [10]

ou

cordierita + granada = hiperstênio + espinélio + quartzo [11]

Uma vez que a difratometria de raios-X acusou, nesta lâmina, a presença de ortopiroxênio, a reação 11 teve maiores chances de ocorrer.

Pode-se considerar ainda a probabilidade das reações seguintes, que representam a transição da fácies anfibolito para a fácies granulito:

plagioclásio + sillimanita + biotita = cordierita + sanidina + ortopiroxênio + líquido [12]

e/ou

plagioclásio + biotita + granada = ortopiroxênio + sanidina + cordierita + líquido [13]

Como a cordierita não foi encontrada e o ortopiroxênio é reliquiar, pode ser que essas reações tenham retornado a seu sentido após a fusão parcial que elas indicam, e cristalizado (novamente) plagioclásio, sillimanita e biotita (flogopita), consumindo toda a cordierita e restando algum ortopiroxênio.

A falta de cordierita poderia ainda induzir a que as reações 1 e/ou 14 tivessem ocorrido:

flogopita + sillimanita + quartzo = almandina + K-feldspato + H_2O [1]

3 cordierita + 2 muscovita = 2 flogopita + 8 sillimanita + 7 quartzo + 1,5 H_2O [14]

já que estas são reações de desidratação e hidratação, respectivamente, para a formação da flogopita, envolvendo o aparecimento de sillimanita e quartzo. O quartzo livre não foi observado, sugerindo que elas não tenham ocorrido como reações de retrometamorfismo e sim de metamorfismo, numa situação ainda de fácies anfibolito de média a alta pressão.

2.2.3 Sillimanita – Biotita-Gnaisses Granatíferos – Pps2

Esta unidade ocorre no canto noroeste da área, ocupando uma superfície de 375km^2.

Durante o mapeamento optou-se pela sua divisão em duas subunidades, uma com predominância de intercalações anfibolíticas (designada pelo próprio nome da Unidade Pps2) e outra onde estas intercalações não ocorrem, predominando os sillimanita-biotita-gnaisses granatíferos de aspecto xistoso com abundantes intercalações de quartzitos (denominada Pps2qtxt).

Nessa subunidade a rocha encontra-se sempre intemperizada, com coloração avermelhada, podendo-se, localmente, reconhecer ainda cristais de granada e biotita. A sillimanita, pela sua abundância, forma verdadeiros leitos, enquanto a grafita só ocorre raras vezes em pequenas palhetas.

Microscopicamente, além destes minerais observam-se quartzo e, muito localmente, cordierita. Como acessórios, ocorrem zircão, ortita e opacos e, como secundários, muscovita e clorita. A textura é lepidoblástica a nematoblástica, observando-se que as micas dispõem-se de forma orientada segundo duas direções, aproximadamente ortogonais. A muscovita também se orienta perpendicularmente à foliação. Sillimanita ocorre em cristais prismáticos e aciculares fortemente orientados segundo a principal foliação da rocha, chegando a formar níveis contínuos.

A paragênese é diagnóstica de condições de metamorfismo da fácies anfibolito alto a granulito. A associação mineralógica (aluminosa) indica origem sedimentar.

Intercaladas nesses litótipos ocorrem rochas de provável caráter metavulcânico. Suas melhores exposições estão ao longo da rodovia ES-164 (que liga Vargem Alta à BR-262) e no local denominado São Roque de Maravilha (WL-15 e HR-97).

Apresentam coloração verde-acinzentada a verde-escura, granulação fina a média e estrutura maciça, pouco foliada. Geralmente ocorrem abundantes veios dobrados de quartzo. Em seção delgada observa-se uma textura granoblástica. Parte dessas rochas tem composição anfibolítica (como nas estações HR-97, 123, 274 e 276), sendo formadas por abundante anfibólio (geralmente hornblenda), plagioclásio, quartzo, diopsídio e biotita. Os acessórios são apatita, titanita, zircão e opacos. O grau metamórfico é forte, provavelmente da fácies granulito.

Localmente a composição é quartzo-diorítica, contendo muito plagioclásio, biotita, pouco quartzo e, acessoriamente, anfibólio, apatita, allanita, zircão e opacos. Os pontos típicos são HR-113 e 152.

Observa-se ainda que, intercaladas nesses níveis máficos, ocorrem bandas félsicas de composição quartzo-feldspática contendo bastante microclina e alguma quantidade de biotita, com apatita, zircão e opacos como acessórios. As estações HR-297, 371 e 377 podem ser citadas como exemplo.

Outras vezes essas bandas tornam-se extremamente quartzosas, sendo formadas essencialmente por megacristais de quartzo (que atingem até 1,5cm de diâmentro) com

inclusões de plagioclásio, biotita, clorita, muscovita, rutilo e K-feldspato (ponto HR-363). Devido à alteração dos gnaisses ficam ressaltados na topografia os morros de quartzitos em desagregação (tipo sal grosso).

A composição mineralógica estimada das rochas dessa unidade pode ser verificada na tabela II.2.4.

As evidências petrográficas indicam que provavelmente estes litótipos pertencem a um vulcanismo subordinado, de composição básica, e a não constatação de feições texturais e estruturais, típicas de rochas vulcânicas, leva a admitir que elas constituem intrusões tipo soleiras ou lacólitos intercalados na seqüência. Outra hipótese é que as rochas anfibolíticas sejam melanossomas de migmatitos, uma vez que a área foi fortemente migmatizada.

Tabela II.2.4 – Composição mineralógica estimada da Unidade Pps2, Complexo Paraíba do Sul.

AMOS TRA	MINERAIS																		
	QZ	PL	BT	AF	KFD	PX	SIL	CD	GRA	ALL	AP	DP	TIT	ZR	CRD	CL	EP	SE	MU
97	?	?		?							tr	tr	tr		tr	tr			tr
99	?	?	tr	?							tr	tr							
113	13	56	25	1						1	1	1	1	1		tr	tr	tr	
123	15	35		40		10					tr		tr		tr			tr	tr
152	10	60	22	tr						tr	tr	tr	tr		tr	tr			
274	?	?	?		tr						tr			tr	tr		tr	tr	
276	5	45	TR	50							tr	tr						tr	
276B				95		tr					1	1	1	1	1	tr	tr		
297	15	8	25		50						tr			tr			tr	tr	
363	85	tr	tr		tr	?										tr			tr
366	10	40	25	25										tr					tr
368B	5	55					26	5	3	tr		1		tr		tr			3
371	32	20	15		30									tr		tr		tr	
372C	?	?	tr	?							tr	tr	tr	tr	tr	tr			
383	?	?	25											tr				tr	tr
386	15	55	25		5						tr			tr				tr	tr
662	?	?	?								tr	tr		tr					
683B	?	?	?	?						?	tr	tr		tr					
WL-11A	?	?	?	?					tr		tr	tr		tr	tr	tr		tr	
WL-15	?	?	?	?					?	?	tr	tr	?	tr	tr	tr			
WL-80	?	?	?	?							tr		?	tr		tr		tr	
WL-82	?	?	?	?							tr	tr			tr	tr			

? = porcentagem indeterminada

2.2.4 Considerações Petroquímicas

a) Gnaisses aluminosos (Pps1): foram analisadas nove amostras desta unidade, para elementos maiores e traço. Os resultados analíticos estão na tabela II.2.5.

Este grupo de rochas tem como principal característica química o caráter aluminoso. Aplicou-se, por analogia, a função discriminante (DF) de Shaw (1972) e o diagrama ACF, segundo Takahashi *et al.* (1980), com o intuito de comprovar a origem sedimentar dessas rochas. Na função discriminante foram obtidos valores negativos em todas as amostras, que também plotaram no campo "S" do diagrama (figura II.2.3). Nessa mesma figura foi traçada a curva que limita o campo dos folhelhos e grauvacas (segundo Miyashiro, 1973), observando-se que todas as amostras plotam dentro deste campo. No diagrama de La Roche (1965) as amostras também indicam origem sedimentar (figura II.2.4), com boa parte das amostras plotando-se no campo das grauvacas. O mesmo ocorre nos diagramas de Moine & La Roche (1968) onde todas as amostras plotam-se no campo das grauvacas (figura II.2.5a) e nos campos das grauvacas e dos folhelhos (figura II.2.5b).

b) Sillimanita-biotita-gnaisses (Pps2): foram analisadas quimicamente 11 amostras desta unidade, todas dos níveis anfibolíticos. Os resultados analíticos estão sintetizados na tabela II.2.6. A amostra HR-274 apresentou teor muito elevado de SiO_2 (72,3%) enquanto a amostra WL-80, teor alto em SiO_2 (80,3%) e muito baixo em Al_2O_3 (6,5%). Isto se deve ao fato de destas amostras apresentarem uma venulação quartzosa (característica da unidade) mais intensa que a normal.

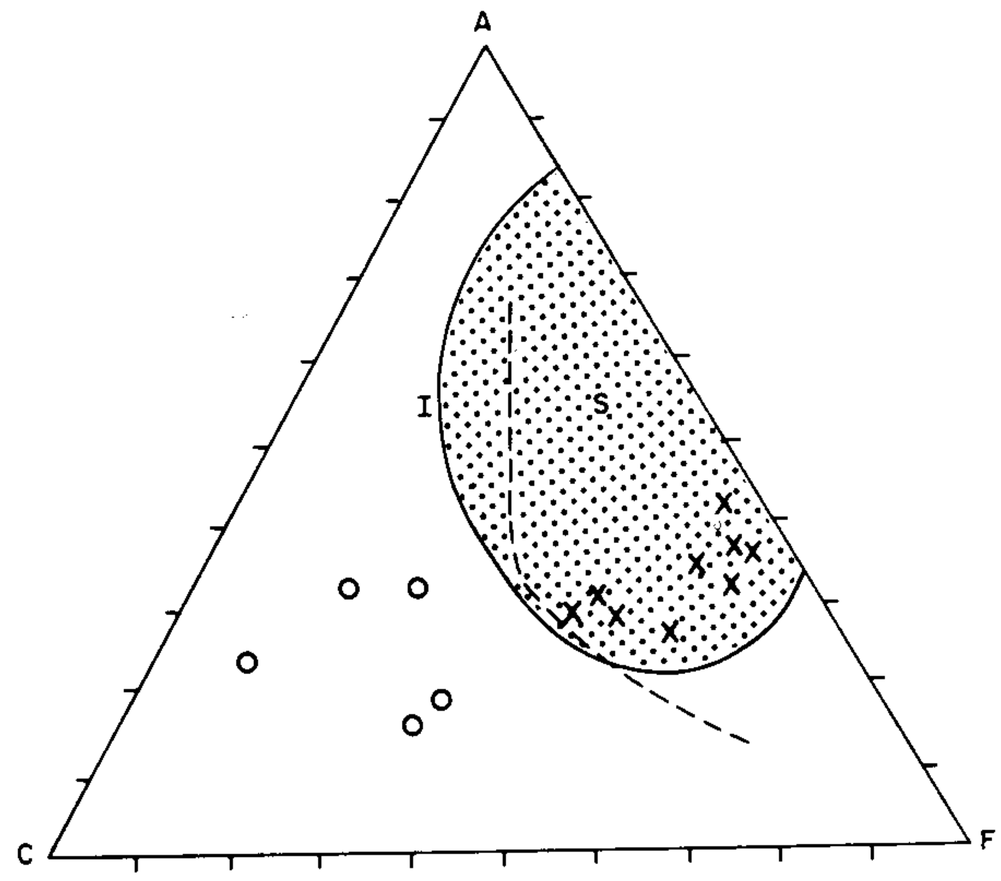
O diagrama de Moine & La Roche (1968) mostra que essa unidade é constituída tanto por rochas de composição basáltica como por rochas de composição grauvaqueana (figura II.2.6).

Essas rochas, no diagrama TAS de classificação de rochas vulcânicas (figura II.2.7), segundo Le Bas *et al.* (1986), plotam no campo dos basaltos, andesitos basálticos e andesitos (neste, as de composição grauvaqueana). Segundo Gill (1981; *in* Pimentel *et al.*, 1987) a abundância de rochas andesíticas marca caracteristicamente os ambientes de convergência de placas litosféricas.

Os pontos analíticos, plotados no diagrama A-F-M (figura II.2.8), apesar da dispersão, delineiam um *trend* to-

Tabela II.2.5 – Análises químicas da Unidade Pps1, Complexo Paraíba do Sul.

Tipo	HR-54D	HR-301B	HR-393	HR-415	HR-446	HR-602A	HR-603	HR-639
SiO_2	74,00	61,30	67,10	69,60	59,70	58,40	72,90	60,10
Al_2O_3	11,30	18,40	15,20	13,60	18,40	17,30	11,60	17,80
Fe_2O_3	1,40	0,97	1,90	1,00	2,40	3,00	1,90	5,40
FeO	2,80	7,10	4,30	4,50	6,20	4,30	2,60	3,10
MnO	0,05	0,19	0,16	0,10	0,16	0,15	0,06	0,12
MgO	1,60	3,60	2,60	2,10	3,90	2,90	1,70	3,30
CaO	2,30	0,72	1,40	0,88	1,00	4,40	2,10	0,56
Na_2O	1,90	1,40	2,50	1,80	1,40	3,30	2,90	1,30
K_2O	2,50	3,70	2,60	4,00	3,90	2,60	1,80	5,10
TiO_2	0,82	1,10	0,85	0,92	1,20	1,10	0,89	1,10
P_2O_5	0,16	0,06	0,14	0,15	0,18	0,73	0,27	0,12
S	0,008	0,040	0,048	0,068	O,018	0,030	<0,005	0,029
Co_2	0,60	0,30	0,30	0,15	0,15	0,75	0,75	0,95
H_2O^+	0,44	0,78	0,66	0,99	1,01	0,91	0,46	0,89
H_2O^-	0,05	0,09	0,08	0,11	0,10	0,13	0,08	0,16
Total	**99,88**	**99,66**	**99,76**	**99,86**	**99,62**	**99,87**	**99,94**	**99,87**
Cu	17	10	25	33	8	31	17	17
Pb	37	93	76	34	118	47	56	47
Zn	112	285	197	184	334	155	94	169
Co	14	28	22	16	23	27	17	28
Cr	56	140	96	65	140	52	65	102
Ni	40	78	52	38	64	48	48	72
Y	31	40	34	29	33	40	45	48
Ba	410	520	610	740	850	460	370	610
Sr	190	140	230	160	160	180	140	110
Th	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
F	960	1.100	1.500	940	1.400	1.500	1.000	1.100



I | S Limite entre os campos I e S segundo Takahashi et al. (1980).

Campo dos folhelhos e grauvacas segundo Miyashiro (1973)

× gnaisses aluminosos

○ rochas calcissilicáticas

Figura II.2.3 – Diagrama ACF com os campos I/S de Takahashi *et. al.* (1980) e o campo dos folhelhos e grauvacas segundo Miyashiro (1973) mostrando as rochas da Unidade Pps1 e Cs do Complexo Paraíba do Sul.

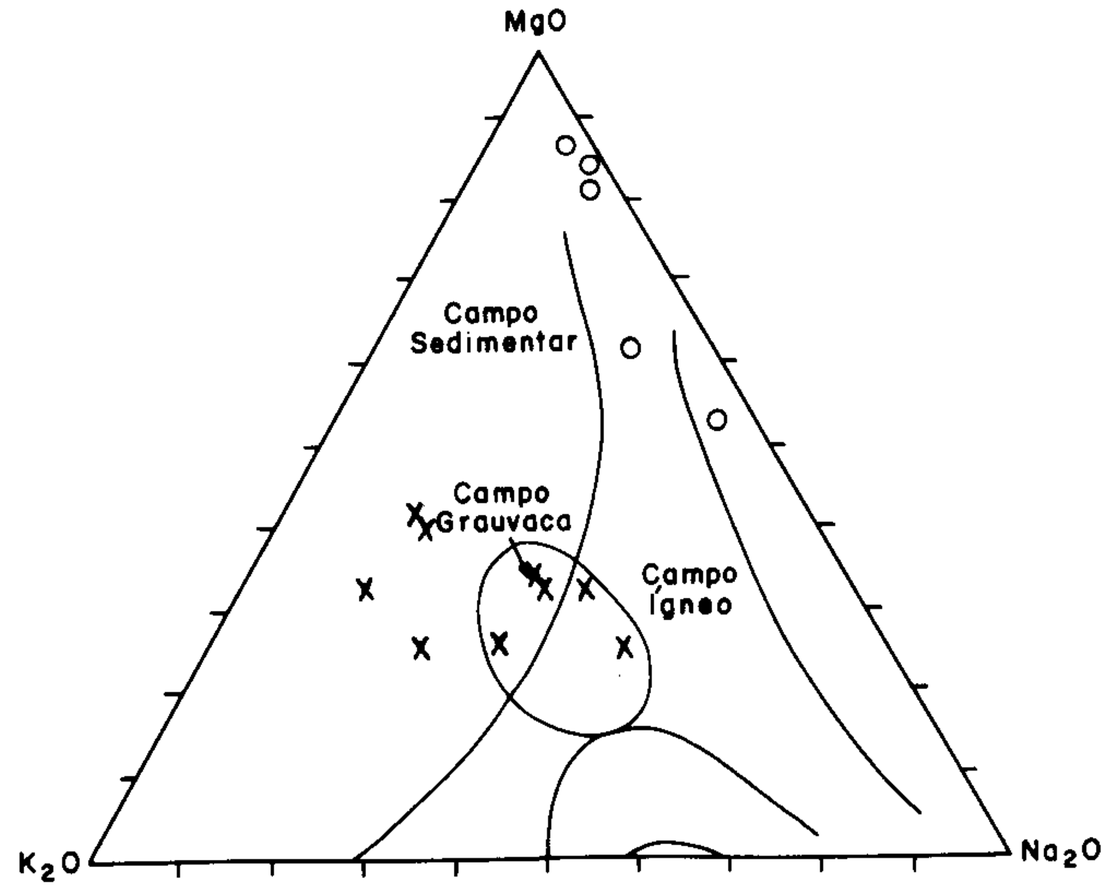


Figura II.2.4 – Diagrama de La Roche (1965). (Mesma simbologia da figura II.2.3).

leítico. A razão K/Rb (figura II.2.9) também indica valores característicos de toleítos de arco-de-ilhas.

O diagrama de Miyashiro (1975a; in Pimentel *et al., op. cit.*) mostra que as rochas metavulcânicas do Complexo Paraíba do Sul plotam-se no campo das rochas não alteradas por processos pós-magmáticos (figura II.2.10). Verifica-se que grande parte das amostras plotam-se no campo das vulcânicas de arco de ilhas. Já na figura II.2.11

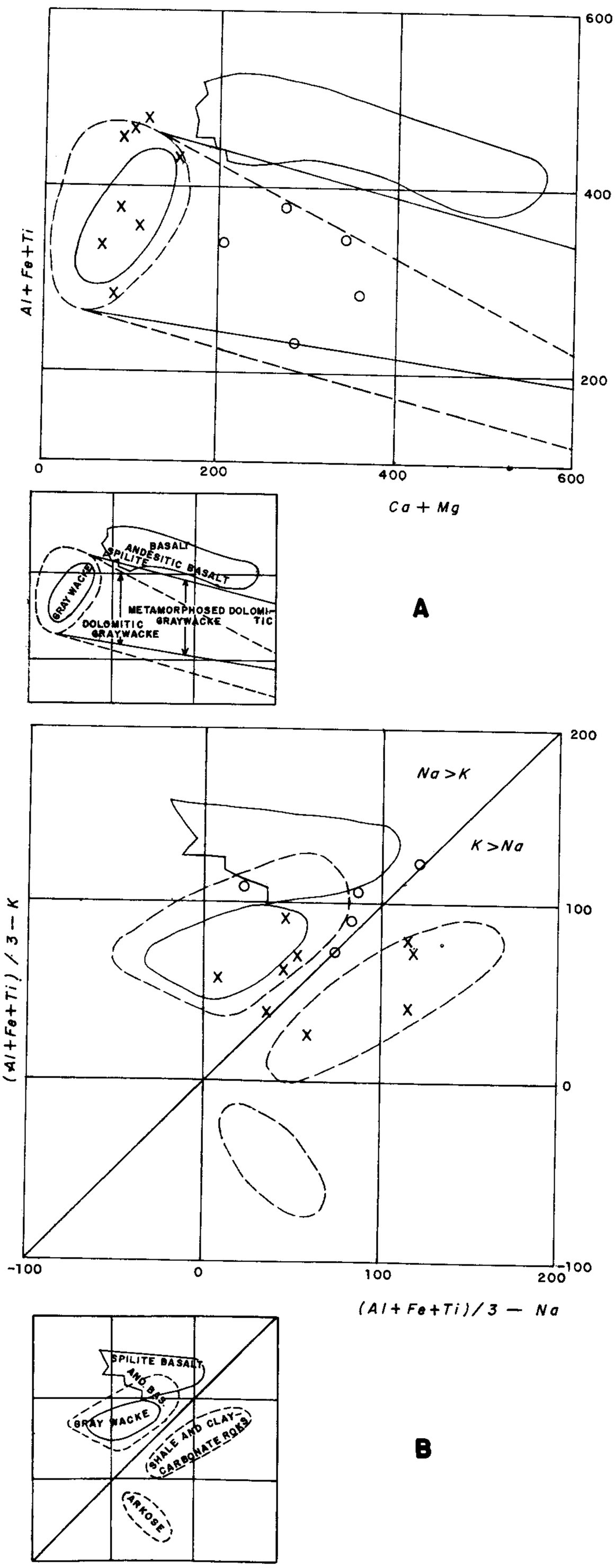


Figura II.2.5a e b – Diagrama de Moine & La Roche (1968). (Mesma simbologia da figura II.2.3).

(Miyashiro, 1975b) as amostras plotam-se no mesmo campo e as que no anterior caíram fora da curva, neste plotam-se no campo das vulcânicas de margem continental ativa. O mesmo ocorre no diagrama de Miyashiro & Shido (1975) onde as rochas plotam-se no campo das vulcânicas de arco-de-ilhas e margens continentais ativas, com parte no campo toleítico e parte no campo calcialcalino (figura II.2.12).

Todos estes dados sugerem para essa região uma evolução semelhante à de arcos magmáticos, com derrames de lavas toleíticas pobres em potássio e calcialcalinas mais ricas em K_2O e Rb, até a etapa final com intrusões de corpos graníticos pós-tectônicos.

No diagrama da figura II.2.13, de Condie (1973), a distribuição dos pontos sugere formação em um estágio precoce do desenvolvimento de arco, sobre crosta mais fina, pois as séries toleíticas geralmente associam-se a regiões onde a crosta não ultrapassa 20km de espessura, evoluindo até uma situação de maior maturidade do arco, possivelmente através do desenvolvimento de crosta mais espessa, pois as séries calcialcalinas geralmente ocorrem sobre crosta de espessura intermediária (20-30km).

Foram analisados elementos terras-raras em dez amostras dessa unidade. Os resultados analíticos estão na tabela II.2.7 e as curvas na figura II.2.14. Todas as curvas foram normalizadas em relação aos condritos de Evensen et al. (1978).

As curvas mostram uma distribuição mais ou menos homogênea entre si, com ligeira inclinação em direção ao ramo das TRP (terras-raras pesadas). Este pequeno fracionamento é indicado também pelas razões entre: TRL/TRP (que varia de 1,21 até 6,88, com média de 3,54), La/Yb (entre 6,63 e 53,33) ou Yb/La (0,002 a 0,35). Este padrão é o encontrado para os andesitos calcialcalinos das Ilhas Aleutas (Garcia, 1978). O somatório de terras-raras é baixo (entre 54,54 e 305,80, com média de 145ppm) e as anomalias de európio são, em geral, superiores a 0,7 (inclusive com dois valores positivos: 1,05 e 1,34).

Esses valores, associados aos altos teores em CaO (>2%) e baixos índices de diferenciação-ID (entre 17 e 75), indicam, segundo Shen Jili *et al.* (1985), rochas de origem mantélica. Os valores de La/Yb são característicos de basaltos calcialcalinos (entre 5 e 20), cujas erupções são quase exclusivamente restritas a arcos vulcânicos (Miyashiro, 1972; *in* Garcia, *op. cit.*).

c) Rochas calcissilicáticas: foram analisadas cinco amostras deste tipo litológico. Os resultados analíticos estão na tabela II.2.8.

Os dados, plotados no diagrama ACF (figura II.2.3), indicam origem ígnea (devido a elevado teor em CaO destas rochas). O mesmo ocorre no diagrama de La Roche (1965), aqui devido ao alto teor em MgO (figura II.2.4).

Os diagramas de Moine & La Roche (1968) mostram os pontos analíticos no campo das grauvacas dolomíticas (figura II.2.5a) e na figura II.2.5b, entre os campos dos folhelhos e das grauvacas.

Tabela II.2.6 – Análises químicas e norma CIPW da Unidade Pps2, Complexo Paraíba do Sul, Folha Piúma.

Tipo	HR-97	HR-99	HR-123	HR-274	HR-372C	HR-662	HR-683B	WL-11A	WL-15	WL-80	WL-82
SiO_2	48,60	46,80	51,70	72,30	46,30	58,10	45,70	54,00	59,90	80,30	60,40
Al_2O_3	18,20	16,70	13,60	11,80	17,90	13,50	13,30	16,80	16,50	6,10	15,60
Fe_2O_3	5,30	6,90	3,80	1,70	8,00	6,80	11,10	6,30	4,40	0,78	3,40
FeO	5,60	6,60	5,70	3,20	4,00	5,00	5,60	5,60	3,40	2,90	4,60
MnO	0,16	0,13	0,21	0,09	0,33	0,13	0,27	0,21	0,13	0,07	0,13
MgO	4,30	4,80	7,90	2,30	4,80	3,60	5,80	2,30	2,20	3,40	2,50
CaO	10,30	10,30	13,10	2,00	11,20	2,90	11,70	8,50	6,10	2,70	5,80
Na_2O	3,60	2,90	0,90	2,20	3,30	1,60	1,10	0,80	3,00	0,36	3,00
K_2O	0,88	0,77	0,45	2,50	1,10	3,70	0,81	1,50	1,90	1,40	1,70
TiO_2	1,60	2,40	1,30	0,74	1,30	2,80	3,00	1,90	1,20	0,65	1,10
P_2O_5	0,27	0,29	0,18	0,16	0,27	0,52	0,32	0,59	0,20	0,15	0,34
S	0,17	0,005	0,01	0,011	0,036	0,005	0,12	0,06	0,10	0,006	0,008
Co_2	0,45	0,15	0,30	0,25	0,55	0,25	0,25	0,45	0,45	0,15	0,15
H_2O^+	0,59	0,62	0,73	0,45	0,74	0,79	0,72	0,68	0,24	0,55	0,70
H_2O^-	0,05	0,05	0,08	0,06	0,14	0,09	0,05	0,07	0,04	0,07	0,09
Total	100,02	99,37	99,88	99,70	99,83	99,70	99,79	99,69	99,72	99,52	99,43
Q	–	–	8,78	41,47		22,40	3,47	19,73	17,97	61,73	19,33
OR	5,25	4,62	2,69	14,89	6,60	22,17	4,87	8,98	11,31	8,36	10,19
AB	30,75	24,92	7,69	18,75	19,14	13,72	9,46	6,86	25,56	3,08	25,73
AN	31,19	30,74	32,03	8,94	31,22	11,14	29,41	38,29	26,12	11,00	24,40
NE	–	–	–	–	4,98	–	–	–	–	–	–
C	–	–	–	2,24	–	2,88	–	–	–	–	–
DI	15,27	15,79	26,02	–	19,29	–	22,56	0,42	2,49	1,24	2,06
HY	–	7,28	15,37	9,17	–	14,50	16,48	15,09	9,18	11,69	11,38
OL	9,03	5,37	–	–	10,85	–	–	–	–	–	–
MT	4,54	5,75	4,10	2,48	4,12	6,32	6,63	4,99	3,94	1,14	3,82
IL	3,07	4,63	2,49	1,42	2,51	5,39	5,79	3,66	2,30	1,25	2,12
AP	0,65	0,70	0,43	0,38	0,65	1,25	0,77	1,42	0,48	0,36	0,82
Pr	0,032	0,010	0,019	0,021	0,068	0,009	0,23	0,114	0,188	0,011	0,015
Cu	20	104	21	11	9	2	41	22	12	8	16
Pb	6	3	47	8	8	12	10	13	8	8	5
Zn	96	70	123	88	144	128	140	124	112	43	104
Co	36	42	nd	<5	30	52	50	31	13	16	16
Cr	130	116	73	37	42	60	76	35	8	140	37
Ni	138	94	66	15	54	52	88	54	20	46	30
V	96	330	nd	46	330	140	320	164	100	158	80
Y	24	35	40	20	40	44	62	88	62	16	37
Ba	210	110	75	390	120	950	85	420	120	300	1.280
Sr	310	190	110	130	280	170	140	240	340	97	330
Rb	15	9	nd	120	17	80	7	52	20	26	43
Zr	50	42	nd	162	186	158	380	112	102	36	178
F	2.100	nd	1.300	1.200	1.400	990	1.600	1.800	960	nd	nd

Esta dualidade parece indicar que as rochas calcissilicáticas podem ser provenientes tanto de material sedimentar quanto de origem vulcânica (tufos ?).

2.3 Rochas Plutônicas

2.3.1 Intrusivas Sin a Tardi-tangenciais

Essas rochas foram descritas por Rosier (1965), no Estado do Rio de Janeiro, como gnaisses granitóides. Liandrat (1972), no mapeamento da Folha Vitória (escala 1:100.000) separou apenas uma faixa que passa por Alfredo Chaves e Iconha, a qual denominou de faixa migmatizada, com predominância de biotita-gnaisses granitóides semifacoidais e facoidais. Deu indicações, também, da existência de charnockitos entre Anchieta e Piúma. Como Rosier (*op. cit.*), incluiu todas essas rochas no Grupo Paraíba-Desengano, ao qual atribuiu idade pré-cambriana.

Silva & Ferrari (1976) incluíram esses granitóides num complexo migmatítico (da Associação Paraíba do Sul), denominando-os diatexitos. Baseando-se em informações de campo e de laboratório, concluíram que essas rochas se originaram a expensas dos gnaisses bandados, devido a processos de natureza metassomática. Esses autores correlacionaram os ortognaisses tonalíticos aos gnaisses que constituem a serra dos Orgãos, atribuindo a eles idade proterozóica superior.

Machado Filho *et al.* (1983) os descreveram como gnais-

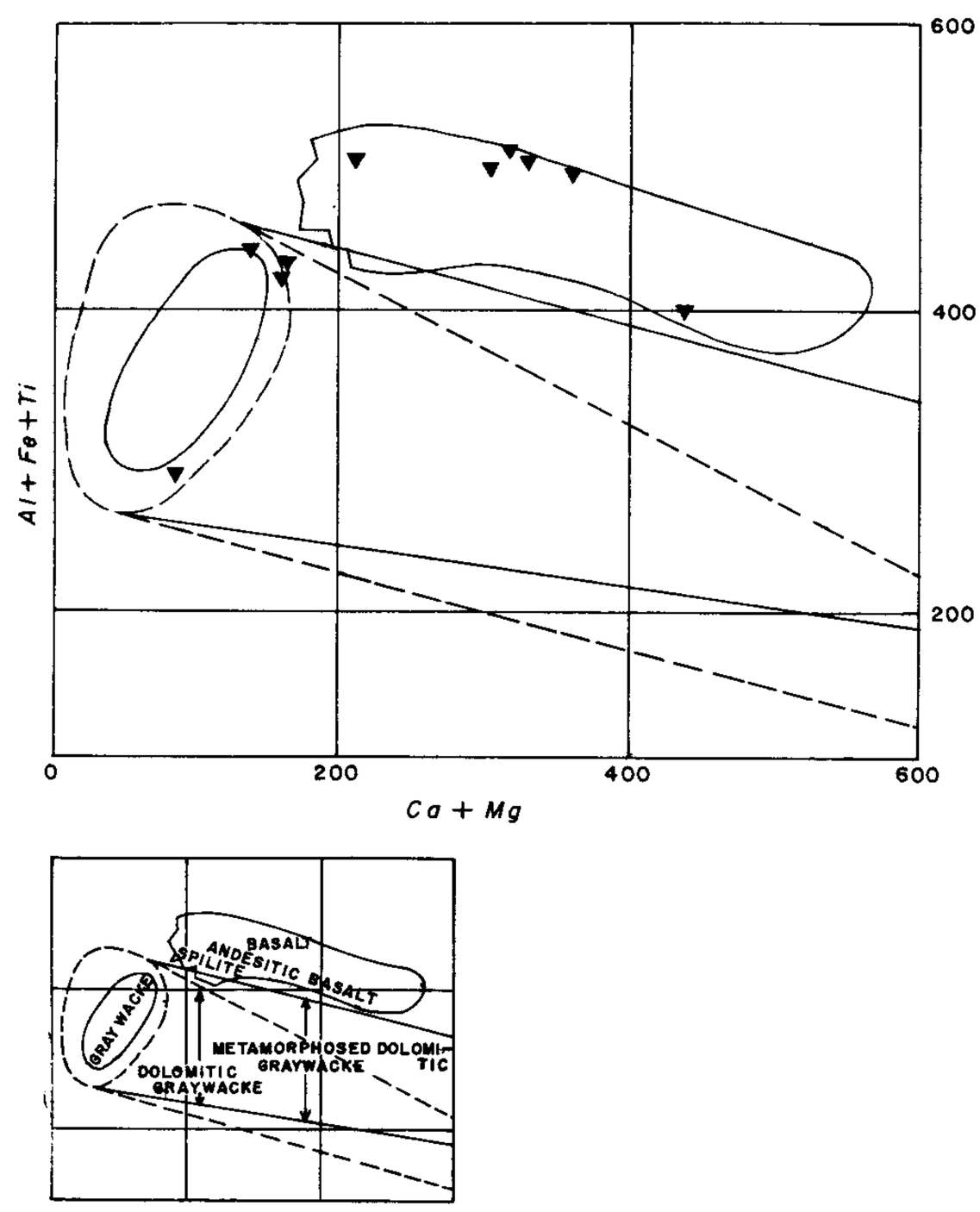


Figura II.2.6 – Diagrama de Moine & La Roche (1968) mostrando as rochas da Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul.

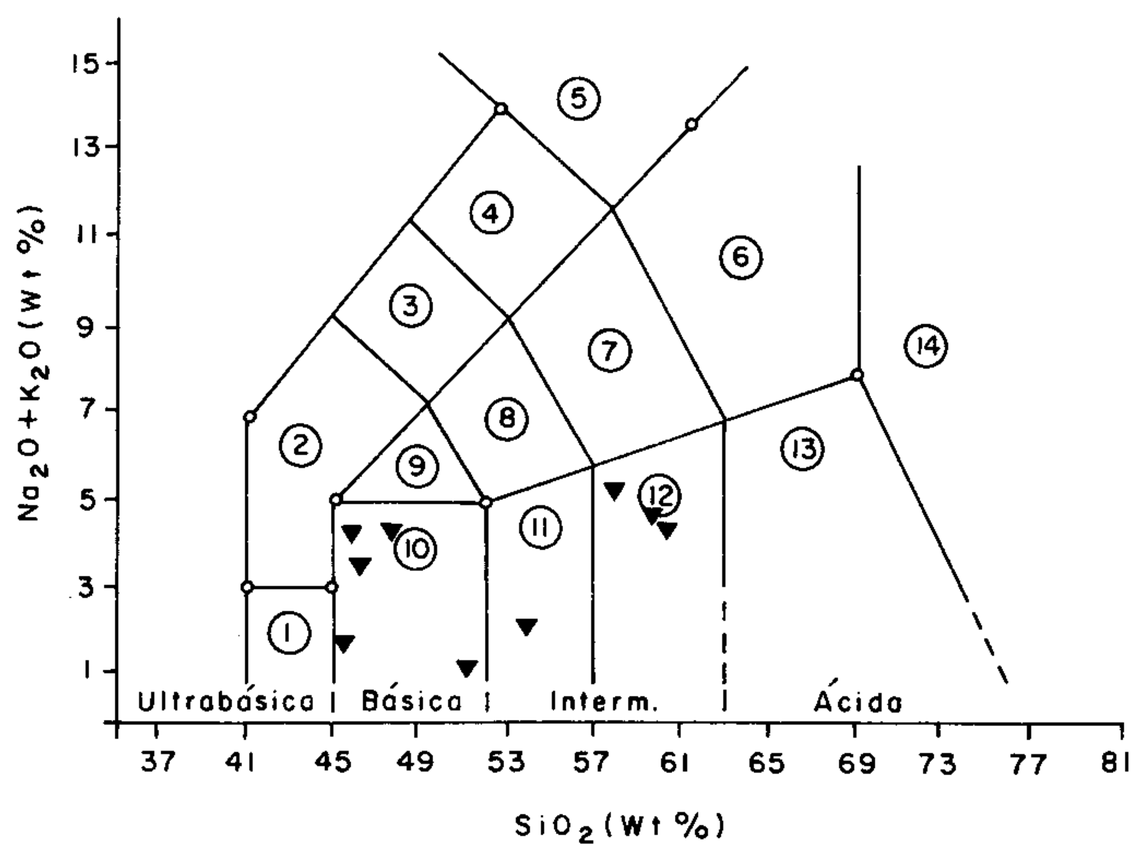


Figura II.2.7 – Diagrama de classificação segundo Le Bas *et. al.* (1986) com as rochas da Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul.

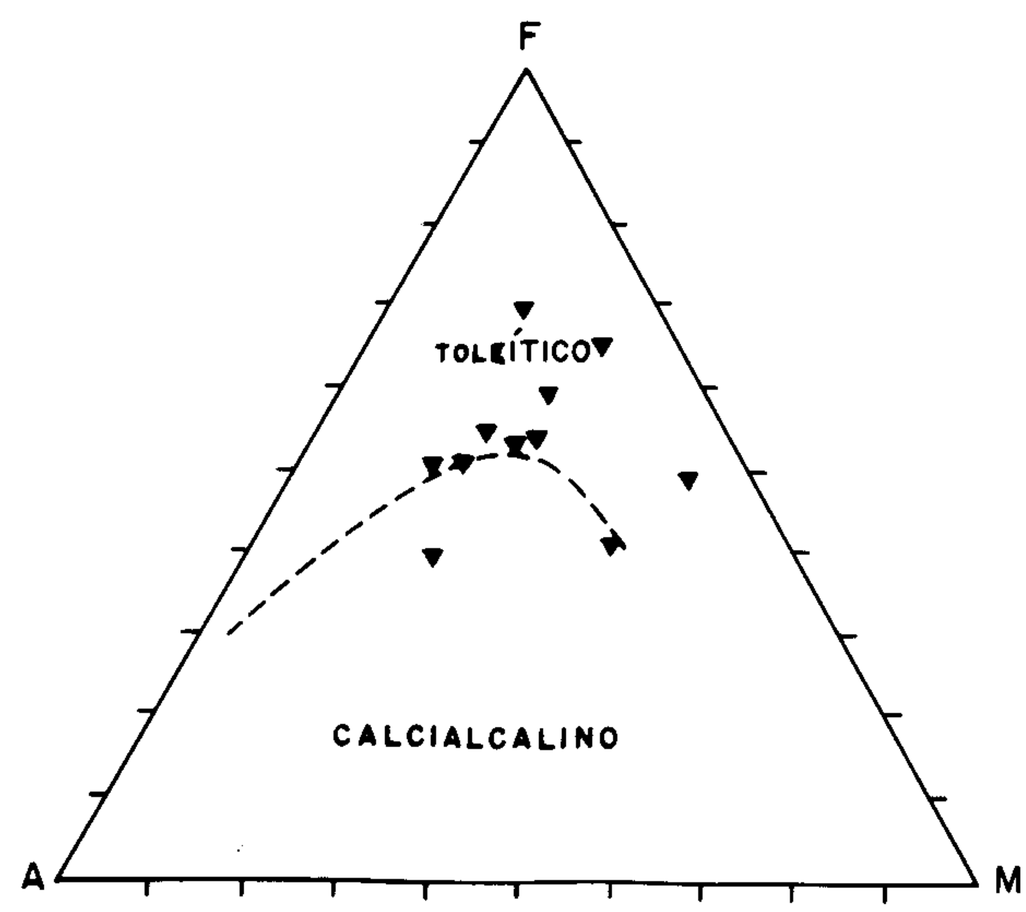


Figura II.2.8 – Diagrama AFM referente às rochas da Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul. A linha divisória entre os campos das séries toleítica e calcialcalina é de Irvine & Baragar (1971).

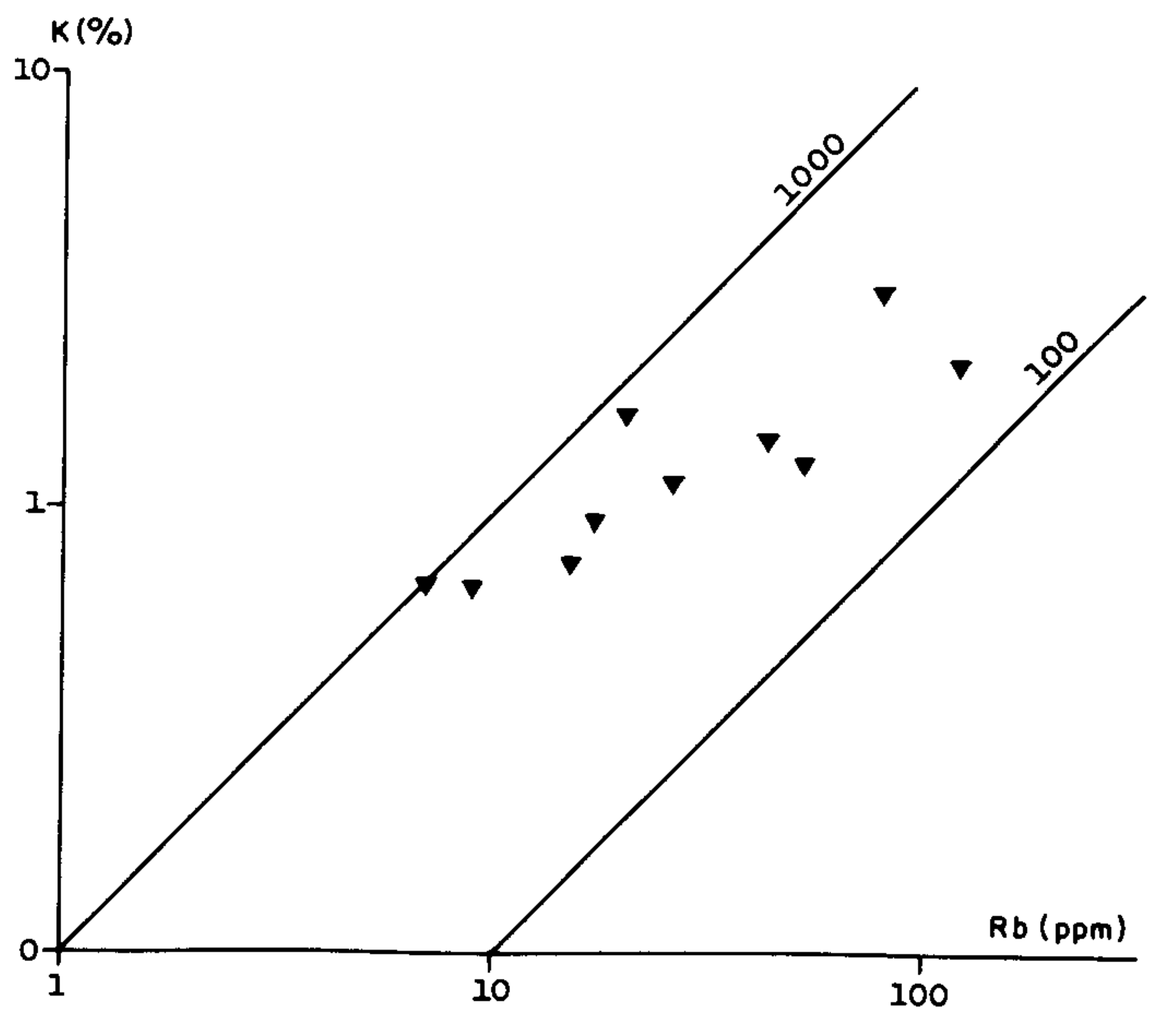


Figura II.2.9 – Diagrama de correlação K-Rb mostrando a distribuição das rochas da Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul.

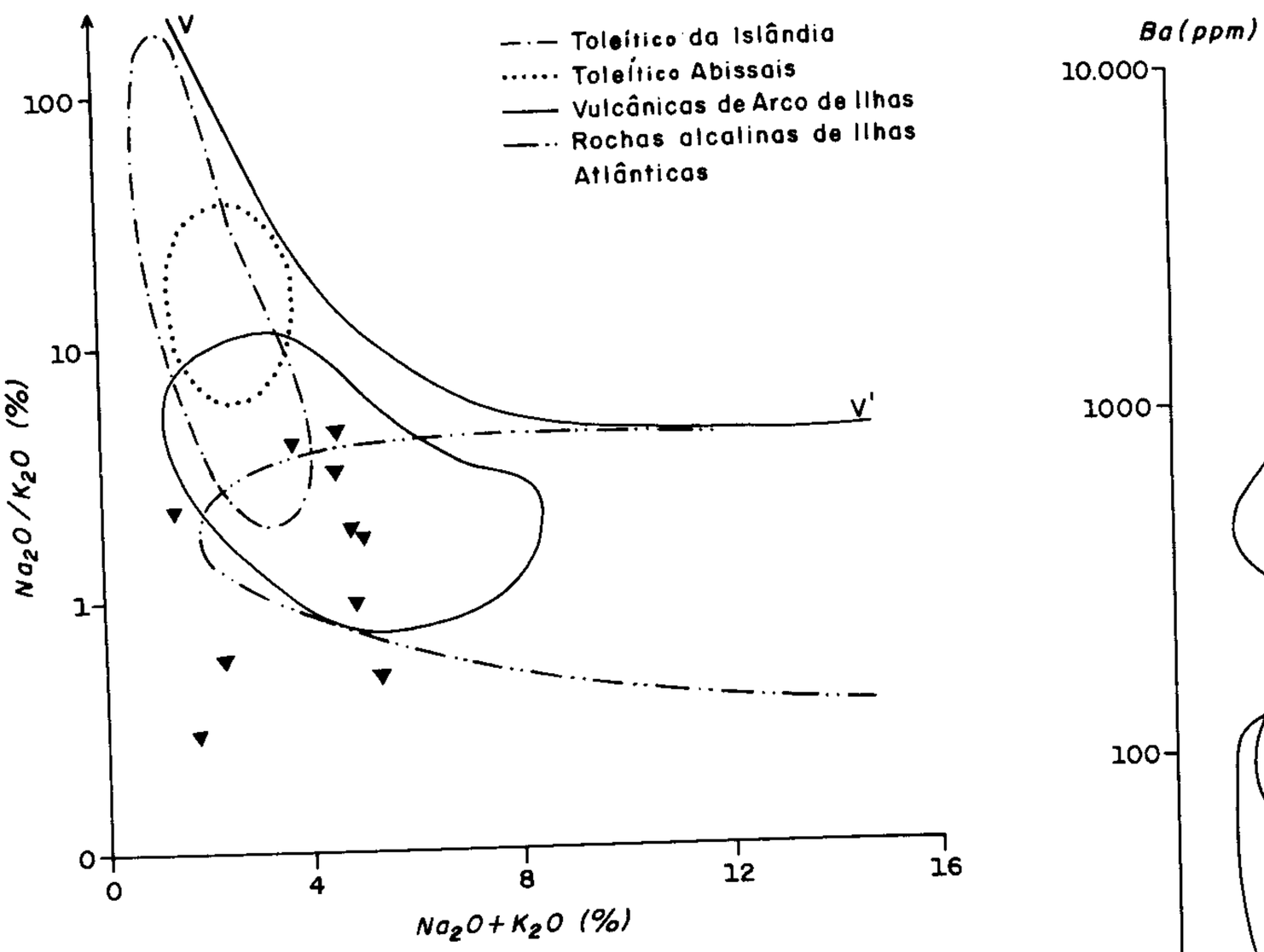


Figura II.2.10 – Diagrama de Miyashiro (1975a) separando os campos das rochas vulcânicas alteradas por qualquer processo pós-ígneo (acima da linha v-v') e rochas não alteradas (abaixo da linha v-v').

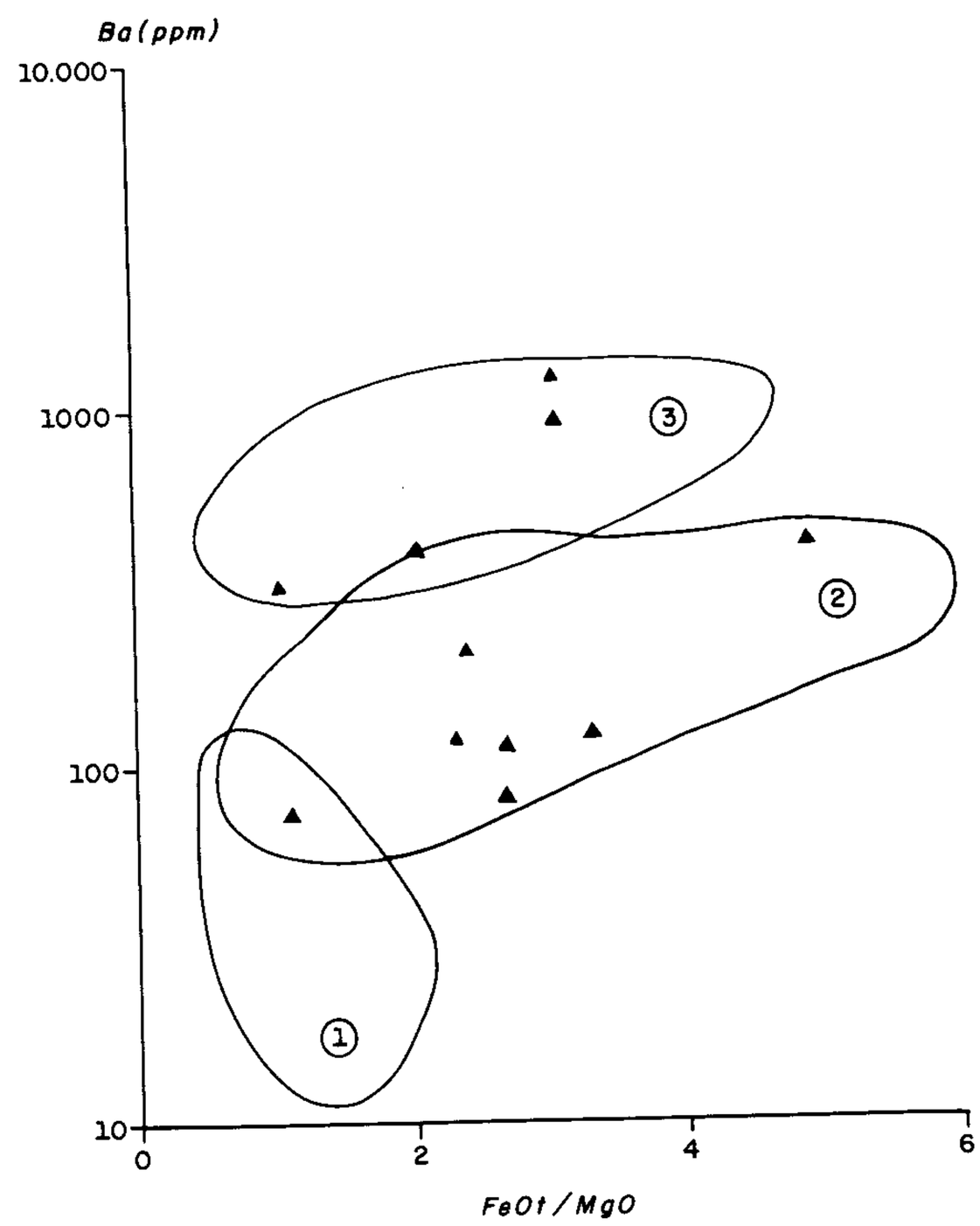


Figura II.2.11 – Diagrama de Miyashiro (1975b), modificado, discriminando as rochas toleíticas de fundo oceânico (1); rochas vulcânicas de arco de ilhas (2); e rochas vulcânicas de margem continental ativa (3), com a distribuição das rochas da Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul.

ses granitóides, incluindo-os no Complexo Paraíba do Sul, ao qual atribuíram idade arqueana. Identificaram duas grandes faixas abrangendo variedades orto e paraderivadas.

Soellner *et al.* (1989), estudando as rochas granulíticas e gnaisses associados do litoral do Espírito Santo, os incluiu no Complexo Costeiro e determinou idade de 558±2Ma. (U-Pb em zircões) para o cume do metamorfismo que afetou a área. Sluitner *et al.* (1989), trabalhando com as mesmas sequências, concluiu que tanto os granulitos quanto os gnaisses tonalíticos a eles associados são provenientes da mesma rocha fonte, de origem supracrustal.

Na presente nota explicativa, essas rochas foram cartografadas em quatro subunidades diferentes, de acordo com seu aspecto macroscópico/composicional.

Assim, a Unidade Pγ1 corresponde a um ortognaisse porfiroblástico; a Pγ1a a um ortognaisse de composição granítica, granodiorítica a tonalítica; a Pγ1b a um ortognaisse tonalítico; a Pγ1c a um ortognaisse granítico, granatífero; e a Pγgl aos gnaisses enderbíticos e tonalíticos (Pγglt)associados.

A figura II.2.15 mostra a distribuição geográfica desses granitóides e a localização das amostras com análise petrográfica e química. A identificação da amostra, a classificação petrográfica, a unidade correspondente e as coordenadas UTM de cada estação constante da figura II.2.15 são apresentada na tabela II.2.9.

2.3.1.1 Ortognaisse Porfiroblástico tipo Palmital – Pγ1

Esta unidade está posicionada na porção centro-sul da folha, ao norte de Rio Novo do Sul. Abrange uma área de 60km^2, tendo a localidade de Alto Tocaia a leste, Alto Mundo Novo a oeste e Monte Belo a norte. Suas melhores exposições situam-se ao longo da estrada entre Rio Novo do Sul e Bom Destino (WL-163 e HR-724) e na região de Alto Mundo Novo (WL-168 e 169), onde está sendo lavrada para utilização em revestimento. Apresenta uma morfologia de morros tipo "pães de açúcar" (foto II.2.1).

É constituída de rochas de coloração acinzentada a rósea, de granulação grosseira, com fácies porfiroblástica, sendo mesoscopicamente formadas por quartzo, plagioclásio, microclina e biotita. Mostram estrutura maciça, discretamente foliada. É comum a presença de xenólitos estirados de rocha de composição diorítica (foto II.2.2). Seu contato com as encaixantes é brusco.

No geral, trata-se de um ortognaisse de composição quartzo-monzodiorítica a granítica, com variações para monzonítica, granodiorítica e tonalítica (figura II.2.16). Os estudos petrográficos evidenciam uma textura granular hipidiomórfica a granolepidoblástica. Como constituintes essenciais têm-se plagioclásio, microclina, biotita, quartzo

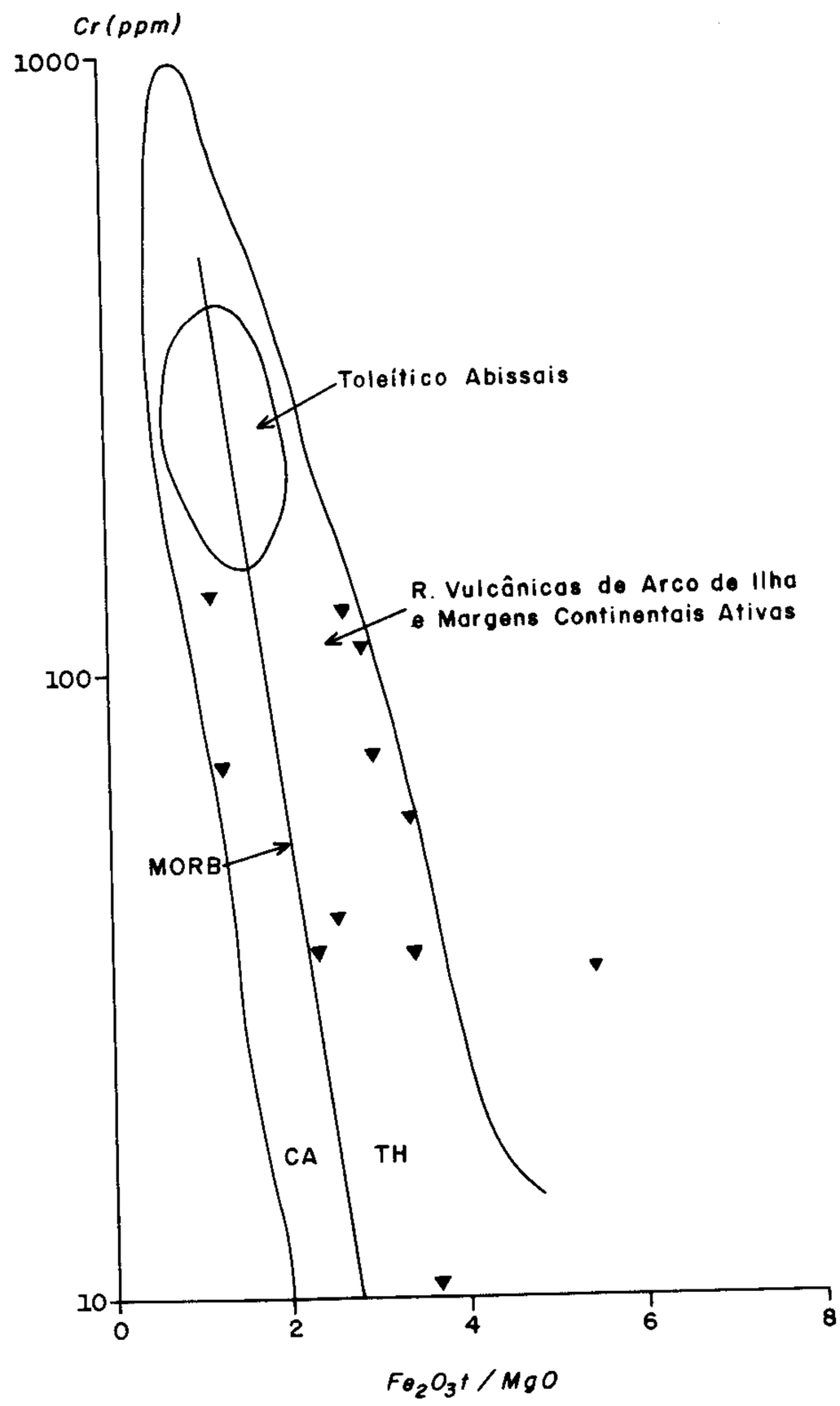


Figura II.2.12 – Diagrama de Miyashiro & Shido (1975), com as séries vulcânicas em vários ambientes tectônicos. Rochas da Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul.

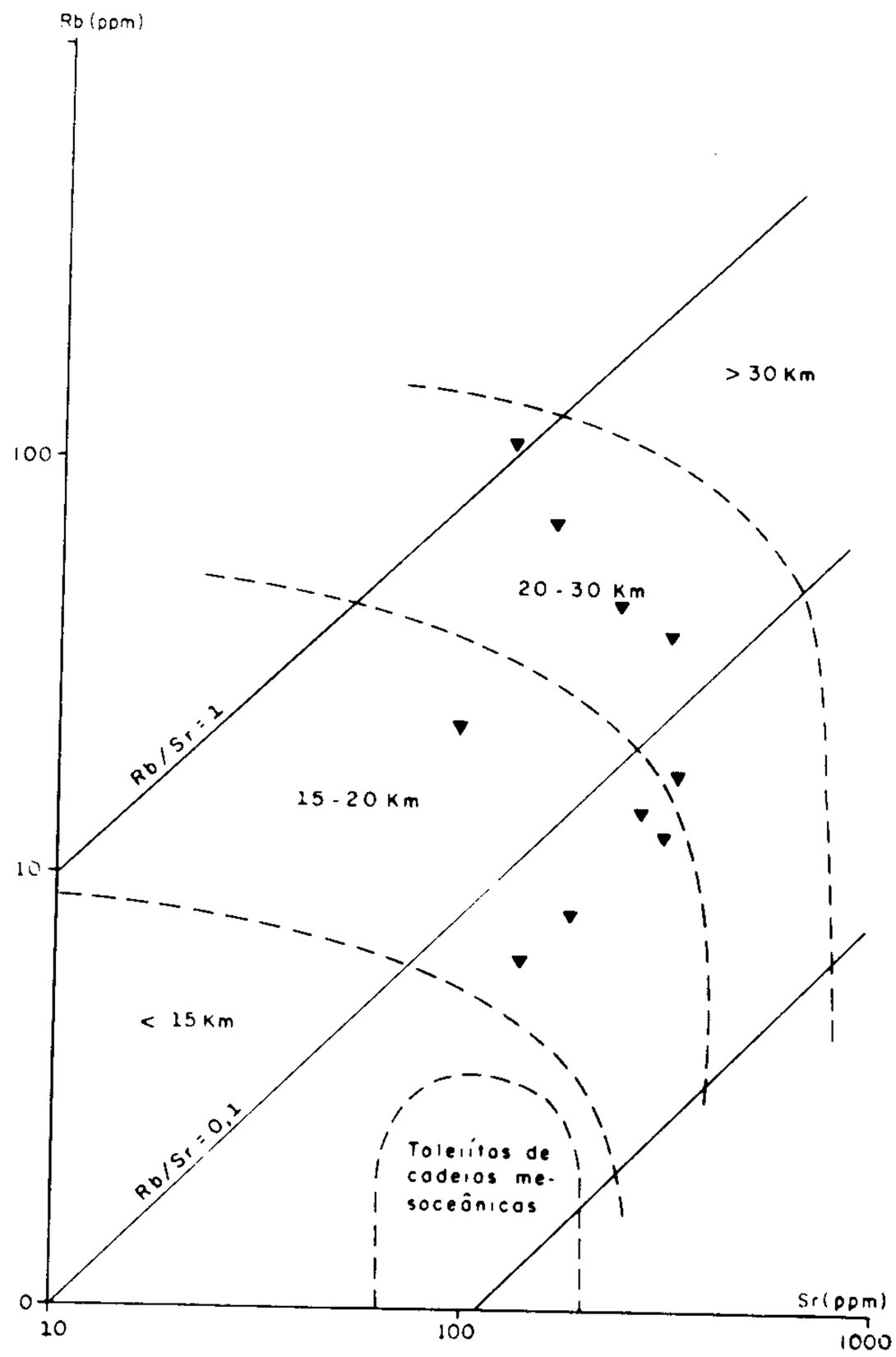


Figura II.2.13 – Diagrama de Condie (1973) relacionando os teores de Rb e Sr das rochas e a espessura e estágio de evolução da crosta sob os arcos magmáticos. Rochas da Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul.

e, localmente, anfibólio. Como acessórios ocorrem titanita, allanita, apatita, zircão e opacos. Os secundários são clorita, sericita e epidoto (tabela II.2.10). A microclina apresenta-se como cristais intersticiais pertitizados e com tendência a digerir o plagioclásio. Este é o oligoclásio, que mostra maclas da Albita e Carlsbad, antipertitas, mirmequitas e bordas albitizadas. Encontra-se fortemente sericitizado. A biotita confere orientação à rocha e possui inclusões de apatita, zircão e allanita.

A paragênese mineral indica condições de metamorfismo da fácies anfibolito. Os minerais secundários sericita, clorita e epidoto, em quantidade significativa, evidenciam alteração através de processos hidrotermais.

2.3.1.2 Ortognaisse Granítico tipo Cachoeiro – Pγ1a

Aflora no quadrante noroeste da folha, no local denominado Pombal de Cima, ocupando uma área de cerca de 7km^2. Ocorre com maior expressão na Folha Cachoeiro de Itapemirim.

Apresenta-se na forma de um "V" encurvado, com um vale margeado por duas serras cujos desníveis chegam a mais de 500m. O contato com a Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul se dá através de falha contracional de baixo ângulo (foto II.2.3).

Trata-se de um ortognaisse cinza-esbranquiçado, de granulação média a grossa, foliado, constituido de quartzo, plagioclásio, biotita, pouco anfibólio e cristais bem evidentes de allanita.

Microscopicamente observa-se, na amostra HR-299, quartzo (25%), plagioclásio (35%), biotita (15%), microclina (20%) e hornblenda (5%). Como acessórios ocorrem apatita, zircão e allanita, enquanto que sericita e carbonato são os secundários. A textura é granolepido-

Tabela II.2.7 – Análises e razões de elementos terras-raras da Unidade Pps2 do Complexo Paraíba do Sul, Folha Piúma.

Amostras	HR-97	HR-99	HR-274	HR-372C	HR-662	HR-683B	WL-11A	WL-15	WL-80	WL-82
La	13,52	8,70	38,40	16,80	26,69	12,47	43,06	25,64	15,96	73,56
Ce	40,42	21,27	82,37	47,78	59,41	38,53	105,70	63,47	34,00	120,70
Nd	20,61	12,65	38,42	25,22	31,85	25,38	54,46	31,99	16,03	72,13
Sm	4,38	2,63	6,93	5,15	5,86	6,55	10,53	6,25	2,39	11,81
Eu	1,29	1,13	0,86	1,62	1,38	1,88	2,24	1,65	0,56	2,23
Gd	3,83	2,46	4,81	4,02	4,22	6,81	8,41	5,02	1,76	7,97
Dy	3,89	2,62	3,33	3,85	3,23	8,06	8,06	5,05	1,58	7,76
Ho	0,82	0,50	0,56	0,81	0,59	1,67	1,67	1,01	0,30	1,55
Er	2,42	1,22	0,98	2,38	1,28	4,81	4,79	2,74	0,76	4,18
Yb	2,04	1,22	0,72	1,97	0,97	4,31	4,06	2,39	0,90	3,51
Lu	0,29	0,14	0,08	0,27	0,12	0,57	0,54	0,31	0,11	0,40
Eu/Eu*	0,94	1,34	0,43	1,05	0,81	0,85	0,71	0,87	0,80	0,66
La/Yb	6,63	7,13	53,33	8,16	27,52	2,89	10,61	10,73	17,73	20,96
Yb/La	0,15	0,14	0,02	0,12	0,04	0,35	0,09	0,09	0,06	0,05
TRL/TRP	2,19	2,19	6,88	2,64	4,95	1,21	2,97	2,96	4,87	4,51
Som. TR	93,54	54,54	177,46	109,15	135,60	111,04	243,52	145,52	74,35	305,80
SiO_2	48,6	46,8	72,3	46,3	58,1	45,7	54,0	59,9	80,3	60,4
CaO	10,3	10,3	2,0	11,2	2,9	11,7	8,5	6,1	2,7	5,8
ID	36	29,55	75,11	30,71	58,29	17,80	35,57	54,84	73,17	55,24
RA	0,14	0,12	0,29	0,13	0,17	0,07	0,06	0,19	0,18	0,19
Y	24	35	20	40	44	62	88	62,2	16	37

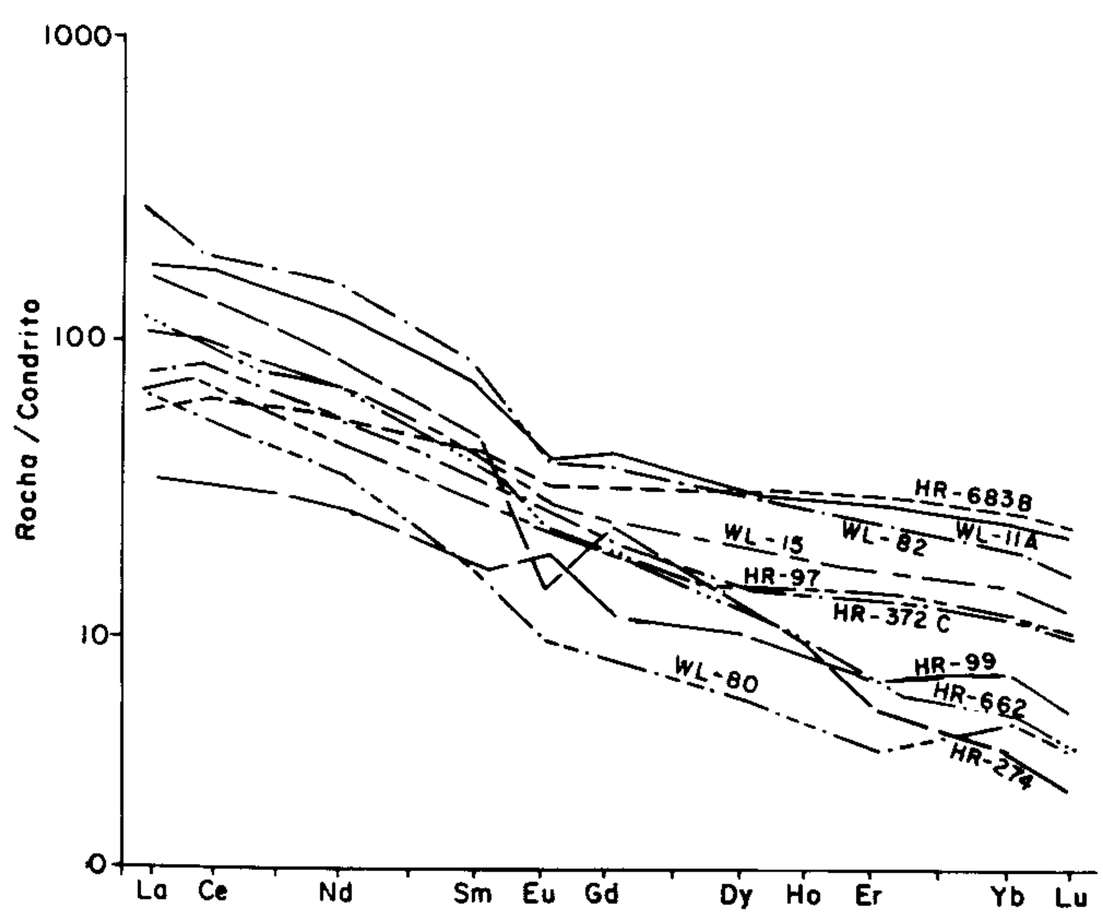


Figura II.2.14 – Distribuição dos elementos terras-raras na Unidade Pps2, Complexo Paraíba do Sul.

Tabela II.2.8 – Análises químicas das rochas calcissilicáticas.

Tipo	HR-83C	HR-683A	HR-705A	WL-02	WL-47
SiO_2	68,00	62,70	65,00	57,40	59,90
Al_2O_3	9,80	11,00	13,80	13,20	15,90
Fe_2O_3	3,10	1,20	3,30	1,50	2,60
FeO	0,42	4,20	2,40	4,80	2,70
MnO	0,73	0,20	0,15	0,15	0,39
MgO	1,50	4,90	2,30	3,90	1,90
CaO	14,20	13,70	8,60	14,20	13,20
Na_2O	0,25	0,50	1,00	3,00	0,28
K_2O	0,05	0,15	0,31	0,23	0,03
TiO_2	0,53	0,62	0,87	0,69	0,89
P_2O_5	0,15	0,13	0,19	0,14	0,28
S	0,012	0,020	0,009	0,078	0,80
Co_2	0,60	0,25	0,90	0,25	0,25
H_2O^+	0,61	0,35	0,97	0,32	0,68
H_2O-	0,07	0,06	0,08	0,06	0,24
Total	99,95	99,92	99,80	99,86	99,80
Cu	21	5	26	47	328
Pb	47	11	13	5	10
Zn	65	120	96	80	92
Cr	53	80	88	144	94
Ni	23	30	40	79	112
Y	23	50	44	34	72
Ba	86	110	900	110	48
Sr	740	140	440	240	720
Rb	nd	11	54	7	6
F	340	770	980	770	790

Figura II.2.15 – Mapa de distribuição dos granitóides sin- a tardi-tangenciais, com a localização das amostras analisadas.

Tabela II.2.9 – Relação dos tipos petrográficos das intrusivas sin a tardi-tangenciais

Nº Ordem	Amostra	Rocha	Unidade	Coord. UTM	
				N	E
1	HR-005	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c	7726,0	323,8
2	HR-030A	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1b	7725,6	312,2
3	HR-046	Hb-Bt-gnaisse	Pγ1c	7714,7	318,1
4	HR-049A	Gnaisse granodiorítico	Pγgl	7715,9	343,0
5	HR-049B	Gnaisse enderbítico	Pγgl	7715,9	343,0
6	HR-054	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c(Pγgl)	7720,2	340,1
7	HR-54A	Enderbito	Pγgl	7720,2	340,1
8	HR-54B	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c(Pγgl)	7720,2	340,1
9	HR-054C	Gnaisse tonalítico	Pγgl	7720,2	340,1
10	HR-060A	Enderbito	Pγgl	7718,4	339,9
11	HR-060B	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c(Pγgl)	7718,4	339,9
12	HR-067	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c(Pγgl)	7716,4	337,2
13	HR-073	Enderbito	Pγgl	7710,2	339,7
14	HR-078	Charnoenderbito	Pγgl	7698,8	328,4
15	HR-081	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7704,4	329,3
16	HR-083	Gnaisse tonalítico	Pγgl	7704,9	329,8
17	HR-083A	Enderbito	Pγgl	7704,9	329,8
18	HR-083B	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7704,9	329,8
19	HR-110	Hb-Bt-gnaisse	Pγ1b	7724,0	309,7
20	HR-146	Gnaisse tonalítico	Pγ1b	7707,6	302,6
21	HR-158A	Hb-Bt-gnaisse	Pγ1b(Pγ1c)	7710,5	322,7
22	HR-158B	Bt-gnaisse	Pγ1c	7710,5	322,7
23	HR-158C	Gnaisse enderbítico	Pγgl(Pγ1c)	7710,5	322,7
24	HR-161	Enderbito	Pγgl	7709,0	326,2
25	HR-164	Enderbito	Pγgl	7714,7	331,9
26	HR-174	Charnockito	Pγgl	7718,1	331,1
27	HR-180	Gnaisse enderbítico	Pγgl	7709,4	333,5
28	HR-189A	Metamonzonito	Pγ1	7697,5	302,6
29	HR-189B	Metaquartzo-monzodiorito	Pγ1	7797,5	302,6
30	HR-189C	Bt-gnaisse	Pγ1	7797,5	302,6
31	HR-198	Hb-Bt-gnaisse	Pγ1b	7795,1	298,1
32	HR-210	Enderbito	Pγgl	7683,2	304,5
33	HR-217	Gnaisse granítico	Pγ1	7700,3	299,7
34	HR-218A	Gnaisse granítico	Pγ1	7701,0	298,8
35	HR-220	Hb-All-Bt-gnaisse	Pγ1b	7704,6	294,6
36	HR-223	Gnaisse quartzo-diorítico	Pγ1b	7693,1	305,8
37	HR-224	Metaquartzo-diorito	Pγ1b	7692,6	307,3
38	HR-224A	Hb-Bt-gnaisse	Pγ1b	7692,6	307,3
39	HR-230	Enderbito	Pγgl	7690,5	317,0
40	HR-234	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7702,8	319,9
41	HR-236	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7700,5	320,2
42	HR-240	Metatonalito	Pγgl	7699,5	326,3
43	HR-241	Metatonalito	Pγgl	7720,3	343,6
44	HR-247	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7716,2	339,9
45	HR-259	Gra-Bt-gnaisse granítico	Pγ1c	7724,1	325,7
46	HR-260A	Dp-Bt-gnaisse	Pγ1c	7722,1	324,7
47	HR-299	Hp-Bt-gnaisse	Pγ1b	7720,5	292,3
48	HR-308A	Hp-Bt-gnaisse	Pγ1c	7712,0	315,1
49	HR-309A	Gnaisse quartzo-diorítico	Pγ1c	7712,3	314,4
50	HR-323A	Hb-Bt-gnaisse	Pγ1b	7694,3	305,2
51	HR-369	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1b	7713,6	292,3
52	HR-382	Gnaisse tonalítico	Pγ1b	7713,1	302,1
53	HR-385	Gnaisse tonalítico	Pγ1b	7706,2	298,9
54	HR-391	Bt-gnaisse	Pγ1b	7706,6	304,2
55	HR-394	Metatonalito	Pγ1b	7702,9	296,4
56	HR-395	Gnaisse quartzo-diorítico	Pγ1b	7701,2	295,5
57	HR-396	Gnaisse granodiorítico	Pγ1b	7699,7	295,1
58	HR-396A	Gnaisse quartzo-diorítico	Pγ1b	7699,7	295,1
59	HR-398	Gnaisse granodiorítico	Pγ1b	7696,5	298,4
60	HR-401	Enderbito	Pγgl	7715,8	343,8

(Continuação da Tabela II.2.9)

Nº Ordem	Amostra	Rocha	Unidade	Coord. UTM	
				N	E
61	HR-407	Enderbito	Pγgl	7728,3	339,2
62	HR-409	Enderbito	Pγgl	7727,1	338,0
63	HR-422	Gnaisse granodirítico	Pγ1	7703,2	301,4
64	HR-427	Al-Bt-gnaisse	Pγ1b	7706,1	302,0
65	HR-429	Gnaisse quartzo-diorítico	Pγ1b	7705,7	299,3
66	HR-434	Gnaisse granodirítico	Pγ1	7703,4	303,8
67	HR-444	Metaquartzo-monzodiorito	Pγ1	7698,2	308,3
68	HR-460	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1b	7680,9	294,8
69	HR-463	Norito	Pγgl	7683,6	304,6
70	HR-468	Norito	Pγgl	7679,4	304,1
71	HR-471	Enderbito	Pγgl	7678,6	305,3
72	HR-480	Gnaisse qz-monzodiorítico	Pγ1b	7703,2	293,1
73	HR-488	Enderbito	Pγgl	7695,2	317,4
74	HR-490	Hb-Bt-gnaisse	Pγgl	7696,7	315,0
75	HR-493	Gnaisse quartzo-diorítico	Pγgl	7697,7	321,9
76	HR-494	Enderbito	Pγgl	7698,4	320,9
77	HR-552	Gnaisse qz-monzonítico	Pγ1c	7702,7	314,7
78	HR-575	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c(Pγgl)	7719,9	341,8
79	HR-576	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c(Pγgl)	7721,8	343,4
80	HR-590	Bt-gnaisse tonalítico	Pγgl	7731,4	340,5
81	HR-593	Enderbito	Pγgl	7719,9	340,0
82	HR-597	Hb-Bt-gnaisse	Pγgl	7709,8	333,6
83	HR-602B	Ga-Bt-gnaisse	Pγ1c(Pγgl)	7711,3	338,3
84	HR-604	Metatonalito	Pγgl	7708,7	336,1
85	HR-606	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7709,4	332,7
86	HR-612	Metatonalito	Pγgl	7708,7	337,0
87	HR-612A	Al-metatonalito	Pγgl	7708,7	337,0
88	HR-612B	Al-metagranito	Pγgl	7708,7	337,0
89	HR-616	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7706,4	331,5
90	HR-619A	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c(Pγgl)	7701,2	330,2
91	HR-624	Enderbito	Pγgl	7720,6	333,1
92	HR-624A	Enderbito	Pγgl	7720,6	333,1
93	HR-624B	Enderbito	Pγgl	7720,6	333,1
94	HR-643	Af-Bt-gnaisse	Pγgl	7718,2	327,0
95	HR-648	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1c	7723,9	325,9
96	HR-664A	Enderbito	Pγgl	7698,3	328,6
97	HR-664B	Charnoenderbito	Pγgl	7698,3	328,6
98	HR-673	Metatonalito	Pγgl	7719,6	343,4
99	HR-675	Gnaisse granodiorítico	Pγ1	7705,0	306,0
100	HR-677	Tit-Bt-granito	Pγ1b	7706,3	304,5
101	HR-709	Gnaisse granodiorítico	Pγ1b	7706,2	298,4
102	HR-710B	Gnaisse granodiorítico	Pγ1b	7705,8	298,2
103	HR-718	Gnaisse qz-monzodiorítico	Pγ1	7702,4	307,9
104	HR-720	Gnaisse granítico	Pγ1	7700,9	305,8
105	HR-723	Gnaisse granítico	Pγ1	7699,0	304,0
106	HR-735A	Gnaisse granodiorítico	Pγ1	7704,1	306,8
107	HR-763A	Gnaisse tonalítico	Pγgl	7695,9	322,0
108	HR-767	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7704,5	321,2
109	HR-777	Gra-Bt-gnaisse	Pγgl	7706,8	325,6
110	HR-790	Gnaisse enderbítico	Pγgl	7691,9	316,2
111	HR-792C	Gnaisse granítico	Pγgl	7689,9	314,4
112	HR-798	Gnaisse enderbítico	Pγgl	7686,3	311,1
113	HR-839D	Piribolito	Pγgl	7685,1	317,9
114	WL-11B	Gra-Bt-gnaisse	Pγ1b	7725,2	292,7
115	WL-061	Gnaisse granodiorítico	Pγ1b	7703,1	294,4
116	WL-069	Gnaisse granítico	Pγ1	7698,6	309,0
117	WL-071	Norito	Pγ1	7798,6	299,4
118	WL-090	Augen gnaisse	Pγgl	7681,1	303,5
119	WL-114	Augen gnaisse	Pγgl	7691,0	311,1
120	WL-134	Gnaisse granítico	Pγ1	7700,0	308,1
121	WL-167	Gnaisse granítico	Pγ1	7699,2	304,8
122	WL-168	Gnaisse granítico	Pγ1	7698,9	301,2
123	WL-169	Gnaisse granítico	Pγ1	7799,6	299,6

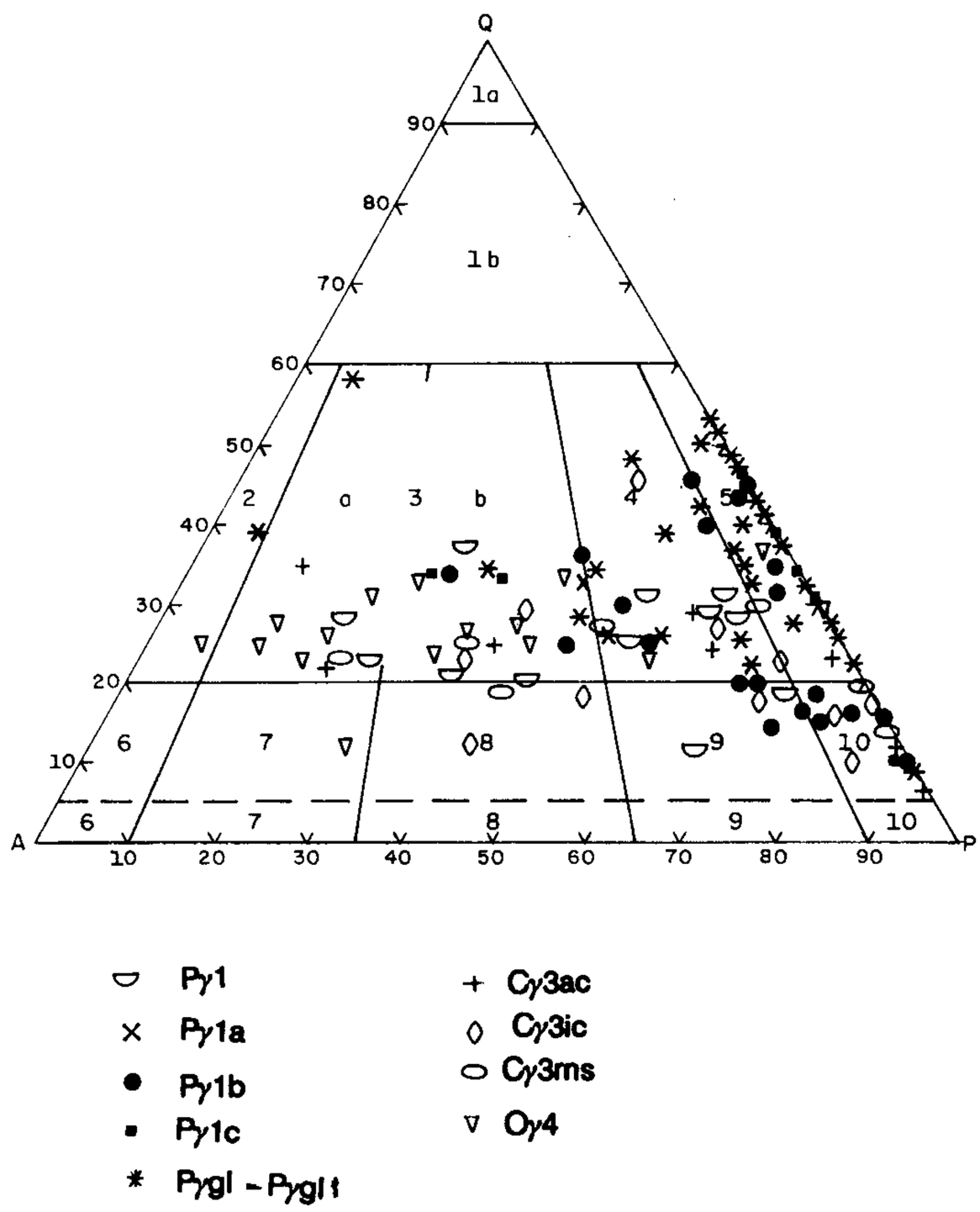


Figura II.2.16 – Diagrama Q-A-P modal de Streckeisen (1976), com as rochas plutônicas da Folha Piúma..

intimamente associada à biotita, sendo substituída por ela.

A paragênese indica metamorfismo na fácies anfibolito.

No âmbito desse ortognaisse são observados blocos dispersos de allanita granito (unidade Oγ4), que, por serem muito esparsos, não permitem precisar o alinhamento entre si.

2.3.1.3 Ortognaisse Tonalítico tipo Virgínia Velha – Pγ1b

Trata-se de uma unidade aflorante na porção oeste da área, ocupando uma extensão de 185km^2. Apresenta-se geralmente na forma de serras alongadas, com morros tipo "pão de açúcar" (foto II.2.4).

É constituída de rochas de coloração acinzentada a esbranquiçada, de granulação grosseira, mesoscopicamente formadas por quartzo, plagioclásio, biotita, pouca granada e, localmente, anfibólio. No geral mostram-se foliadas. O contato com as rochas do Complexo Paraíba do Sul é brusco e, nessa zona, os paragnaisses apresentam aspecto migmatítico. O contato com o ortognaisse tipo Palmital é aproximado, enquanto que com os granitos também é brusco.

Apresentam composição tonalítica, com variações para

Tabela II.2.10 – Composição mineralógica estimada da Unidade Pγ1.

Amostras	Minerais												
	QZ	PL	BT	KFD	AF	AP	OP	TIT	ZR	CRB	CL	EP	SE
189A	tr	25	25	25	20	tr	tr	tr	tr		tr	tr	tr
189B	7	45	15	15	10	1	1	1	1		tr	tr	tr
189C	20	30	40			tr		5	tr		tr		tr
217	15	30	15	35			tr	5	tr		tr	tr	tr
218A	35	15	tr	50		tr	tr		tr	tr	tr	tr	tr
422	20	45	20	10		tr	tr	tr	tr		tr		tr
423	20	45	8	20		tr	tr	5	tr	tr			
434	18	42	25	7	tr	1	1	5	tr	tr		tr	
444	13	57	10	7	6	1	3	2	tr			tr	
675	26	42	8	18		tr	3	1	tr		1		tr
718	13	56	15	7	3	tr	4	1	tr			tr	
720	18	33	8	40	tr	1	2	2	tr	tr	tr	tr	
723	35	28	2	33		tr	1	tr	tr	tr			
735A	20	35	15	12	10	1	2	3	tr			1	
WL134	20	27	8	42		tr	1	1	tr	tr	tr	tr	tr
WL167	35	20	3	40		tr	tr	tr	tr		tr		tr
WL168	?	?	?	?		tr	tr	tr	tr	tr	tr		tr
WL169	?	?	?	?		tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr

? – porcentagem indeterminada.

blástica com preservação da textura granular xenomórfica. O quartzo aparece como xenoblastos, bem como o plagioclásio, que apresenta-se maclado segundo as leis da Albita e Albita-Periclina. Possui inclusões de biotita e altera-se para sericita e carbonato. Biotita encontra-se orientada conferindo orientação à rocha; inclusões de zircão e apatita. Microclina é xenoblástica intersticial com inclusões de quartzo e plagioclásio. Alguns grãos estão recristalizados formando pontos tríplices. Hornblenda

quartzo-diorítica e granodiorítica, raramente granítica ou quartzo-monzodiorítica (figura II.2.16). Microscopicamente observa-se uma textura granoblástica a granolepidoblástica, localmente hipidiomórfica granular preservada. Como componentes essenciais têm-se plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda, K-feldspato e, localmente, granada. Os acessórios são apatita, allanita, opacos, titanita e zircão; os secundários são carbonato, sericita, clorita, muscovita e epidoto.

O plagioclásio mostra bordas corroídas por quartzo e microclina, maclas albita + Carlsbad e alguns cristais zonados. A disposição aleatória de cristais euédricos evidencia uma cristalização fracionada, onde os primeiros a se formarem depositaram-se e não reagiram mais com o líquido. Ocorre intercrescimento mirmequítico no contato com o K-feldspato. Hornblenda ocorre intimamente associada à biotita, sendo substituída por ela. Granada ocorre sempre que a hornblenda está ausente. Zircão apresenta-se em prismas enfileirados formando estrutura em rosário. Os opacos são bordejados por franja de titanita. A composição mineralógica estimada está na tabela II.2.11.

A paragênese indica metamorfismo em condições da fácies anfibolito.

2.3.1.4 Ortognaisse Granítico tipo Alfredo Chaves – Pγ1c

Essa unidade ocorre em uma faixa irregular de direção NE, entre Iconha, a sul, Todos os Santos, a norte, Alfredo Chaves, a leste, e Jabaquara, a oeste. Ocupa uma área de cerca de 120km^2. É comum ocorrer restos desse litótipo nas outras unidades, principalmente nos granulitos da faixa costeira.

Compreende rochas de coloração cinza a esbranquiçada, leucocrática, de granulação grosseira. Possui estrutura gnáissica com porções maciças e mergulhos predominantemente de baixo ângulo.

O contato com os gnaisses aluminosos é transicional, sendo percebido geralmente através da mudança mineralógica, pois o gnaisse, próximo ao contato, torna-se bastante migmatítico, ficando com aparência semelhante à do ortognaisse.

Possui composição tonalítica a granítica (figura II.2.16), sendo constituído, mesoscopicamente, por quartzo, feldspato, granada e rara biotita.

Em seção delgada apresenta textura granolepidoblástica a granular hipidiomórfica. Os constituintes essenciais são quartzo, plagioclásio, granada e pouca biotita. Localmente observa-se a presença de microclina. O quartzo é intersticial e digere cristais de plagioclásio. Este é antipertítico, apresenta contatos suturados e também está envolvido pela microclina. A granada ocorre

Tabela II.2.11 – Composição mineralógica estimada da Unidade Pγ1b.

Amostra	MINERAIS																
	QZ	PL	BT	HB	KFD	GRA	PX	ALL	AP	OP	TIT	ZR	CRB	CL	MU	SE	EP
HR30A	30		10		2			tr	2			tr			tr	tr	
110	30	40	15					tr	tr	tr					tr	tr	
146	30	35	10		25						tr		tr	tr	tr	tr	tr
198	10	55	13	12	5			tr	tr	tr	tr					tr	tr
220	10	55	22	3				2	2	2	1	1	tr			tr	
223	5	65	10	15				tr	tr	tr	tr	tr				tr	
224	10	50	20	10	5			1	1	1	2				tr	tr	tr
224A	10	50	25	10	5			tr	tr		tr					tr	
234	30	35	7		20	tr			tr			tr				tr	tr
323A	10	55	22	10	2	1			tr	tr		tr				tr	
398	10	40	25	25				tr	tr			tr			tr		
382	?	?	25						tr	tr					tr	tr	
385	20	44	25		3			1	2	1	2	1	tr		tr	tr	1
391	15	55	20		10			tr	tr		tr	tr		tr	tr	tr	
394	40	45	10		5				tr			tr					tr
395	10	55	20	1	4			2	2	2	2	2					
396	10	54	15	1	10			2	2	2	2	2	tr	tr		tr	
396A	15	70	10		5				tr	tr	tr			tr			
390	15	55	15	5	10			tr	tr	tr	tr	tr		tr		tr	tr
427	10	55	30					1	1	1	2					tr	tr
429	10	50	30	1	5			tr	1	1	1	1	tr	tr		tr	
460	30	40	20		5	tr		tr	tr	tr		tr		tr	tr	tr	
480	10	55	15	10	10		tr	tr	tr	tr			tr				
677	20	30	15		35				tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	
709	20	38	8		24				tr	3	3	tr	tr	tr	2		1
710B	20	35	18	tr	15				1	3	5	tr	tr	1			1
767	30	40	20		8	tr						tr					
777	20	25	15		40	tr			tr			tr				tr	
WL11B	?	?	?		?	?			tr			tr	tr		tr	tr	
WL061	20	45	10	1	17				1		2						

? = porcentagem indeterminada.

em porfiroblastos irregulares com inclusões poiquiloblásticas de biotita, plagioclásio, quartzo e apatita. Os minerais acessórios são apatita, opacos, zircão e epidoto. Os secundários, carbonato, sericita, clorita e muscovita.

A composição mineralógica estimada pode ser verificada na tabela II.2.12.

Os gnaisses granulíticos têm coloração cinza-esverdeada a caramelada quando levemente intemperizados, granulação grosseira e encontram-se protomilonitizados na maioria de suas exposições (foto II.2.8). Observa-se uma foliação com mergulhos verticais acompanhada de lineações de baixo *rake* associadas, aparentemente, a zonas

Tabela II.2.12 – Composição mineralógica estimada da Unidade Pγ1c.

Amostra	MINERAIS															
	QZ	PL	BT	GRA	AF	KFD	ALL	AP	OP	TIT	ZR	EP	CRB	CL	MU	SE
05	25	50	20	3				tr	tr		tr	tr	tr	tr		tr
46	30	50	20		5		tr	tr	tr		tr				tr	tr
54	30	60	7	tr							tr	tr	tr			tr
54B	55	40	tr	5		tr			tr		tr		tr		tr	tr
60B	37	45	15	3		tr		tr			tr		tr	tr	tr	
67	25	30	20	4		20			tr		tr	tr			tr	tr
158A	30	45	20		5			tr			tr	tr	tr			
158B	35	40	25					tr	tr	tr	tr		tr		tr	tr
259	30	30	10	tr		30		tr			tr	tr	tr	tr	tr	tr
260A	40	55	tr				tr	tr	tr				tr	tr		tr
308A	10	50	15		15	10	tr	tr		tr						
309A	5	60	20		15			tr	tr		tr					tr
552	15	65	10			10		tr			tr			tr	tr	tr
575	20	50	23	2				tr	tr		tr		tr	tr		tr
576	30	50	5	10				tr	tr		tr		tr			tr
602B	5	45	25	20				tr	tr		tr	tr	tr		tr	tr
619A	?	?	?	?		?		tr	tr		tr	tr	tr		tr	tr
648	30	45	15	3		2		tr	tr		tr	tr	tr	tr	tr	tr
652B	40	30	25	5					tr		tr	tr	tr	tr	tr	tr

? = porcentagem indeterminada

2.3.1.5 Ortognaisses Granulíticos – Pγgl/Pγglt

Ocorrem em toda a zona costeira, em uma faixa de aproximadamente 10km de largura. Ocorrem, ainda, em pequenos corpos isolados na porção noroeste da folha. Ocupam uma área de 285km^2.

Trata-se de uma unidade não homogênea, onde predominam gnaisses enderbíticos a charnoenderbíticos, localmente apresentando porções tonalíticas, granodioríticas, e até mesmo graníticas (figura II.2.16). Foram individualizados em mapa alguns locais onde essas porções parecem predominar sobre os gnaisses enderbíticos (Pγglt).

Os contatos com os gnaisses aluminosos são aproximados e podem ser observados xenólitos destes concordantes com a foliação regional (foto II.2.5), dentro dos gnaisses granulíticos. Em alguns locais esta unidade está recoberta discordantemente pelos sedimentos do Grupo Barreiras e sedimentos quaternários, fluviais e marinhos. Dentro da unidade os litótipos só são individualizáveis por área de predominância, transicionando de um para o outro apenas devido à presença ou ausência do mineral hiperstênio, sem modificações na textura ou estrutura da rocha. Diques boudinados de anfibolitos podem ser concordantes (foto II.2.6) ou não (foto II.2.7) com a foliação de cisalhamento transcorrentes (foto II.2.9 e 10). Apresenta, também, foliação de baixo ângulo. Localmente observa-se uma intensa feldspatização (foto II.2.11).

Compõe-se da seguinte assembléia mineralógica: quartzo, plagioclásio, biotita, hiperstênio, granada e, localmente, K-feldspato. Como acessórios observam-se apatita, allanita, opacos, zircão e rutilo. Os secundários são carbonato, anfibólio, bastita, sericita, biotita, clorita, muscovita e epidoto. A tabela II.2.13 mostra a composição mineralógica estimada.

Nas amostras HR- 624, 624A e 624B foi observada também a presença de cordierita que, junto com o plagioclásio e a flogopita, são os minerais mais antigos da rocha. Almandina e ortopiroxênio são os mais novos, talvez com recristalização de cordierita nessa fase.

O quartzo ocorre de forma intersticial englobando cristais de plagioclásio, biotita e ortopiroxênio. Ocorrem também em pequenos cristais recristalizados e poligonizados. Por vezes estão alongados, formando *ribbons* paralelos à foliação. O plagioclásio é andesina e apresenta-se em porfiroblastos reliquiares com limites suturados, maclas da Albita e Carlsbad, antipertitas e inclusões de biotita e quartzo. Alguns cristais possuem borda albítica. A biotita é sempre de alta temperatura (avermelhada). Entre piroxênios e hornblenda há,

Tabela II.2.13 – Composição mineralógica estimada da Unidade Pygl.

AMOSTRA	MINERAIS																
	QZ	PL	BT	PX	GRA	AF	KFD	ALL	AP	OP	ZR	EP	BAT	CRB	CL	MU	SE
49A	30	40	10				20		tr	tr	tr						tr
49B	35	45	15	tr		tr	tr		tr	tr	tr	tr	tr	tr			tr
54A	20	55	12	3			3		tr		tr		tr	tr	tr	tr	
54C	40	45	15			tr		tr	tr	tr	tr			tr	tr		
60A	30	40	20	8	2				tr	tr	tr		tr	tr			tr
73	20	50	10	10				tr	tr	tr	tr		tr				
78	40	35	10	5		tr	10		tr		tr		tr		tr		
81	30	55	10		tr		5		tr	tr			tr	tr	tr		tr
83	20	50	15				5		tr	tr	tr			tr		tr	tr
83A	20	60	13	5	2			tr	tr	tr	tr		tr				
83B	45	42	12		1		tr		tr		tr			tr			tr
158C	30	40	20	5		5			tr		tr			tr	tr	tr	tr
161	25	45	15	10	tr	tr		tr	tr	tr	tr						
164	35	45	10		tr		5	tr	tr		tr	tr	tr	tr	tr		tr
174	20	35		15	tr	tr	20	tr	tr		tr		tr	tr			tr
180	30	40	15	5			5	tr	tr	tr	tr		tr	tr	tr		
210	20	45	10	21		tr	tr		tr	4	tr		tr				tr
230	30	35	15	10		10			tr	tr	tr		tr	tr			tr
236	20	40	15		2		20		tr	tr	tr					tr	tr
240	35	50	10			tr		tr	tr	tr	tr	tr		tr			tr
241	?	?	15				?							tr	tr	tr	tr
247	40	40	10		tr		2		tr	tr	tr	tr				tr	tr
401	30	40	10	17		3			tr	tr	tr	tr		tr	tr	tr	tr
407	15	55	20	8					tr	tr	tr		tr	tr	tr	tr	
409	25	45	15	10	tr				tr		tr		tr				tr
463	3	50	20	10		15			tr		tr		tr	tr			
468		40		25		35			tr	tr			tr			tr	tr
471	20	45	10	15		1			1	1	1	1	tr	tr			tr
488	?	?	13	?					tr	tr				tr	tr		tr
490	?	?	?			?	?		tr	tr	tr						tr
494	15	25	20	10		25			tr	tr	tr		tr	tr			
590	30	40	25						tr	tr	tr	tr		tr		tr	tr
593	25	40	15	7	4	tr			tr	tr	tr	tr	tr				
597	35	40	20			2		tr	tr	tr	tr	tr		tr		tr	tr
604	40	45	15				tr	tr	tr	tr	tr					tr	tr
606	20	10	3		2		65									tr	tr
612	25	50	15				5	tr	tr	tr	tr			tr		tr	tr
612A	30	40	24			1		1	2	1	1			tr	tr	tr	tr
612B	30	30	5			tr	30	tr	tr		tr			tr	tr	tr	tr
616	30	40	15		1		10		tr	tr		tr			tr	tr	tr
624	30	40	20	5	2			tr	tr	tr	tr	tr		tr			
624A	40	45	8	6					tr	tr			tr				
624B	18	35	25	15	10	tr		tr	tr	tr	tr		tr	tr	tr		
643	20	20	45			15			tr	tr		tr					tr
664A	30	50	10	2		tr	5	tr	tr		tr	tr	tr	tr			
664B	20	45	15	tr			15		tr	tr	tr		tr	tr			
664C	20	55	10	tr		1	10		tr	tr	tr	tr	tr	tr			
673	15	55	25						tr	tr	tr	tr		tr		tr	tr
763A	20	57	20				tr		1	1	tr	tr		tr	tr		
767	30	40	20		tr		8				tr						tr
777	20	25	15		tr		40		tr		tr						
790	?	?	?	?		?			tr	tr	tr		tr	tr			tr
792C	38	5	2				54			tr	tr	tr		tr	tr		
798	?	?	?	?					tr	tr	tr		tr	tr			tr
839D		5	12	25		53			2	1				tr	tr		tr
WL90	31	45	21		1				2	tr	tr	tr		tr			
WL114	48	5	15				30		tr	tr	tr					1	

? = porcentagem indeterminada

preferencialmente, relações de equilíbrio, formando-se agregados granoblásticos com pontos tríplices. As relações de consumo ou reação são escassas, mas predomina o sentido da hornblenda gerando piroxênio, como nas lâminas HR-73 , HR-210 e HR-230, onde a hornblenda inclusa em ortopiroxênio (fotomicrografias II.2.15, 16 e 17) sugere ser reliquiar e, neste caso, a hornblenda gerou o hiperstênio. Já nas lâminas HR-230 e HR-401 observou-se cristal de ortopiroxênio em continuidade cristalográfica com a hornblenda em seu bordo, sugerindo que o sentido da reação seria ortopiroxênio gerando hornblenda (fotomicrografias II.2.18 e 19). Assim, parece que as rochas foram afetadas progressivamente até a facies granulito (provavelmente de média pressão), tendo posteriormente havido hidratação, com retrometamorfismo para a facies anfibolito (de alta e média pressão) – fotomicrografia II.2.20. Algumas amostras (HR-60A, 83A, 407 e 409) exibem uma quantidade de mica acima de 10%, o que não é usual em rochas granulíticas. Como esse mineral encontra-se (re)cristalizado sintectonicamente, pode-se supor que fluidos metamórficos tiveram determinada porcentagem de H_2O para a produção de biotita, indicando retrometamorfismo para a fácies anfibolito de alta pressão.

Nas porções tonalíticas, as características principais são de recristalização do plagioclásio, substituição da hornblenda por biotita, silicificação e produção de muscovita. A presença de cristalização/recristalização da muscovita e a cor azulada da hornblenda imprimem características de metamorfismo de fácies anfibolito, no máximo de média pressão. Os trabalhos de cunho petrológico sugerem que estas rochas podem ter tido composição similar a dos granulitos – ou seja, com hiperstênio –, e ter estado em condições de facies granulito, mas, devido à intensa atuação de processo metamórfico de P e T correspondentes à fácies anfibolito, tiveram suas características de alto grau obliteradas através da total transformação do ortopiroxênio (Guimarães, 1991).

2.3.1.5.1 Considerações Petrogenéticas

Nas amostras HR-624, HR-624A e HR-624B, a presença de hiperstênio e cordierita sugere que a seguinte reação tenha ocorrido:

cordierita + granada = hiperstênio + Al_2SiO_5 + quartzo [1]

representando a transição entre a fácies anfibolito de alta pressão e a granulito (de baixa pressão devido à presença ainda de muita flogopita), onde o hiperstênio seria o mineral de mais recente formação. O surgimento desse mineral em metapelitos significa o início da fácies granulito.

O aparecimento de clino e ortopiroxênio em rochas metamórficas indicam o início da fácies granulito. Assim, nas amostras HR- 210 e 401 pode ter ocorrido a seguinte reação:

2 hornblenda + 5 quartzo = ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio + H_2O [2]

ou

hornblenda + granada + quartzo = plagioclásio + ortopiroxênio + clinopiroxênio + H_2O [3]

enquanto nas amostras HR-73, 230, 463 e 494 prevaleceria a reação:

hornblenda + quartzo = 2 ortopiroxênio + 2 plagioclásio + H_2O [4]

O sentido destas reações com orto e/ou clinopiroxênio é bastante duvidoso. No primeiro grupo de amostras as texturas observadas não são conclusivas, enquanto no segundo indicam preferência para a formação de hornblenda. Neste caso a reação 4 ocorreria no sentido da direita para a esquerda, portanto uma reação de hidratação.

As rochas que contêm almandina exibem sempre uma íntima relação entre este mineral e o plagioclásio. Assim, nessas rochas granulíticas podem ter ocorrido as reações:

hornblenda + granada + quartzo = plagioclásio + clinopiroxênio + ortopiroxênio + H_2O [5]

ou

biotita + granada + hornblenda + quartzo = K-feldspato + plagioclásio + ortopiroxênio + H_2O [6]

O aparecimento de almandina pode ser relacionado à reação 5, nas regiões onde há falta de K-feldspato, e à reação 6, onde esse mineral ainda está presente, reações estas de hidratação. Assim, a reação 5 teria se passado em rochas onde houvesse almandina e a reação 6 em todas as rochas com ortopiroxênio e até em alguns dos gnaisses anfibolíticos associados aos granulitos, onde há somente pseudomorfos de piroxênio.

O que se nota nessas rochas, através das texturas, é que a silicificação e o aparecimento de microclina contribuíram ainda mais para o desaparecimento do ortopiroxênio. A maioria dessas rochas é rica em biotita e pobre em hornblenda. A reação 6 exemplifica o processo e, nesse caso, a hornblenda não teria se formado em grande quantidade, pois daria lugar à biotita e/ou almandina. Assim, as condições estiveram mais propícias à formação da biotita (muitas vezes flogopita indicando provável contribuição de magnésio de ortopiroxênio) do que de granada; e esta, por sua vez, mais do que de hornblenda.

Quando o aparecimento de biotita e hornblenda estão correlacionados temporalmente, em lâmina, há uma quantidade bem maior de biotita do que de hornblenda. Isso acontece nos pseudomorfos do ortopiroxênio. Neste caso a hornblenda tem pleocroísmo azulado indicando uma T e P menores que das hornblendas verdes encontradas em rocha, e sem associação com a biotita microcristalina.

As amostras dessa unidade revelam filiações gabronoríticas e noríticas devidas à presença de orto e/ou clinopiroxênio, além de algumas ainda possuírem plagioclásio, cujo índice de refração sugere ser tão cálcico quanto labradorita ou bytownita. A recristalização produziu principalmente oligoclásio, mas pode haver também alguma andesina.

Nas rochas de filiação norítica destacam-se as relações entre ortopiroxênio e hornblenda, que são, geralmente, conflitantes, porém com ligeiro favoritismo para os contatos de equilíbrio.

Nas amostras de filiação norítica, as relações entre ortopiroxênio e hornblenda favorecem a origem da hornblenda advinda do hiperstênio. O aumento no conteúdo de quartzo, sempre de última geração, parece estar relacionado à transformação pseudomórfica do hiperstênio, que poderia ter se dado de acordo com as reações 5 ou 6, neste último caso consumindo quase todo o K-feldspato.

Nota-se que não somente a presença da almandina, mas também a do K-feldspato (considerado como ortoclásio, sanidina ou mesopertita) e/ou albita, e do quartzo, contribuíram para o desaparecimento do ortopiroxênio. Este é, em diversas amostras, reliquiar ou mesmo inexistente na transformação pseudomórfica, neste caso assemelhando-se às amostras de gnaisses anfibolíticos associados. Sugere-se que o processo metamórfico de P e T correspondente à fácies anfibolito tenha sido mais intenso, obliterando a fácies granulito pela total transformação de ortopiroxênio. Uma hipótese é que os gnaisses anfibolíticos tenham sido rochas de composição enderbítica (isto é, contendo hiperstênio) e tenham estado em condições de fácies granulito.

Nos gnaisses anfibolíticos com microclina teria havido ainda a recristalização da biotita microcristalina e a cristalização da muscovita devido ao processo de microclinização e silicificação, que indica amplas e inegáveis condições de fácies anfibolito de média a baixa pressões. Nesses gnaisses, quando há hornblenda, ela é sempre reliquiar na transformação pseudomórfica constituída de carbonato e clorita, sugerindo condições de fácies xisto-verde como processo incipiente.

A paragênese de mais alto grau é representada pela associação hiperstênio-dipsídio/augita, correspondente à fácies granulito de média pressão.

A paragênese hiperstênio-hornblenda, hiperstênio ± quartzo ± almandina representam a fácies granulito de baixa pressão.

A paragênese hiperstênio/K-feldspato poderia representar a fácies granulito de baixa pressão somente se o feldspato alcalino fosse ortoclásio, sanidina ou mesopertita. Isso porque o hiperstênio é reliquiar e se o feldspato alcalino for microclina a fácies atual deveria estar contida no anfibolito de média a alta pressão, como retrometamorfismo de fácies granulito.

Assim, o metamorfismo regional bordejaria os limites da fácies anfibolito de média a alta pressão e granulito de baixa pressão. Como na área predominam as rochas enderbíticas, o processo retrometamórfico anfibolítico deve ser considerado como local. Os produtos de baixa temperatura da fácies xisto-verde sugerem ser locais provavelmente produzidos por eventos tardios magmáticos e/ou tectônicos (rúpteis ou dúcteis). Como a biotita/flogopita está recristalizada sintectonicamente, a deformação dúctil e o retrometamorfismo, seja ele local ou regional, teriam sido concomitantes.

As condições metamórficas encontradas por Sluitner *et al.* (1989) para essa área foram de 620-750°C e 5,3-6,9Kb.

2.3.2 Intrusivas tardi a pós-transcorrentes

Correspondem a corpos com formato aproximadamente circular constatados primeiramente por Lamego (1949) e por Liandrat (1972), que, entretanto, não os individualizaram.

Silva & Ferrari (1976) ao estudarem a região centro-sul do Espírito Santo, individualizaram e descreveram diversos desses corpos graníticos, nomeando-os individualmente segundo o topônimo mais próximo.

Bosum (1973), em trabalhos de interpretação aeromagnetométrica, localizou anomalias correspondentes às intrusões pós-cinemáticas. A anomalia detectada nesta região tem uma extensão cerca de dez vezes maior que a área aflorante, sendo interpretada como representando um corpo único que se expande em profundidade.

Machado Filho *et al.* (1983) agruparam estes corpos em um conjunto denominado informalmente de *Suíte Intrusiva Espírito Santo*, representada por rochas graníticas a granodioríticas de caráter sin a pós-tectônico em relação ao Ciclo Brasiliano.

Em superfície observam-se três corpos, os quais foram denominados pelos nomes das cidades mais próximas: Rio Novo do Sul, Iconha e Alfredo Chaves. Como esses dois últimos estão muito próximos, foram tratados conjuntamente, com o nome de Maciço Iconha.

Esses maciços foram objeto de estudo de teses de mestrado. Assim, a subdivisão interna dessas intrusões foi compilada e modificada a partir dos trabalhos de Wiedemamm & Mendes (1987) – Complexo Intrusivo Rio Novo do Sul – e Offman & Weber-Diefenbach (1987) – Maciço Intrusivo Iconha (subdividido em dois complexos).

A figura II.2.17 mostra a localização desses granitóides e a distribuição das amostras analisadas. Sua identificação pode ser vista na tabela II.2.14.

2.3.2.1 Maciço Rio Novo do Sul – $\in\gamma 3rns$

Situa-se ao redor da cidade do mesmo nome. Possui forma bastante irregular estendendo-se mais ou menos na direção leste-oeste. Perfaz uma área aproximada de 25km^2. Fazem parte desse maciço as montanhas do Frade e da Freira (foto II.2.12).

Predominam rochas granodioríticas que variam, localmente, para graníticas. Subordinadamente ocorrem

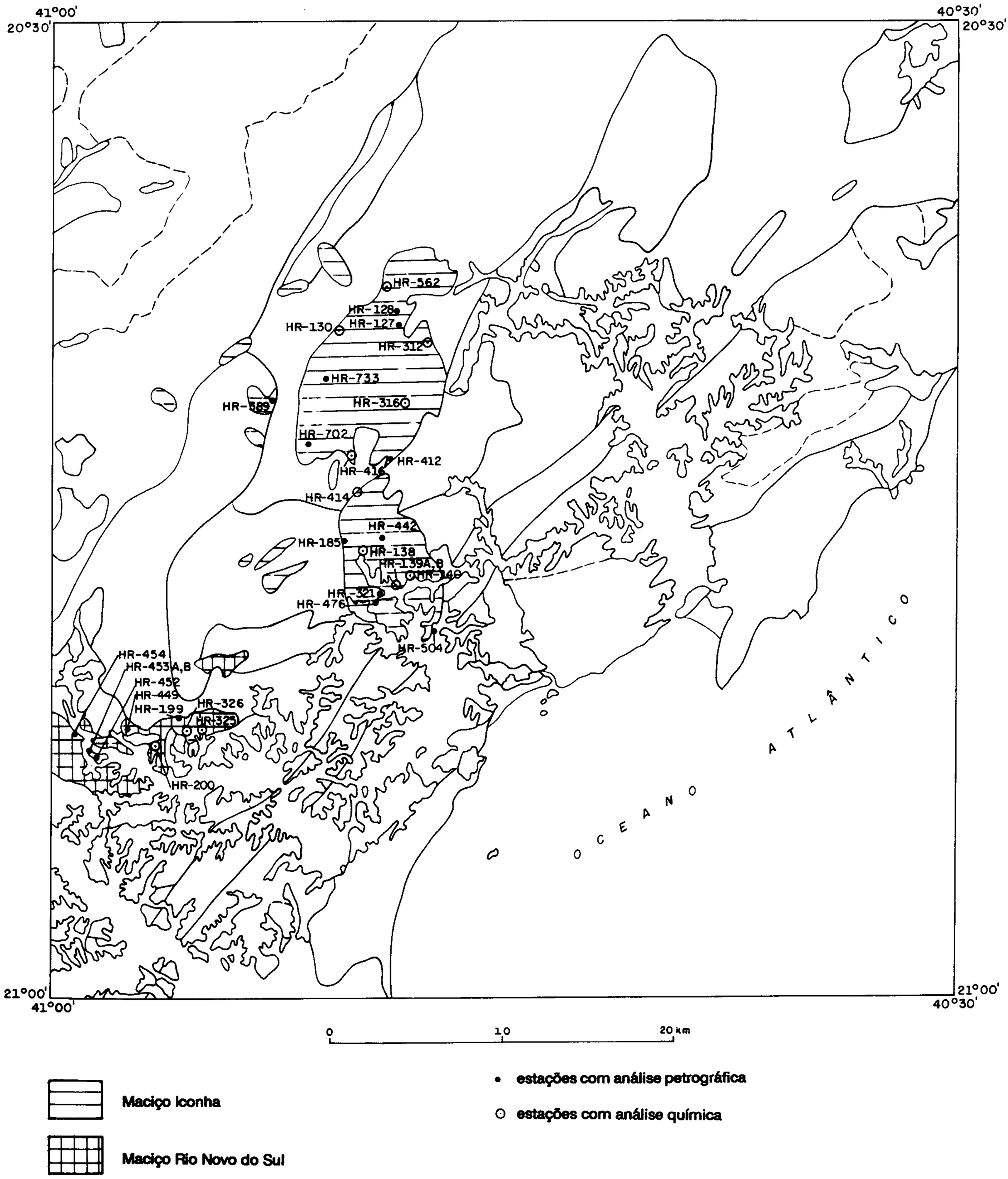


Figura II.2.17 – Mapa de distribuição dos granitóides tardi a pós-transcorrentes, com a localização das amostras analisadas.

Tabela II.2.14 – Relação dos tipos petrográficos das intrusivas tardi a pós-transcorrentes.

Nº Ordem	Amostra	Rocha	Unidade	Coord. UTM	
				N	E
1	HR-127	Mcr-granito	Єγ3ic	7715,1	311,5
2	HR-128	Diorito	Єγ3ic	7715,8	311,5
3	HR-130	Granodiorito	Єγ3ic	7714,8	308,5
4	HR-138	All-qz-monzonito	Єγ3ic	7701,8	309,7
5	HR-139A	Granodiorito	Єγ3ic	7699,9	311,5
6	HR-139B	Mcr-granito	Єγ3ic	7699,9	311,5
7	HR-139D	Hb-Bt-gnaisse	Єγ3ic	7699,9	311,5
8	HR-140	Granodiorito	Єγ3ic	7700,1	312,4
9	HR-185	All-qz-diorito	Єγ3ic	7702,6	308,6
10	HR-199	Granodiorito	Єγ3ms	7692,4	299,1
11	HR-200	Tit-Bt-granito	Єγ3ms	7690,9	297,8
12	HR-312A	Bt-granito	Єγ3ic	7714,2	313,3
13	HR-316	All-granodiorito	Єγ3ic	7710,7	312,2
14	HR-321	All-qz-monzodiorito	Єγ3ic	7699,5	310,8
15	HR-325	All-qz-diorito	Єγ3ms	7691,6	300,4
16	HR-326	Meta-qz-diorito	Єγ3ms	7091,6	299,6
17	HR-389	All-granito	Єγ3d	7704,5	298,7
18	HR-412	All-tonalito	Єγ3ic	7707,1	311,2
19	HR-414A	All-granito	Єγ3ic	7705,5	309,3
20	HR-416A	Mcr-granito	Єγ3ic	7707,5	309,1
21	HR-442	Ganisse granodiorítico	Єγ3ic	7702,7	310,8
22	HR-449	Tonalito	Єγ3ms	7691,6	296,2
23	HR-452	All-granodiorítico	Єγ3ms	7690,0	294,1
24	HR-453	All-granito	Єγ3ms	7690,6	293,7
25	HR-453B	Meta-qz-diorito	Єγ3ms	7690,6	293,7
26	HR-454	All-granodiorito	Єγ3ms	7691,8	293,2
27	HR-476	Qz-diorito	Єγ3ic	7699,2	310,7
28	HR-504	All-qz-diorito	Єγ3ic	7697,3	313,9
29	HR-562	All-granito	Єγ3ic	7717,2	311,1
30	HR-702	Qz-diorito	Єγ3ic	7708,2	306,5
31	HR-733	Granodiorito	Єγ3ic	7711,9	307,5

quartzo-dioritos, monzodioritos, monzonitos e dioritos. A análise modal (1.000 pontos) de 30 lâminas dos tipos litológicos deste maciço evidencia um *trend* com quartzo-dioritos e quartzo-gabros evoluindo para quartzo-monzodioritos e quartzo-monzogabros, quartzo-monzonitos, monzogranitos e granitos (Wiedemann & Mendes, 1987).

Os contatos entre as diversas fácies são gradacionais, enquanto que com as encaixantes raramente podem ser observados. Quando isto ocorre, são irregulares e há invasão de material pegmatóide, gerando uma estrutura tipo agmática.

Apresentam coloração cinza, textura inequigranular média a fina, raramente grosseira, e freqüentes xenólitos das encaixantes. A anisotropia é traduzida por uma foliação de fluxo às vezes proeminente, de direção geral NW.

A análise petrográfica das amostras identificou a seguinte assembléia mineral: plagioclásio, quartzo, microclina e biotita nas rochas mais ácidas e plagioclásio; quartzo, biotita e anfibólio nas mais básicas. Os acessórios são apatita, titanita, opacos, zircão e allanita, enquanto que os secundários são carbonato, sericita, epidoto, muscovita e clorita. A textura é granular hipidiomórfica. O plagioclásio é oligoclásio/andesina, está maclado segundo as leis da Albita e Carlsbad, ocorre na forma de pequenos e grandes cristais com estrutura zonada e bordas albitizadas, com inclusões de biotita, apatita e quartzo. Apresenta mirmequita e antipertita. O quartzo ocorre como pequenos cristais preenchendo interstícios e invadindo o plagioclásio. A microclina ocorre nos tipos graníticos e granodioríticos preenchendo interstícios e englobando cristais de plagioclásio. Está pertitizada. A titanita bordeja cristais de ilmeno-magnetita. A tabela II.2.15 apresenta a composição modal estimada desses litótipos e a figura II.2.16 a distribuição das amostras no diagrama Q-A-P modal de Streckeisen (1976).

2.3.2.2 Maciço Iconha – Єγ3ic

Compreende dois corpos situados entre Iconha e Alfredo Chaves. Aflora em uma área de 100km^2 como maciços rochosos que se destacam na topografia, sendo comum elevações com desnível de até 800m como é o caso da serra Cachoeira Alta e da serra Pontuda.

Os dois corpos são separados entre si por uma fina faixa de gnaisse aluminoso migmatizado e uma *shear band* de

Tabela II.2.15 – Composição mineralógica estimada da Unidade $\in\gamma 3ms$.

Amostras	Minerais														
	QZ	PL	BT	KFD	AF	ALL	AP	OP	TIT	ZR	EP	CRB	CL	MU	SE
HR-199	20	40	15	20		tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr		tr	tr
HR-200	20	30	10	35	tr		tr	tr	5	tr	tr	tr	tr	tr	tr
HR-325	10	45	35	1		1	1	1	1		tr	tr			tr
HR-326	4	30	30		25		tr		tr	tr	tr	tr			tr
HR-452	15	35	10	35		tr	tr	tr	tr	tr		tr	tr	tr	tr
HR-453	20	20	6	50		tr	tr	tr		tr			tr	tr	tr
HR-454	15	35	8	35		tr	tr	tr	tr	tr		tr	tr		tr
HR-449	20	46	10	5	10		1	3	2		2	tr			

caráter dextral. No campo, para efeito descritivo, o corpo a norte foi denominado Alfredo Chaves e, a sul, Iconha. Como os dados petroquímicos indicam consangüinidade entre eles, serão tratados conjuntamente.

Apresentam coloração cinza a rósea, granulação fina a média e são compostos por uma seqüência de rochas dioríticas a granodioríticas bordejadas por rochas graníticas. O conjunto está injetado em parte por rochas graníticas que parecem constituir uma segunda fase magmática.

As rochas granodioríticas a quartzo-monzodioríticas de granulação média da porção interna estão injetadas localmente por (monzo-) diorito fino a médio, com contatos gradacionais. O titanita/allanita granito de granulação média que ocorre nas porções mais externas tem uma ligeira foliação. Torna-se mais homogêneo ou muda para porfirítico em direção à porção central do corpo.

Os contatos entre as porções dioríticas e graníticas exibem algumas estruturas tais como *schlierens* graníticos dentro de granodiorito, *schollen* tipo almofadas de diorito fino em granito e zonas agmáticas onde o granodiorito é cortado angularmente por veios graníticos (fotos II.2.13 e 14). Através dessas relações de contato, Offman *et al.* (1987) concluíram que a intrusão diorítica (interna) foi mais ou menos contemporânea à granítica (externa) e os *stocks* de granito porfirítico foram posicionados durante a consolidação do diorito fino.

A análise petrográfica das porções graníticas indicam a seguinte assembléia mineral: quartzo, plagioclásio, microclina, biotita, titanita, allanita, opacos e apatita. A textura é granular xeno a hipidiomórfica. O quartzo geralmente ocorre como cristais intersticiais. O plagioclásio (oligoclásio) apresenta bordas albitizadas, maclas pela lei da Albita e Carlsbad, inclusões de quartzo, biotita e apatita, limites irregulares devidos à invasão da microclina. Esta também preenche interstícios, engloba grãos de plagioclásio e está pertitizada. Altera-se para sericita. A biotita ocorre em cristais subédricos e possui inclusões de apatita, opacos, zircão e plagioclásio. Dá origem a clorita, carbonato e muscovita. Allanita e titanita são os acessórios que ocorrem em maior quantidade.

As porções dioríticas são constituídas, microscopicamente, por plagioclásio, biotita, hornblenda, pouco quartzo, apatita, opacos, titanita e allanita. A textura é granular hipidiomórfica. O plagioclásio apresenta cristais subidiomórficos com contatos irregulares devidos à invasão de quartzo, maclados segundo lei da Albita, Albita-Periclina e Carlsbad. Inclusões de biotita e quartzo. A biotita associa-se à hornblenda e parece ser toda proveniente dela. Possui inclusões de apatita e opacos e altera para epidoto. A hornblenda ocorre em grãos anédricos muitas vezes poiquilíticos, com inclusões de quartzo, apatita e opacos. É substituída por biotita e epidoto.

A tabela II.2.16 apresenta a composição modal estimada desses litótipos. A figura II.2.16 mostra o diagrama Q-A-P modal de Streckeisen (1976).

2.3.2.3 Diorito Concórdia – $\in\gamma c$

Constitui um corpo de forma irregular que ocupa uma área de $3km^2$. Aflora na parte ocidental da folha e compreende a extremidade sul da serra da Concórdia, destacando-se bastante na topografia, com altitudes que chegam a 1.092m. Observam-se caneluras nas encostas.

Apresenta coloração cinza-escura, granulação fina a média e mostra-se isotrópico. É composto por pouco quartzo, plagioclásio, biotita e anfibólio. A rocha é cortada por veios quartzo-feldspáticos.

Localmente, observam-se xenólitos do gnaisse encaixante.

Em praticamente todas as zonas de cisalhamento são observados diques de rocha diorítica (WL-53, WL-54, HR-414) bastante foliada, com mergulhos verticais.

2.3.3 Intrusivas Pós-transcorrentes – $O\gamma 4$

Essas rochas, que localmente constituem pequenos corpos, como nas fazendas Pinheiro, Maravilhas e Taquaruçu, afloram principalmente no quadrante noroeste da folha. Geralmente ocorrem como blocos arredondados cujo ali-

Tabela II.2.16 – Composição mineralógica estimada da Unidade $\in\gamma$lc.

Amostra	MINERAIS															
	QZ	PL	BT	KFD	AF	ALL	AP	OP	TIT	ZR	EP	CRB	CL	MU	SE	PX
138	10	40	5	45		tr	tr	tr		tr		tr	tr	tr	tr	
139A	35	35	20	10			tr	tr		tr		tr		tr	tr	
139B	15	30	10	45			tr	tr		tr		tr	tr	tr	tr	
139D	20	30	20	25	5		tr	tr	tr	tr	tr	tr		tr	tr	
140	15	50	15	5	10		tr	tr	tr			tr			tr	
185	10	55	20	1	15	1	1	1	1		tr	tr			tr	
321	10	45	12	8	10	tr	tr	tr				tr			tr	7
414A	17	30	10	35		3	tr	tr		tr	tr	tr	tr	tr	tr	
442	20	47	11	8	10		1	2	tr		tr	tr				
476	5	47	18	3	22		1	3	tr		tr	tr				
504	10	55	15	5	15	tr	tr	tr	tr		tr					tr
127	28	10	17	45			tr	tr	tr		tr	tr	tr	tr		
128	3	60	25		6	tr	tr	tr	tr						tr	
130	15	40	15	15	tr	6	tr	tr			tr	tr	tr		tr	
312A	30	20	15	35		tr	tr	tr		tr		tr	tr		tr	
316	15	40	15	10	15	tr	tr	tr	tr		tr	tr			tr	
412	15	53	25	1	1	1	1	1	1						tr	
416A	20	25	5	50			tr	tr		tr			tr	tr	tr	
562	20	30	15	30		1	1	1	1	1		tr	tr	tr	tr	
702	5	40	30	tr	8		3	2	11	tr	tr	tr		tr		
733	18	38	24	10	3		1	2	3	tr	tr	tr	tr	tr		

nhamento pode ser seguido por vários quilômetros de distância, constituindo diques descontínuos. Muitas vezes não se conseguiu encontrar no campo um alinhamento marcante entre os afloramentos visitados, utilizando-se assim, no mapa, a conversão de estação geológica com indicação do tipo de rocha (GR). Os pontos com análises petrográficas e químicas podem ser vistos na figura II.2.18 e a identificação deles na tabela II.2.17.

São rochas cinza-claras de composição predominantemente granítica (figura II.2.16), granulação média, geralmente isotrópica.

A análise petrográfica das amostras identificou a seguinte assembléia mineral: quartzo, plagioclásio, microclina e biotita, como minerais essenciais, e apatita, allanita, opacos, zircão, epidoto e titanita como acessórios. A textura é granular xeno a hipidiomórfica. O quartzo ocorre como inclusões na microclina e em grãos anédricos intersticiais com extinção ondulante. O plagioclásio é irregular, apresenta bordas albíticas, invasões de quartzo e microclina e maclas pela lei da Albita e Carlsbad. Microclina apresenta-se em fenocristais irregulares com inclusões de plagioclásio e quartzo. Possui pertitas e maclas em xadrez e Carlsbad. Biotita aparece em palhetas sem orientação, com inclusões de apatita, zircão, opacos e allanita. A composição mineralógica estimada pode ser observada na tabela II.2.18.

2.3.4 Considerações Petroquímicas

a) Intrusivas sin a tardi-tangenciais

Foram analisadas quimicamente 29 amostras dos granitóides sin a tardit-angenciais, sendo quatro da unidade Pγ1, três da Pγ1b, seis da Pγ1c e 16 da Pγgl. Foram utilizadas na interpretação médias de 67 amostras dos gnaisses granulíticos e gnaisses tonalíticos associados, compiladas de Sluitner *et al.* (1989). Os resultados químicos estão na tabela II.2.19.

Os ortognaisses sin a tardi-tangenciais têm, de modo geral, composições químicas variando de granítica a tonalítica, conforme se observa nos diagramas Q-A-P normativo de Streckeisen (1976) e Q-P de Debon & Le Fort (1983), figuras II.2.19 e 20, o mesmo ocorrendo com os gnaisses granulíticos e anfibolíticos associados (mesmas figuras). As rochas da Unidade Pγ1 são todas metaluminosas, enquanto as das unidades Pγ1c e Pγgl são todas peraluminosas. As da Unidade Pγ1b têm características mistas, plotando-se nos dois campos do diagrama da figura II.2.21, de Rapela & Caminos (1987). Estes caracteres também podem ser constatados na tabela II.2.19 pois todas as amostras da Unidade Pγ1 e duas da Pγ 1b apresentam diopsídio normativo, enquanto praticamente todas as amostras das outras unidades têm coríndon normativo. Os teores de SiO_2 variam entre 59,7 e 74,9%; de alumina entre 13,1 e 18,2%; total de álcalis entre 1,44 e 9,2%, com razão Na_2O/K_2O entre 0,32 e 2,36. O diagrama de Wright (1969) demonstra tratar-se de uma série calcialcalina (figura II.2.22), conforme comprovado pelo diagrama AFM (figura II.2.23a).

O diagrama R1 x R2 (figura II.2.24) com indicação dos domínios tectônicos segundo Batchelor & Bowden (1985), mostra que esses ortognaisses foram gerados em ambiente pré-colisional (magmatismo de margem continental ativa/arco vulcânico), com algumas amostras plotando-se nos campos sincolisional e de fracionados do manto. Os diagramas das figuras II.2.25 e 26 também indicam ambiente de arco vulcânico a sincolisional. O ambiente compressivo é sugerido pelo diagrama de Petro et al. (1983),

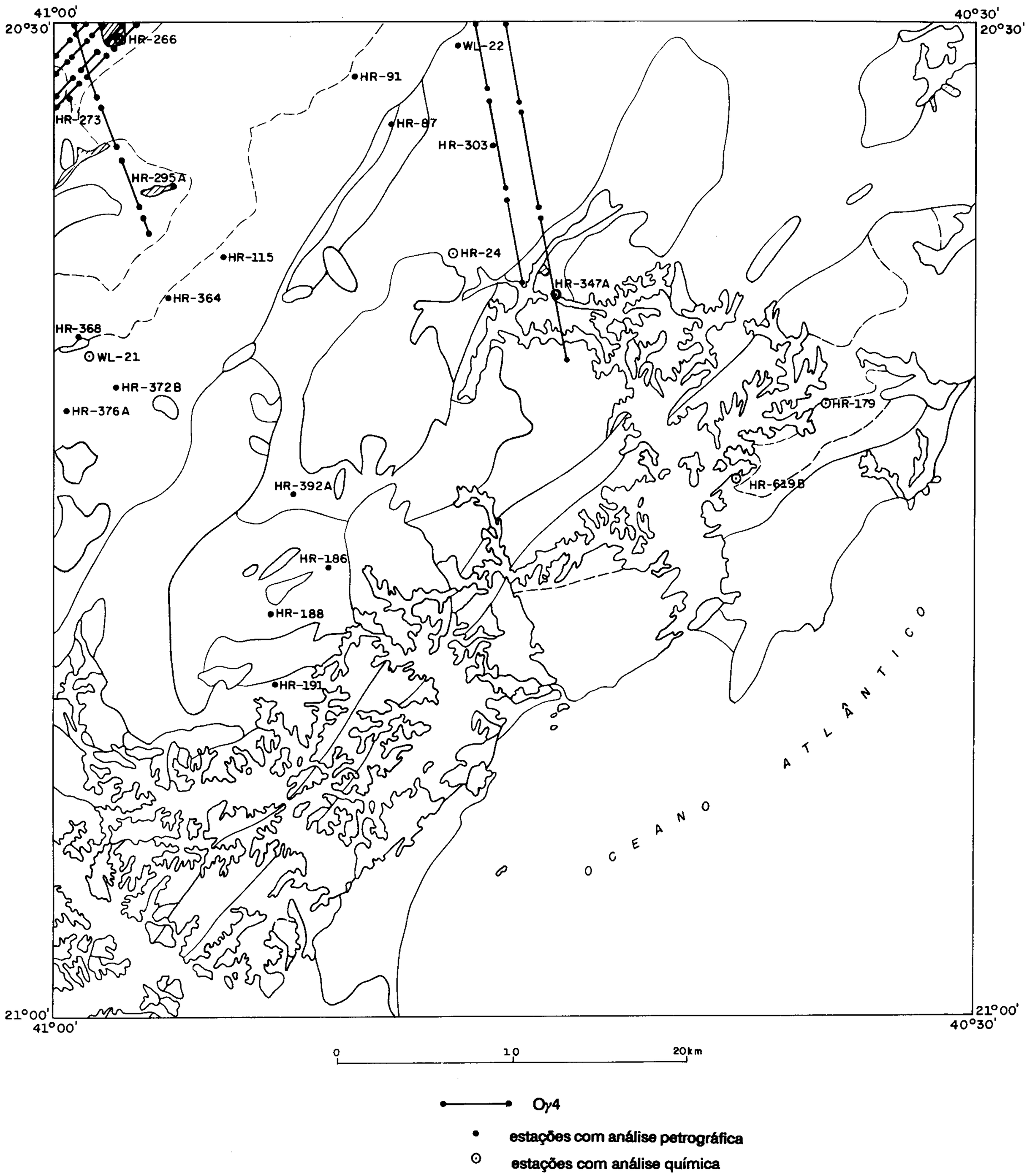


Figura II.2.18 – Mapa de distribuição das intrusivas pós-transcorrentes.

Tabela II.2.17 – Identificação das amostras de intrusivas pós-transcorrentes – Oγ4.

Nº Ordem	Amostra	Rocha	Unidade	Coord UTM	
				N	E
1	HR-024	Tonalito	Oγ4	7719,5	314,1
2	HR-087	Granito	Oγ4	7726,0	310,5
3	HR-091	All-Mcr-granito	Oγ4	7728,8	308,3
4	HR-115	All-Tit-granito	Oγ4	7718,8	301,5
5	HR-179	Granito	Oγ4	7711,1	335,4
6	HR-186	Bt-granito	Oγ4	7702,2	307,5
7	HR-188	Leucogranito	Oγ4	7699,1	304,1
8	HR-191	Bt-granito	Oγ4	7695,1	304,2
9	HR-266	Mcr-granito	Oγ4	7730,9	295,2
10	HR-273	All-granito	Oγ4	7727,7	292,4
11	HR-295A	All-Hb-granito	Oγ4	7722,7	298,4
12	HR-303	Mcr-granito	Oγ4	7725,5	316,5
13	HR-347A	All-Mcr-granito	Oγ4	7716,5	320,1
14	HR-364	Granito	Oγ4	7716,4	297,9
15	HR-368	Mcr-granito	Oγ4	7714,0	293,4
16	HR-372B	Metatonalito	Oγ4	7711,4	295,3
17	HR-376A	All-Mcr-granito	Oγ4	7709,9	292,6
18	HR-392A	Granito	Oγ4	7705,7	305,3
19	HR-619B	Mcr-granito	Oγ4	7701,2	330,2
20	WL-021	Mcr-granito	Oγ4	7713,2	293,9
21	WL-033	Hpr-gra-granito	Oγ4	7722,6	308,1

Foram analisados elementos terras-raras em quatro amostras da Unidade Pγ1 (ortognaisses graníticos), duas da Pγ1b (ortognaisses tonalíticos), sete da Pγ1c (ortognaisses granatíferos), dez da Pγgl (gnaisses granulíticos) e seis amostras dos gnaisses anfibolíticos associados aos granulitos. Os dados químicos estão na tabela II.2.20 enquanto as curvas correspondentes estão na figura II.2.30.

O conjunto de curvas da Unidade Pgl (figura II.2.30a) apresenta uma boa homogeneidade, com alto fracionamento das TRL em relação às TRP. A razão TRL/TRP varia de 8,9 a 11,5, enquanto a razão La/Yb de 63 a 97.

Observa-se na tabela II.2.20 que as amostras HR-218A e WL-167 apresentam teores mais elevados em SiO_2, índices de diferenciação e somatório de TR mais altos, e teores mais baixos em CaO e Y quando comparadas com as amostras WL-168 e WL-169. As curvas destas duas amostras são, também, as mais semelhantes entre si. Os valores de anomalias de Eu são bastante variáveis, indo de 0,29 a 0,79.

Todos esses valores indicam características tanto de granitóides crustais quanto transicionais. Isso, de acordo

Tabela II.2.18 – Composição mineralógica estimada da Unidade Oγ4.

Amostra	MINERAIS														
	QZ	PL	BT	KFD	AF	ALL	AP	OP	TIT	ZR	CRB	CL	EP	MU	SE
24	15	40	28		12		2	tr	3						tr
87	30	40	5	25		tr	tr	tr		tr				tr	tr
91	20	5	10	60		tr		tr		tr			tr	tr	tr
115	20	30	10	35		1	1	1	1	1	tr			tr	tr
179	?	?	?	?			tr	tr		tr				tr	tr
186	20	35	15	28			tr	tr	tr	tr	tr		tr	tr	tr
188	30	25	tr	40				2						tr	tr
191	20	30	10	40			tr	tr		tr		tr		tr	tr
266	25	10	15	50		tr	tr	tr	tr	tr		tr			tr
273	20	10	20	45		1	1	1			tr	tr		tr	tr
295A	20	35	20		20	1	1	1	1	1					tr
303	20	25	9	45	1		tr	tr	tr	tr			tr	tr	tr
347A	20	10	15	53		tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
364	30	15	5	10	2	tr			tr				tr		
368	20	20	10	50		tr	tr			tr		tr		tr	tr
372B	22	60	18			tr	tr			tr		tr			tr
376A	20	15	15	45		tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
392A	22	35	8	29			tr	1	tr	tr	tr	2	tr	2	
619B	18	15	15	50			tr	tr		tr	tr			tr	tr
WL-21	25	15	10	50		tr	tr	tr		tr	tr	tr		tr	tr
WL-33	25	18	3	40	2		tr	2	1	tr	1	1	tr		tr

? = porcentagem indeterminada

figura II.2.27. O diagrama da figura II.2.28 já sugere uma situação de maior maturidade do arco vulcânico, pois a espessura indicada da crosta é superior a 20km. Na figura II.2.29 observa-se que as razões K/Rb ficam em torno de 230, o que, segundo Subba Rao & Divakara Rao (1988; *in* Sluitner *et al.*, 1989), é característico de rochas com história metassomática pós-metamórfica interrompida por subseqüente atividade migmatítica.

com Ague & Brimhall (1987) representaria granitóides mantélicos que foram fortemente contaminados por material crustal, ficando com suas características originais obliteradas (granitos tipo I-CR) e levando a resultados de interpretação ambígua.

As observações de campo, petrográficas e químicas (elementos maiores e traço) indicam características mantélicas, reforçando a idéia de contaminação.

Tabela II.2.19 – Análise química e norma CIPW das intrusivas sin- a tardi-tangenciais.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	S	CO_2	H_2O+	H_2O-	Total	Q	OR	AB	AN	C	DI	HY	MT
HR-218A	74,30	13,10	0,51	0,71	0,02	0,23	1,10	3,00	6,00	0,14	0,05	0,018	0,40	0,32	0,07	99,97	31,32	35,61	25,49	4,58	-	0,47	0,99	0,74
WL-167	74,90	12,90	0,54	0,56	0,06	<0,1	0,93	3,30	5,90	0,19	<0,05	<0,005	0,15	0,27	0,07	99,77	31,41	35,02	28,04	2,98	-	1,11	0,06	0,79
WL-168	68,70	13,80	1,30	2,10	0,07	0,84	2,30	3,90	4,40	0,80	0,30	0,024	0,70	0,43	0,02	99,68	23,85	26,21	33,25	7,21	-	1,89	2,73	1,90
WL-169	65,60	13,80	1,80	3,20	0,09	1,40	2,80	3,40	4,70	1,30	0,55	0,048	0,30	0,48	0,01	99,48	20,87	28,06	29,06	8,60	-	1,47	5,13	2,64
HR-299	67,00	15,00	1,50	2,60	0,09	1,80	4,00	2,90	3,50	0,49	0,11	0,007	0,30	0,51	0,07	99,88	25,02	20,83	24,71	17,70	-	1,26	6,78	2,19
HR-685	59,70	16,90	2,30	2,60	0,13	2,10	11,30	0,58	0,86	0,76	0,33	0,180	1,10	0,98	0,08	88,60	29,06	5,14	4,97	41,43	-	10,44	1,90	3,32
WL-11B	70,40	16,10	0,40	1,80	0,05	0,60	3,10	3,90	2,40	0,44	<0,05	<0,005	0,25	0,32	0,05	99,81	30,26	14,26	33,16	15,12	1,58	-	3,84	0,58
HR-54B	74,60	13,50	0,60	0,99	0,05	0,34	2,40	2,60	3,70	0,14	<0,05	<0,005	0,60	0,18	0,08	99,78	39,48	21,96	22,09	11,62	0,98	-	2,03	0,87
HR-60B	65,00	16,60	2,00	2,80	0,08	1,60	4,40	3,00	2,30	0,61	0,17	0,013	0,60	0,63	0,06	100,06	26,13	13,68	25,54	20,83	1,59	-	7,12	2,92
HR-575	63,90	17,30	1,90	3,60	0,11	2,10	4,60	2,60	1,90	0,67	0,15	0,012	0,45	0,42	0,08	99,79	27,29	11,31	22,16	21,98	2,99	-	9,39	2,78
HR-576	65,60	16,20	1,50	2,40	0,08	1,30	4,80	3,30	1,40	0,46	0,15	0,008	0,45	0,19	0,06	100,10	28,37	8,29	27,96	22,85	2,90	-	5,78	2,18
HR-602B	63,90	16,40	1,80	3,60	0,10	2,60	3,60	3,20	2,40	0,98	0,09	0,027	0,70	0,47	0,06	99,93	23,28	14,27	27,24	17,36	2,23	-	10,15	2,63
HR-619	66,70	15,60	2,10	1,70	0,08	1,20	3,00	2,60	5,00	0,49	0,24	0,006	0,55	0,33	0,06	99,86	24,62	29,71	22,12	13,38	1,24	-	3,99	2,90
HR-652A	66,70	13,20	3,00	4,20	0,12	2,60	2,30	2,50	2,70	1,30	<0,05	0,017	0,30	0,60	0,14	100,08	31,44	16,09	21,33	11,17	2,12	-	10,81	4,09
HR-54A	64,20	16,90	1,80	2,80	0,08	1,50	4,60	3,50	2,50	0,64	0,13	0,016	0,60	0,42	0,11	99,80	21,50	14,89	29,83	22,12	0,39	-	6,46	2,63
HR-54E	68,40	13,10	1,30	4,30	0,06	2,20	1,50	1,70	5,40	0,94	0,06	0,044	0,30	0,43	0,04	99,77	29,35	32,14	14,48	7,09	1,89	-	10,23	1,90
HR-60A	62,40	17,10	4,00	2,30	0,12	2,40	5,30	2,60	1,80	0,75	0,19	0,020	0,45	0,27	0,10	99,80	24,29	10,72	22,16	25,22	1,71	-	10,23	3,29
HR-83A	63,70	16,00	3,10	3,40	0,10	2,20	4,80	2,90	1,70	0,85	0,21	0,024	0,45	0,43	0,09	99,95	25,60	10,11	24,69	22,57	1,18	-	9,80	3,43
HR-407	63,00	16,30	1,50	4,50	0,12	3,10	5,20	2,60	1,70	0,69	0,15	0,019	0,30	0,40	0,08	99,86	22,27	10,11	23,84	24,95	0,77	-	13,85	2,19
HR-409	66,10	15,70	1,50	3,10	0,09	2,30	4,70	3,00	1,70	0,61	0,19	0,013	0,40	0,28	0,07	99,75	27,75	10,11	25,54	22,19	0,84	-	9,35	2,19
HR-488	63,70	16,10	1,60	4,20	0,12	2,30	5,10	2,80	2,10	0,88	0,19	0,028	0,30	0,26	0,06	99,74	23,40	12,48	23,83	24,18	0,41	-	10,87	2,33
HR-624A	61,30	16,50	3,00	4,70	0,14	3,00	5,80	2,10	1,50	0,75	0,19	0,035	0,45	0,40	0,08	99,95	23,99	8,92	17,88	27,68	1,34	-	14,49	3,28
HR-790	66,00	15,50	1,70	4,00	0,09	1,80	4,10	3,00	2,00	0,82	0,22	0,013	0,15	0,13	0,12	99,64	28,10	11,89	25,54	19,01	1,49	-	9,25	2,48
HR-798	64,40	16,50	1,90	2,90	0,07	1,50	3,60	2,80	4,30	0,69	0,19	0,009	0,15	0,31	0,12	99,44	21,24	25,67	23,93	16,77	1,16	-	6,51	2,78
*	61,64	15,45	1,11	5,95	0,16	2,66	5,91	2,60	2,15	1,02	0,36	nd	nd	nd	nd	99,01	19,58	12,83	22,22	24,37	-	2,38	14,19	1,63
**	68,01	14,28	0,98	3,23	0,09	1,49	4,24	2,69	3,06	0,58	0,19	nd	nd	nd	nd	98,84	28,89	18,30	23,03	18,06	-	1,62	7,32	1,44
HR-54C	69,70	15,10	1,00	2,30	0,05	1,10	4,00	3,00	1,90	0,51	0,12	0,014	0,60	0,46	0,06	99,91	34,15	11,30	25,54	19,16	1,13	-	5,38	1,46
HR-83B	68,80	15,20	1,30	2,40	0,05	1,60	3,90	2,90	1,90	0,69	0,15	0,015	0,45	0,52	0,04	99,91	33,56	11,30	24,70	18,47	1,66	-	6,27	1,90
HR-604	69,20	14,60	2,20	2,00	0,08	1,20	3,50	3,00	2,00	0,72	0,10	0,010	0,55	0,54	0,09	99,79	35,06	11,92	25,60	16,84	1,39	-	3,80	3,22
HR-612A	66,20	15,60	1,60	3,00	0,08	1,40	3,70	2,60	3,40	0,66	0,21	0,015	0,70	0,46	0,06	99,70	27,45	20,26	22,18	17,11	1,43	-	6,71	2,34
HR-767	73,90	14,40	0,51	0,60	0,02	0,42	2,00	3,20	3,90	0,21	<0,05	<0,005	0,15	0,05	0,06	99,62	35,45	23,15	27,19	9,63	1,41	-	1,78	0,74
HR-777	71,20	15,10	0,62	1,60	0,05	0,44	1,90	3,00	5,00	0,22	0,25	<0,005	0,15	0,21	0,10	99,84	29,79	29,69	25,50	7,83	1,91	-	3,25	0,90
***	68,60	15,50	1,21	4,34	0,12	2,00	4,75	2,89	3,57	0,87	0,37	nd	nd	nd	nd	104,22	22,96	20,25	23,46	18,01	-	-	9,35	1,68
****	69,14	14,08	1,21	3,18	0,10	1,44	3,96	2,45	2,78	0,62	0,19	nd	nd	nd	nd	99,15	32,64	16,57	20,91	18,55	0,30	-	7,64	1,77

* Média de 20 amostras de granulitos charnoenderbíticos intermediários

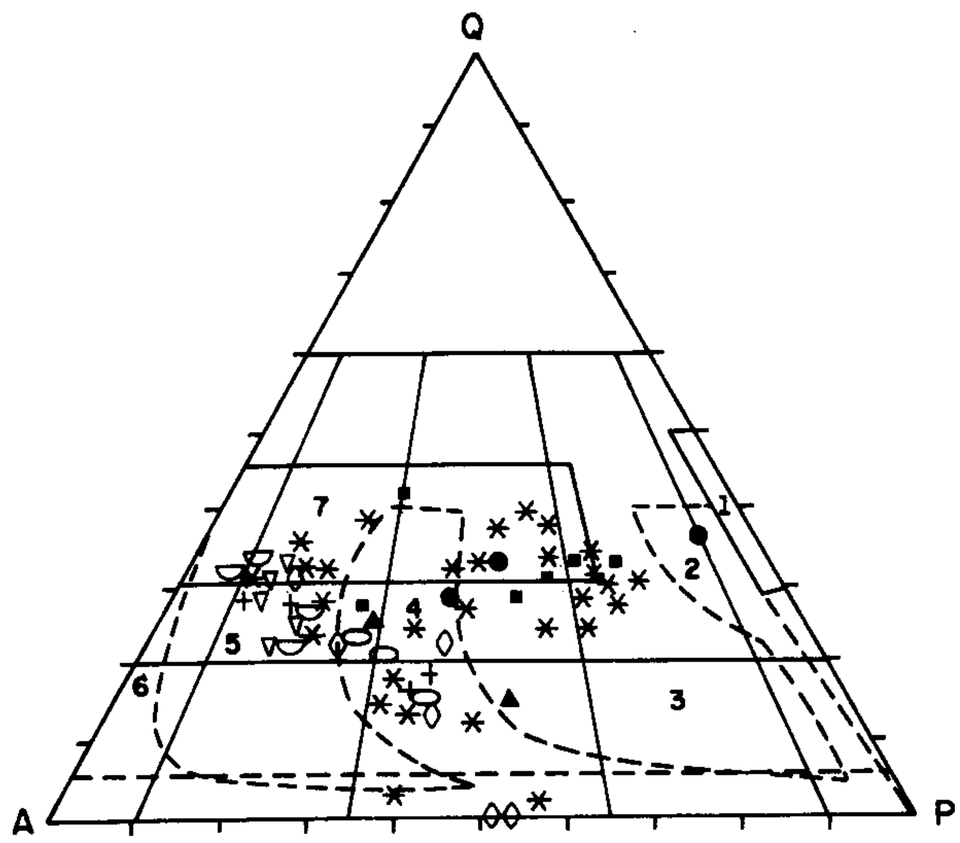
** Média de 23 amostras de granulitos charnoenderbíticos ácidos

*** Média de 8 amostras de gnaisses anfibolíticos intermediários

**** Média de 15 amostras de gnaisses anfibolíticos ácidos
Compilados de Sluitner *et. al.* (1989).

(Continuação da Tabela II.2.19)

	IL	AP	PR	Cu	Pb	Zn	U	Co	Cr	Ni	V	Y	Nb	Be	Ga	Ba	Sr	Rb	Zr	Cl	Th	U	F
HR-218A	0,27	0,12	0,034	2	93	79	24	< 5	5	< 5	nd	< 10	< 20	< 2	19	390	150	250	170	49	34	< 1	620
WL-167	0,36	0,12	0,009	14	13	22	15	< 5	< 5	8	nd	14	12	< 2	14	950	390	210	200	< 20	74	2	400
WL-168	1,53	0,72	0,045	14	9	58	27	6	5	14	nd	26	32	< 2	12	1960	640	150	410	110	30	1	220
WL-169	2,49	1,32	0,091	24	11	102	57	11	20	16	nd	39	35	< 2	15	2180	630	180	530	270	25	< 1	2800
HR-299	0,94	0,26	0,013	38	126	11	47	5	15	< 5	nd	< 10	< 20	< 2	8	620	210	180	250	90	< 15	< 1	820
HR-685	1,46	0,79	0,341	23	15	148	nd	nd	19	20	nd	22	nd	nd	nd	470	620	41	nd	nd	nd	nd	850
WL-11B	0,84	0,12	0,009	< 2	< 5	28	29	< 5	8	22	nd	22	< 20	< 2	18	420	390	92	128	89	< 15	< 1	760
HR-54B	0,27	0,12	0,009	21	65	36	29	< 5	6	6	nd	19	24	< 2	16	1220	420	99	210	250	< 15	< 1	220
HR-60B	1,17	0,41	0,024	3	47	68	18	17	20	12	nd	27	< 20	< 2	21	310	240	79	180	130	< 15	< 1	790
HR-575	1,28	0,36	0,023	10	37	83	15	22	22	10	nd	23	20	< 2	21	480	230	79	200	100	< 15	< 1	1100
HR-576	0,88	0,36	0,015	3	56	58	37	13	22	10	nd	20	24	< 2	23	370	330	51	250	84	< 15	< 1	520
HR-602B	1,87	0,21	0,051	20	51	160	14	20	64	58	nd	33	< 20	< 2	34	400	220	110	280	250	21	< 1	1500
HR-619	0,94	0,57	0,011	7	47	72	15	7	16	6	nd	19	20	< 2	16	1080	230	150	270	220	< 15	< 1	640
HR-652A	2,49	0,12	0,032	38	9	98	15	32	72	56	nd	24	18	< 2	20	600	370	140	360	100	55	< 1	1100
HR-54A	1,23	0,31	0,030	24	28	97	44	15	25	15	nd	19	20	< 2	26	570	340	100	270	430	< 15	< 1	960
HR-54E	1,80	0,14	0,083	19	152	423	33	5	68	14	nd	14	< 20	< 2	22	1150	190	190	280	270	< 15	< 1	1100
HR-60A	1,44	0,45	0,038	10	47	83	18	21	24	20	nd	27	< 20	< 2	21	570	260	69	210	90	< 15	< 1	700
HR-83A	1,63	0,50	0,045	10	37	115	11	22	29	20	nd	16	24	< 2	26	460	240	44	190	220	< 15	< 1	930
HR-407	1,32	0,36	0,036	28	135	243	19	11	52	11	nd	13	< 20	< 2	22	540	200	97	160	260	< 15	< 1	1800
HR-409	1,17	0,45	0,024	13	59	105	38	18	70	46	nd	28	< 20	< 2	24	850	280	95	150	120	< 15	< 1	1200
HR-488	1,68	0,45	0,053	19	67	138	14	18	42	34	nd	37	< 20	< 2	26	600	270	99	200	130	< 15	< 1	1100
HR-624A	1,43	0,45	0,660	14	56	126	11	25	38	20	nd	40	< 20	< 2	26	540	240	49	210	170	< 15	< 1	750
HR-790	1,57	0,52	0,024	9	6	78	20	13	19	28	112	14	18	nd	nd	450	210	83	170	100	< 15	< 1	638
HR-798	1,32	0,46	0,017	7	4	81	15	13	20	28	90	14	19	nd	nd	1030	210	120	184	72	< 15	< 1	690
*	1,96	0,86	-	26	36	178	nd	15	72	37	176	40	nd	nd	27	715	284	104	264	nd	nd	nd	nd
**	1,11	0,46	-	25	34	157	nd	6	71	28	76	26	nd	nd	26	792	206	121	172	nd	nd	nd	nd
HR-54C	0,98	0,29	0,026	14	37	76	48	19	24	6	nd	16	20	< 2	21	400	300	80	230	560	< 15	< 1	730
HR-83B	1,32	0,36	0,026	7	37	68	15	18	22	10	nd	10	29	< 2	26	400	220	95	280	180	< 15	< 1	890
HR-604	1,38	0,24	0,019	10	47	88	15	16	17	8	nd	29	< 20	< 2	21	320	150	79	260	500	88	< 1	960
HR-612A	1,30	0,50	0,026	3	47	76	22	13	22	12	nd	23	20	< 2	21	750	220	98	260	1040	< 15	< 1	880
HR-767	0,40	0,12	0,009	< 2	2	26	25	< 5	10	16	43	< 10	14	nd	nd	690	180	110	10	< 20	< 15	< 1	1800
HR-777	0,42	0,60	0,009	2	3	56	40	< 5	< 5	14	41	12	15	nd	nd	920	170	130	< 10	41	< 15	1	380
***	1,59	0,84	-	28	38	169	nd	21	74	35	126	37	nd	nd	26	711	262	154	235	nd	nd	nd	nd
****	1,19	0,45	-	26	41	189	nd	6	85	30	90	29	nd	nd	27	751	200	119	211	nd	nd	nd	nd



1- Toleítico
2- Cálcialcalino-trondhjemítico (Baixo k)
3- Cálcialcalino-granodiorítico (Médio k)
4- Cálcialcalino-monzonítico (Alto k)
5- Granitóides aluminosos de Províncias Alcalinas e peralcalinas
6- Alcalinas e peralcalinas
7- Granito de fusão crustal

Figura II.2.19 – Diagrama Q-A-P normativo de Streckeisen (1976) com os campos segundo Lameyre & Bowden (1982) mostrando a distribuição das rochas plutônicas da Folha Piúma. Simbologia como na figura II.2.16.

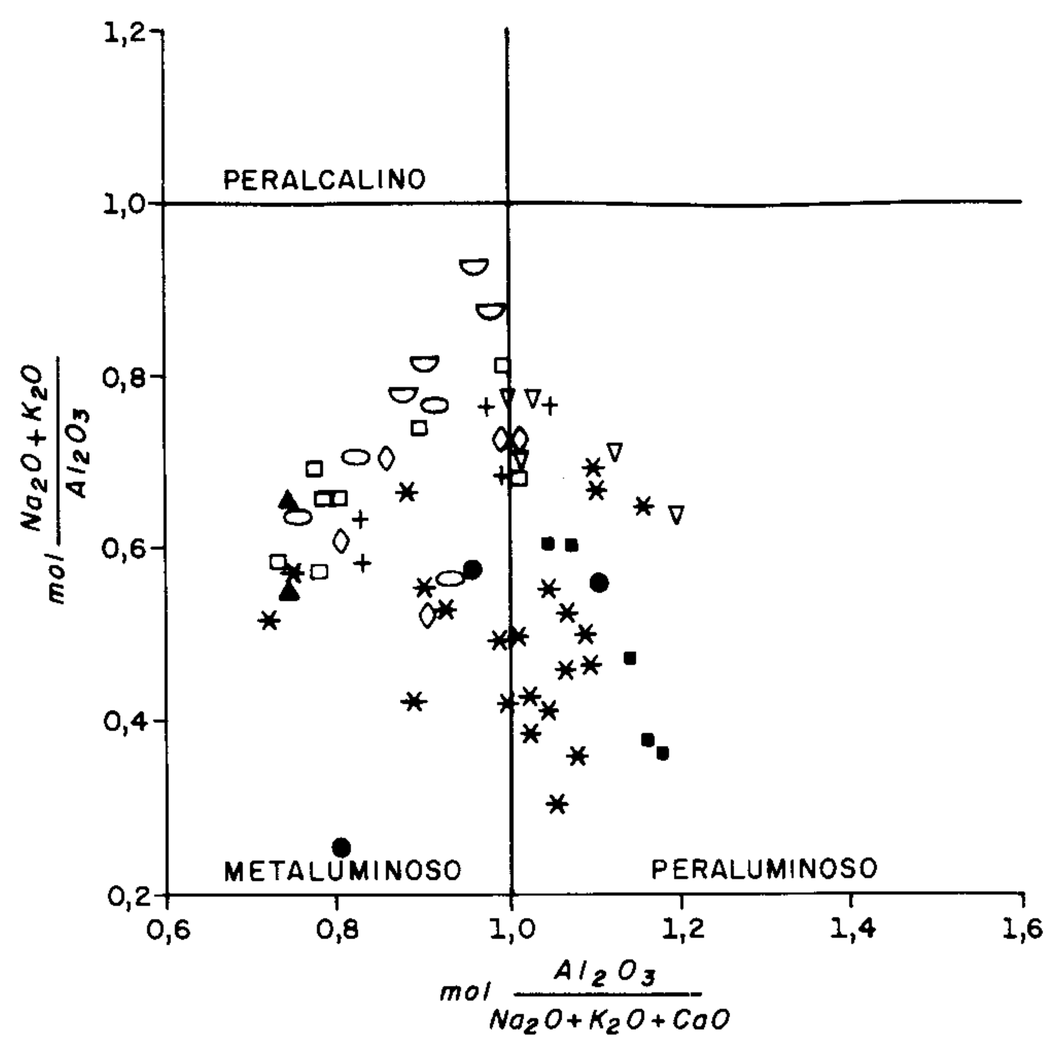


Figura II.2.21 – Diagrama de Rapela & Caminos (1987) mostrando o caráter de aluminosidade das rochas plutônicas da Folha Piúma. Simbologia como na figura II.2.16.

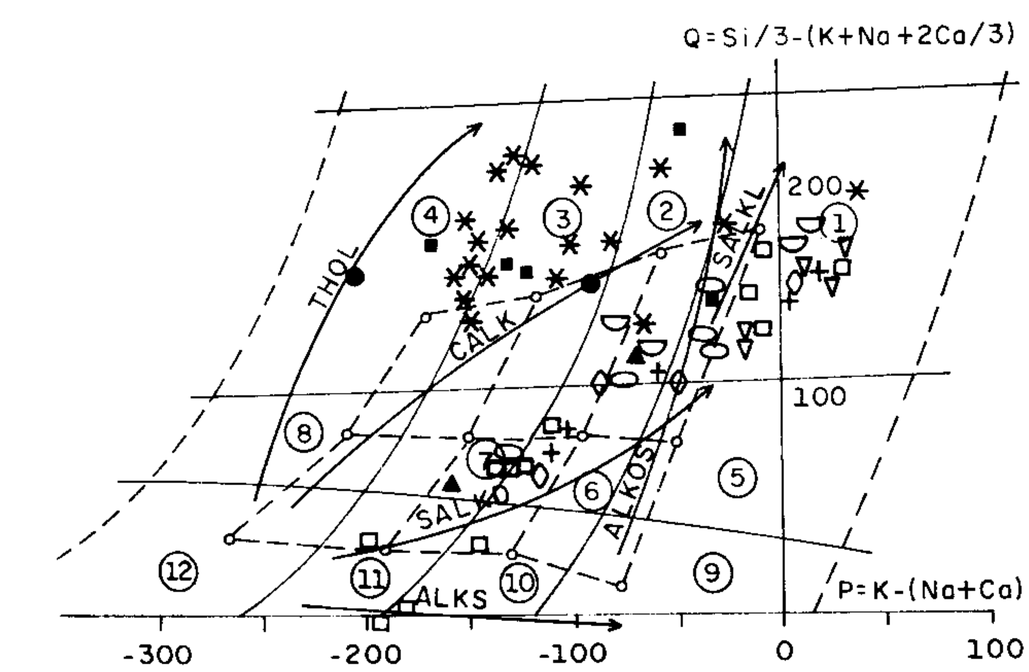


Figura II.2.20 – Diagrama Q-P de Debon & Le Fort (1983) com a distribuição das rochas plutônicas da Folha Piúma. Simbologia como na figura II.2.16.

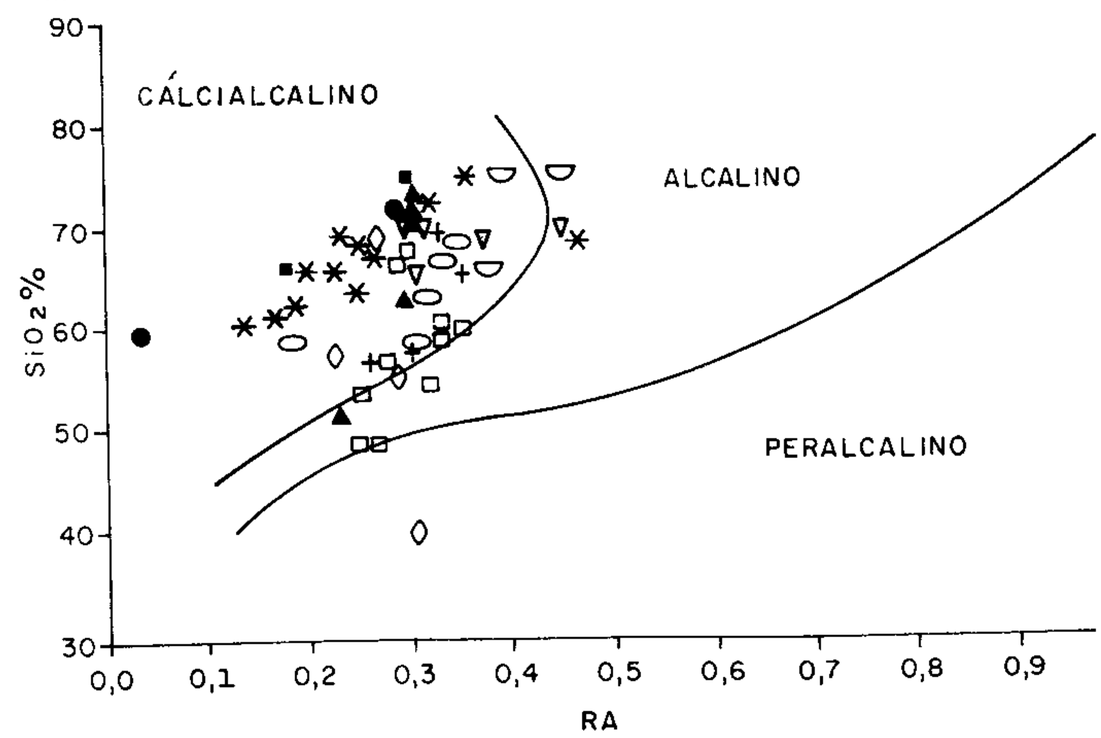
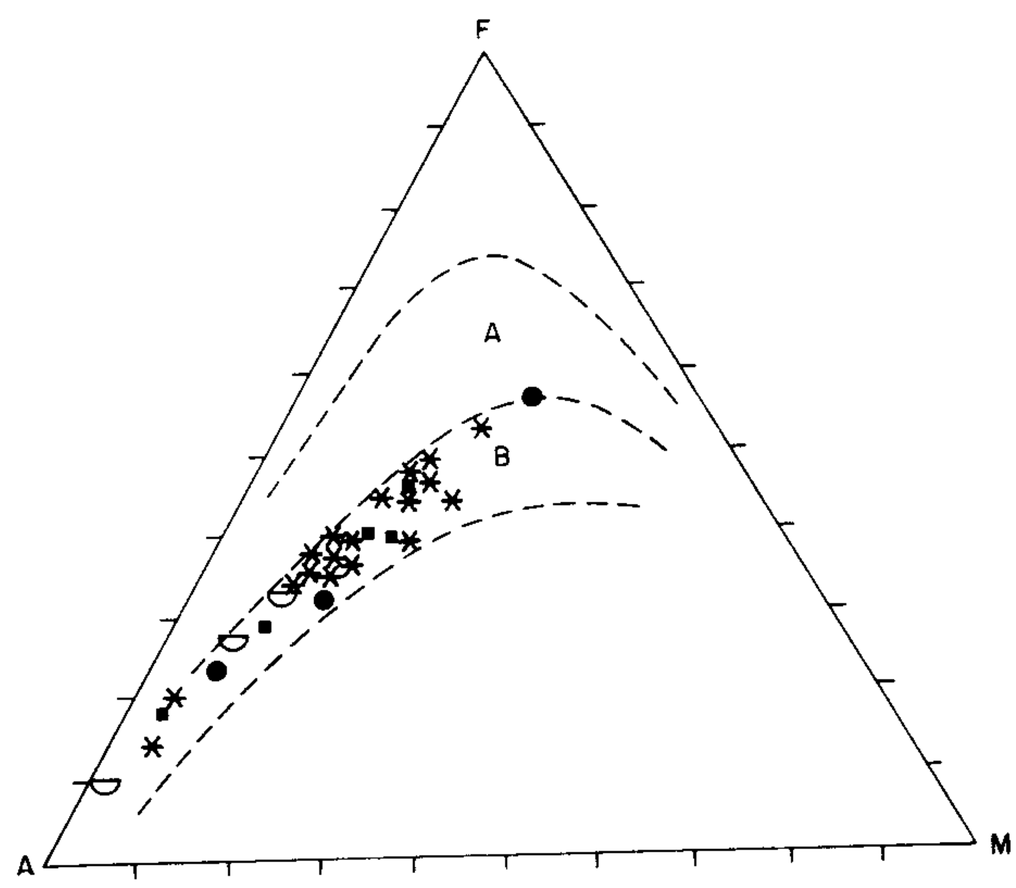


Figura II.2.22 – Diagrama de Wright (1969) mostrando o caráter de alcalinidade das rochas plutônicas da Folha Piúma. Simbologia como na figura II.2.16.

As curvas das duas amostras da Unidade Pγ1b (figura II.2.30b) são bastante semelhantes no ramo das terras-raras leves, tornando-se dissimilares a partir do Eu. Observa-se, então, um maior fracionamento das TRP na amostra WL-11B em relação à HR-299. Aquela apresenta, inclusive, anomalia negativa de Yb. As razões TRL/TRP são de 2,91 (HR-299) e 7,87 (WL-11B), enquanto La/Yb é de 10,7 na primeira e 58,88 na segunda. Os somatórios de terras-raras são semelhantes (109,82 e 124,28), a razão Yb/La é <0,15, o teor de CaO <2 e o ID >80 ou seja, todos valores característicos de granitóides transicionais. Só a anomalia de Eu (<0,70) indica caráter crustal (segundo Shen Jili *et al.*, 1985).



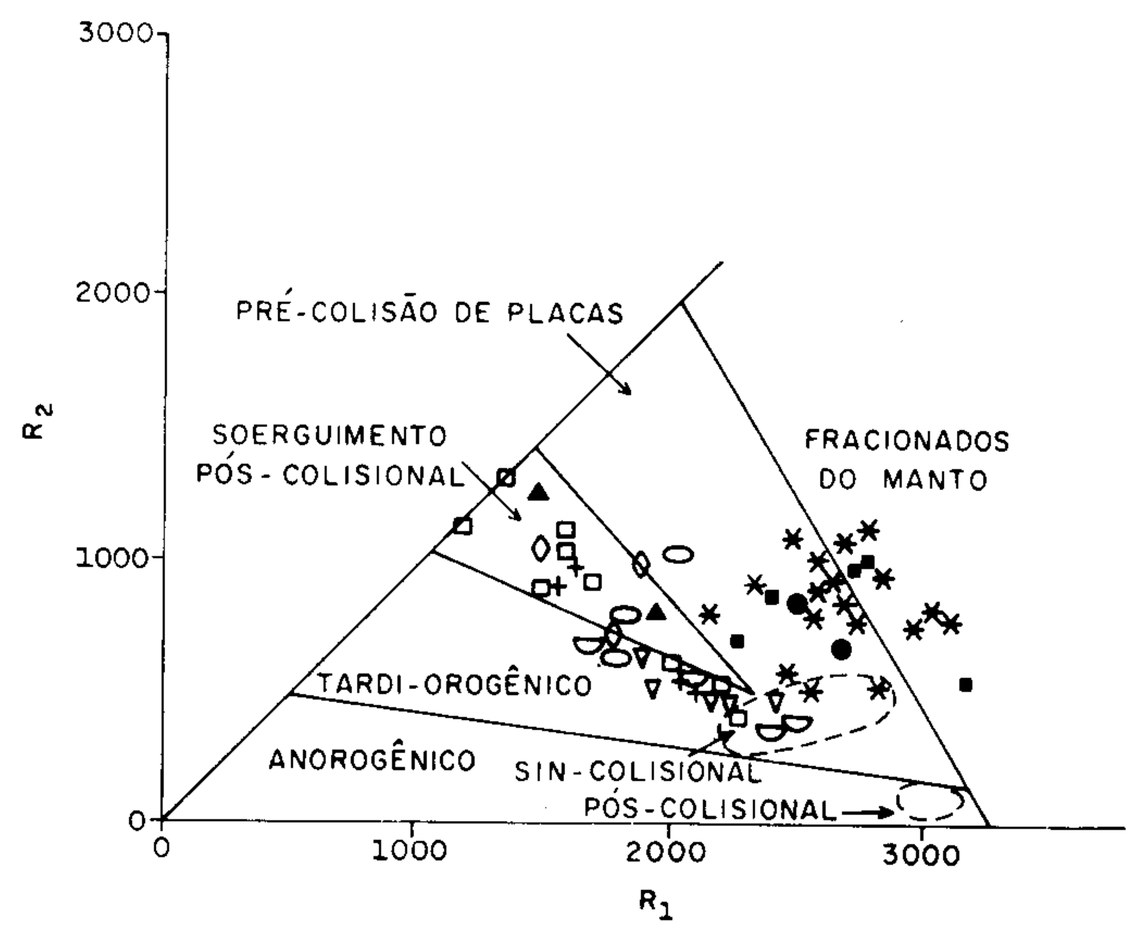


Figura II.2.24 – Diagrama R1xR2 de La Roche (1980) com indicação dos domínios tectônicos segundo Batchelor & Bowden (1985). Símbolos como na figura II.2.16.

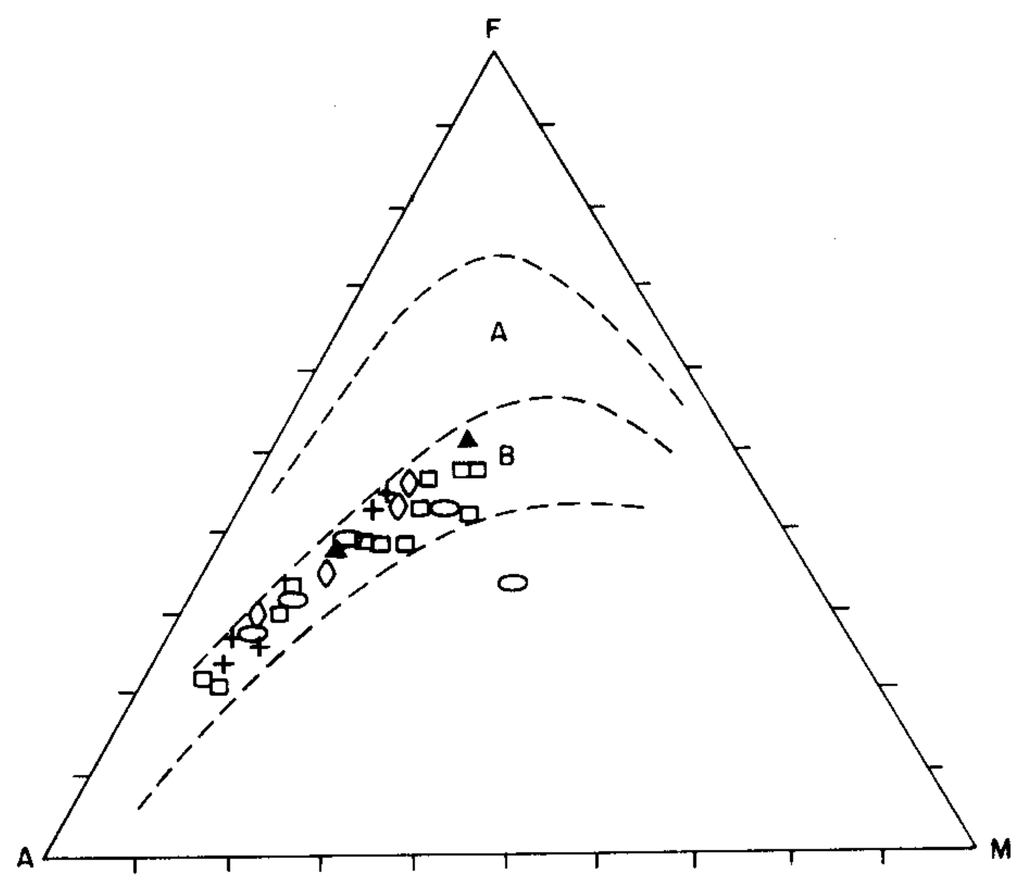


Figura II.2.23a – Diagrama AFM com os campos segundo Kuno (1968), com a distribuição dos granitóides sin- a tardi-tangencias. Símbolos como na figura II.2.16. **Figura II.2.23b** – Diagrama AFM com os campos segundo Kuno (1968), com a distribuição dos granitóides tardi- a pós-transcorrentes. Símbolos como na figura II.2.16.

Como as relações de campo e química de óxidos maiores induzem a considerar este granitóide como mantélico, novamente a explicação para as fortes anomalias de Eu seria através de contaminação por material crustal, porém em grau muito menor.

As curvas da Unidade Pγlc (figura II.2.30c) também apresentam relativa homogeneidade, exceto a da amostra HR-652A que se mostra bastante enriquecida em terras-raras leves, com razões TRL/TRP = 13,11, La/Yb = 91,54, Yb/La = 0,01, anomalia de Eu = 0,38 e somatório de TR = 672,13ppm.

No conjunto restante há um leve enriquecimento das TRL em relação às TRP (razão TRL/TRP entre 2,47 e 6,30 e razão La/Yb entre 8,7 e 39,54). Estas razões, bem como as de Yb/La (entre 0,025 e 0,12), somatório de TR (entre 84,52 e 246,04), alto CaO (entre 2,4 e 4,8%), baixo ID (entre 60,76 e 83,53), indicam, segundo Shen Jili *et al.* (1985), granitóides do tipo transicional. Apenas as anomalias de Eu (0,66–1,45) apontam origem crustal. A presença de abundante granada explicaria o enriquecimento observado no ramo das TRP.

As observações de campo, petrográficas e químicas indicam granitóides gerados através de refusão crustal de material aluminoso. Assim, as características transicionais demonstradas pelos elementos terras-raras poderiam ser herdadas através de contaminação (Ague & Brimhall, *op.cit.*); ou seja, durante a geração desses litótipos através da fusão de material crustal em episódio sin-colisional, teria havido contaminação por material de crosta inferior ou mesmo mantélico.

No conjunto de curvas da Unidade Pγgl (figuras II.2.30d e 30e) destaca-se sobremaneira a da amostra HR-604, cujo elevado somatório de TR (550,15ppm) aliado ao alto teor em Th (88ppm) deve estar relacionado à presença de allanita (confirmada em lâmina) e/ou monazita.

As outras curvas são bastante homogêneas, principalmente entre os gnaisses granulíticos e tonalíticos associados, que têm o mesmo padrão.

Essas rochas são caracterizadas por uma concentração total não muito variável de elementos terras-raras (somatório de TR varia de 71 a 190ppm) e por um padrão moderadamente fracionado (La/Yb entre 7,74 e 50,28 e TRL/TRP entre 2,42 e 7,95).

Os valores de anomalia de európio são bastante variáveis, indo de 0,53 até 1,33. Em geral estas anomalias não se correlacionam com SiO_2 nem com somatório de TR.

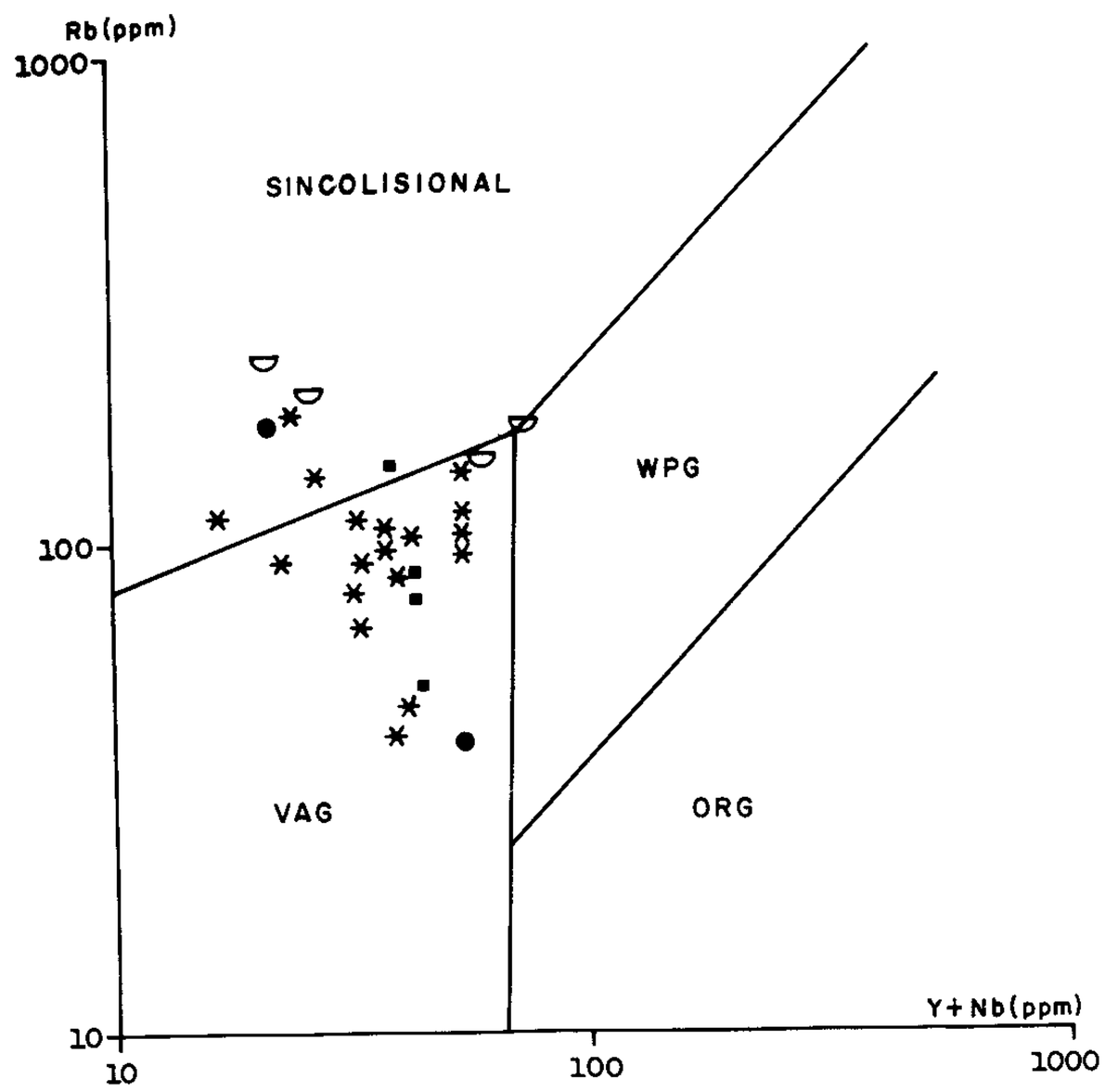


Figura II.2.25 – Diagrama discriminante de Pearce *et. al.* (1984) com indicação dos domínios tectônicos das rochas plutônicas da Folha Piúma. Símbolos como na figura II.2.16.

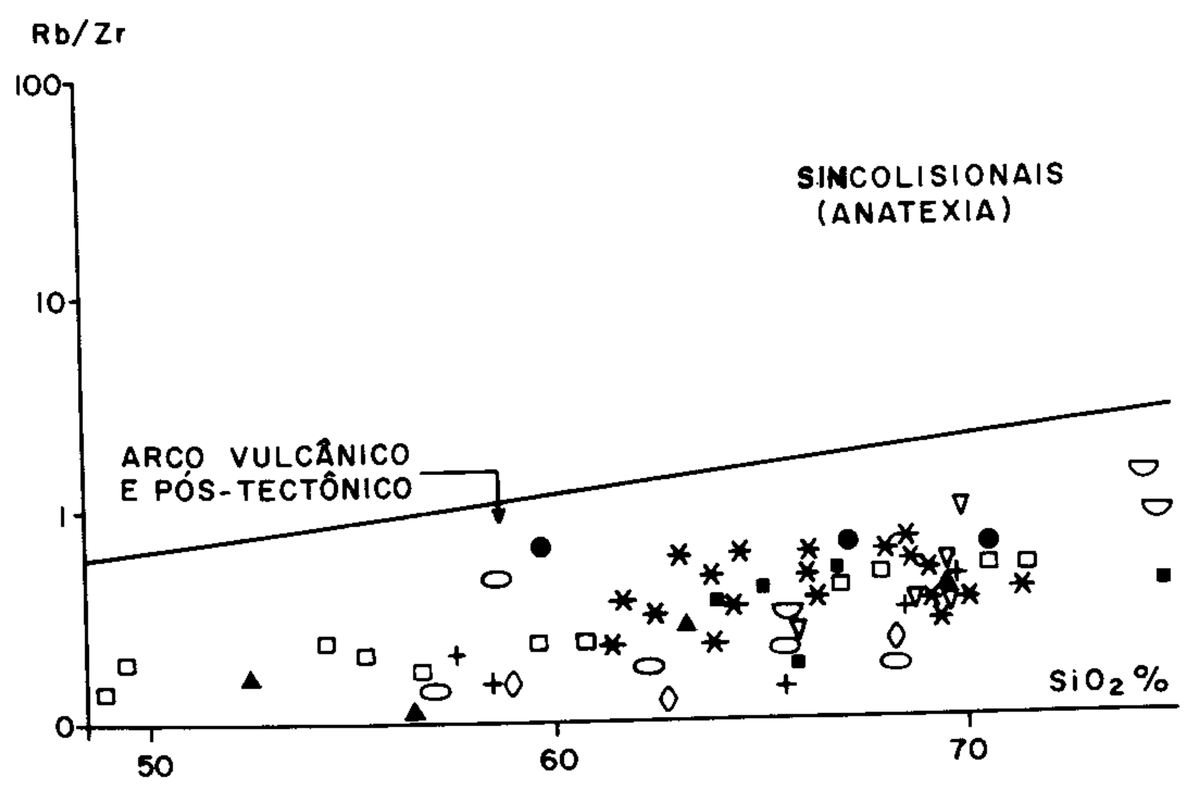


Figura II.2.26 – Diagrama discriminante de Harris *et. al.* (1986) com indicação dos domínios tectônicos das rochas plutônicas da Folha Piúma. Símbolos como na figura II.2.16.

Parece haver uma razoável correlação positiva com CaO e negativa com ID.

Segundo Weaver (1980; *in* Sluitner *et al.*, 1989) uma variação consistente dos elementos terras-raras dentro de um litótipo significa fonte extremamente heterogênea (tanto química quanto mineralógica ou física) ou fontes completamente distintas.

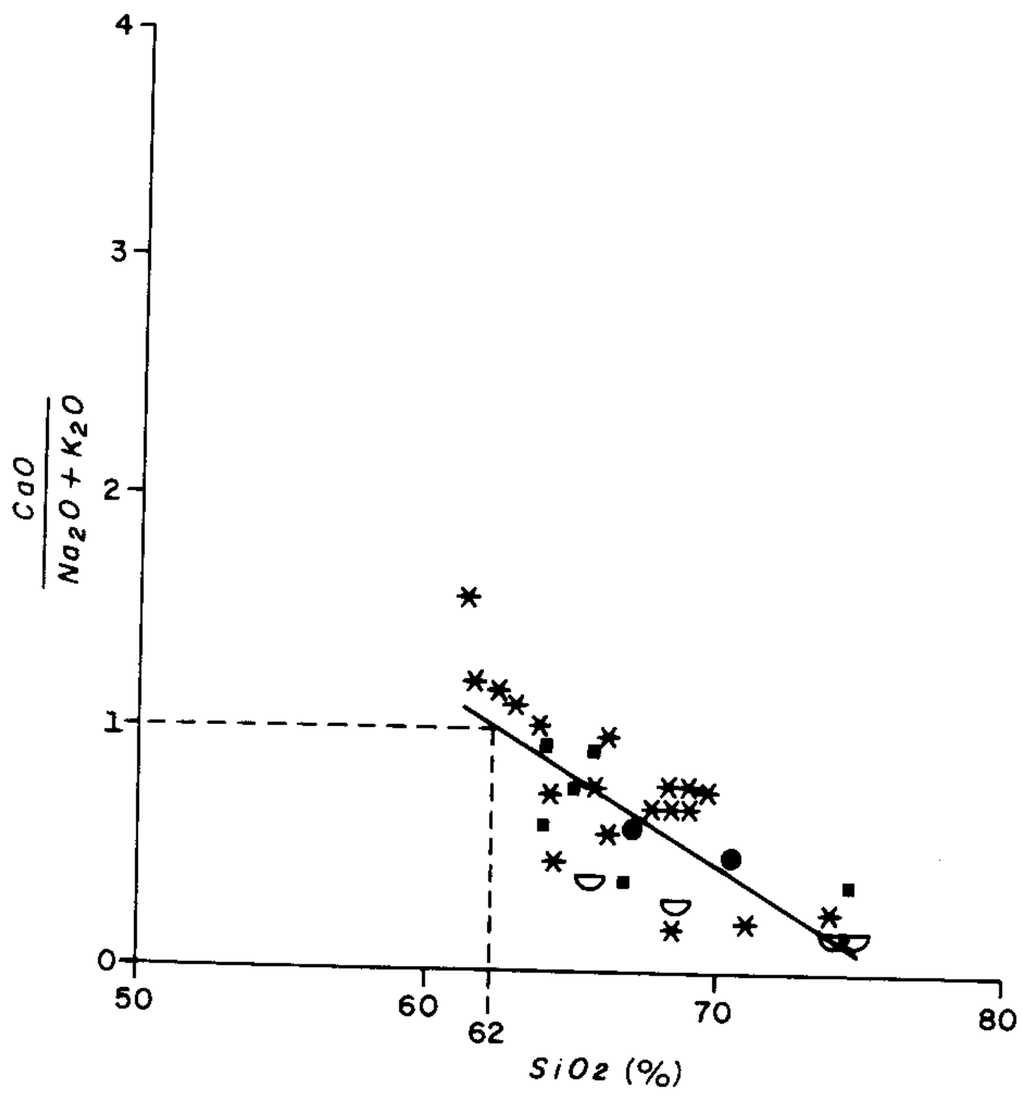
Comparando-se as curvas das figuras II.2.30d e 30e, nota-se que elas têm o mesmo padrão, o que demonstra comportamento semelhante em relação aos elementos terras-raras. Este fato, associado à observação de outros dados litoquímicos, sugere que os gnaisses granulíticos e os gnaisses tonalíticos associados foram originados a partir da mesma rocha fonte, que deve ter tido composição heterogênea. De acordo com Sluitner *et al.* (*op. cit.*) a falta de correlação entre o grau metamórfico e os teores de terras-raras implica uma mudança mais ou menos isoquímica do grau anfibolito para o granulítico. Esta mudança é provocada pela composição variável dos fluidos aquosos, ricos em CO_2, que circulam durante o metamorfismo sem modificar as heterogeneidades preexistentes na rocha-mãe. Isto porque, dependendo da razão CO_2/H_2O do fluido percolante durante o metamorfismo, são geradas rochas tanto de grau anfibolito quanto granulito, permanecendo a mesma química mas diferentes composições petrológicas.

b) Intrusivas tardi a pós-transcorrentes

Foram analisadas quimicamente cinco amostras do Maciço Rio Novo do Sul (∈γ3rns), quatro da porção sul do Maciço Iconha (∈γ3ic) e cinco da porção norte, denominada, no campo, de corpo Alfredo Chaves. Foram utilizadas também 12 amostras do maciço Iconha, cujas análises foram compiladas de Offman & Weber-Diefenbach (1989). Os resultados analíticos com as respectivas composições normativas são apresentados na tabela II.2.21.

As rochas que compõem os granitóides tardi- a pós-transcorrentes têm tendência monzodiorítica até granítica, com teores de SiO_2 variando de 48 a 72%, álcalis entre 6 e 9% e razão K_2O/Na_2O entre 0,6 e 2,5. O índice de diferenciação (ID) varia de 48 a 88, o índice de ferro de 51 a 87, a razão de feldspato de 42 a 78, a composição normativa do plagioclásio de 18 a 46 e o índice de coloração de 5 a 28.

Composicionalmente plotam-se no campo do monzodiorito, monzonito, quartzo-monzodiorito, quartzo-monzonito, adamelito e granito, no diagrama Q-P (figura II.2.20) de Debon & Le Fort (1983); seguem os *trends* calcialcalino-monzonítico (alto K) e de granitóides aluminosos de províncias alcalinas no diagrama Q-A-P normativo (figura II.2.19) de Streckeisen (1976) com os campos de Lameyre & Bowden (1982). São rochas metaluminosas (figura II.2.21) e calcialcalinas a alcalinas (figura II.2.22), plotando-se no campo calcialcalino no



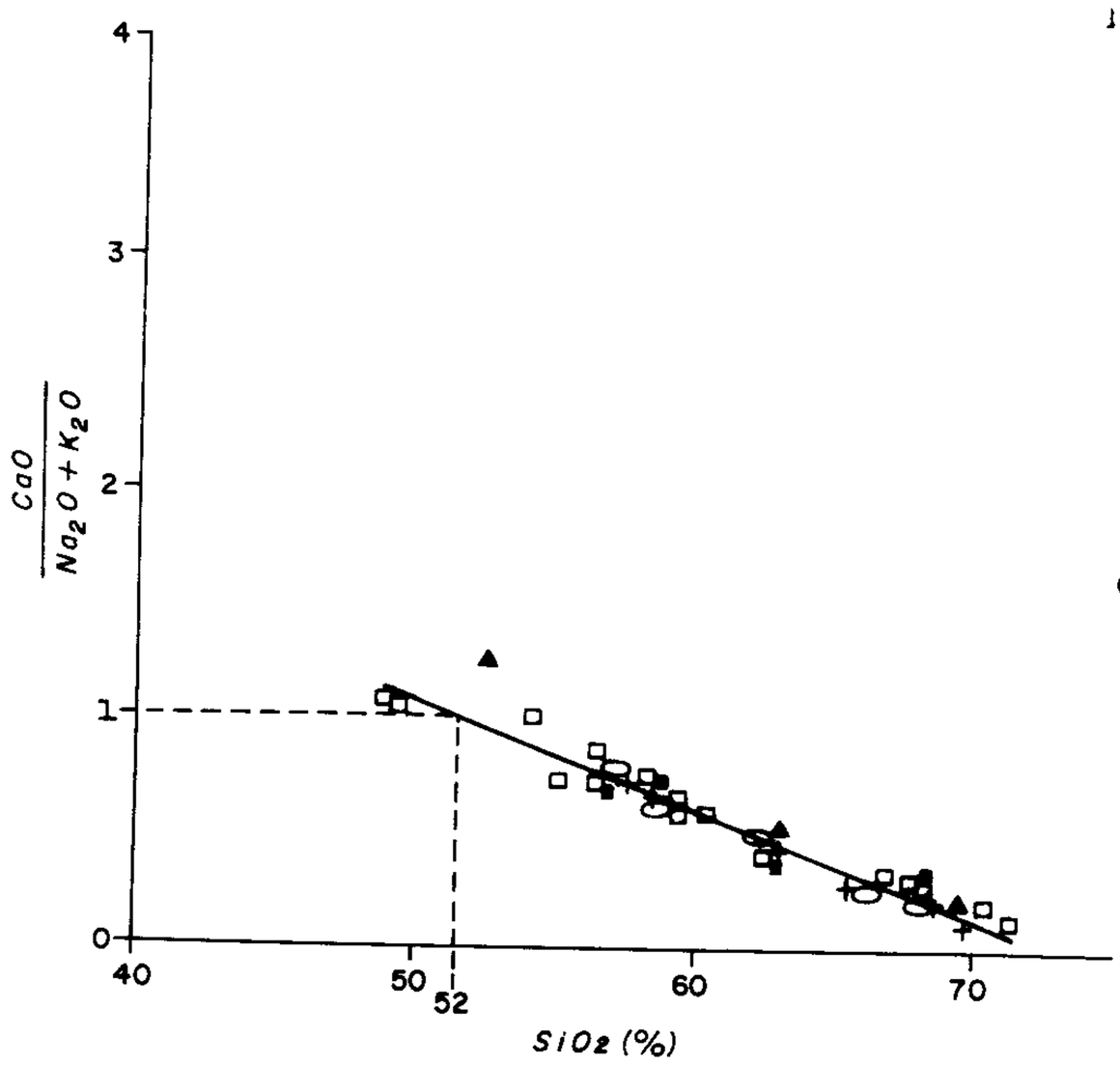


Figura II.2.27a – Diagrama de Petro (1983) indicando ambiente compressivo (índice = 62) para os granitóides sin a tarditangenciais. Símbolos como na figura II.2.16. **Figura II.2.27b** – Diagrama de Petro (1983) indicando ambiente distensivo (índice = 52) para os granitóides tardi- a pós-transcorrentes. Símbolos como na figura II.2.16.

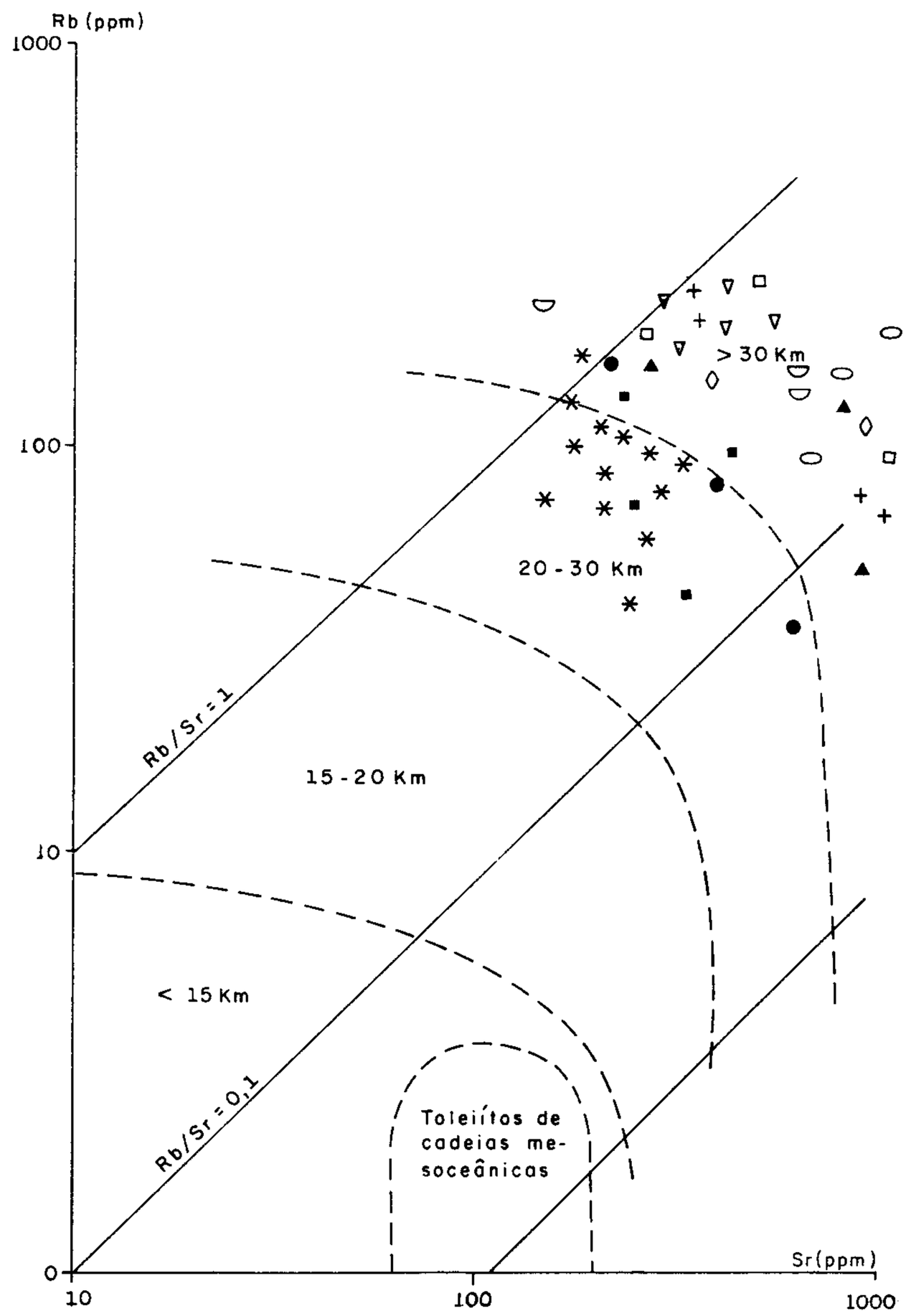


Figura II.2.28 – Diagrama de Condie (1973) relacionando os teores de Rb e Sr das rochas e a espessura e estágio de evolução da crosta. Símbolos como na figura II.2.16.

diagrama AFM (figura II.2.23b) e dispondo-se segundo o *trend* calcialcalino no diagrama KCN (figura II.2.31).

A relação F/Cl (figura II.2.32) indica granitóides de fonte tipicamente mantélica. A análise do diagrama R1 x R2 (figura II.2.24) de La Roche adaptado por Batchelor & Bowden (1985), mostra que os granitos tardi- a pós-transcorrentes plotam nos campos dos granitos sin-colisionais e de soerguimentos pós-colisionais. Este ambiente tectônico também é indicado pelo diagrama da figura II.2.25. A figura II.2.28 mostra que estes granitóides foram gerados a profundidades superiores a 30km e foram posicionados provavelmente durante uma fase de relaxamento dos esforços tectônicos ou mesmo em seus estágios finais, como indicado pelo diagrama de Petro (1983), figura II.2.27.

Através da tabela II.2.21 nota-se que o teor de Rb é inversamente proporcional ao de K. Assim, a relação K/Rb varia de 20 na porção granítica a quase 500 nas porções mais dioríticas. Segundo Hanson (1978) a diminuição desta razão em direção às rochas mais ácidas geralmente ocorre em suítes consangüíneas.

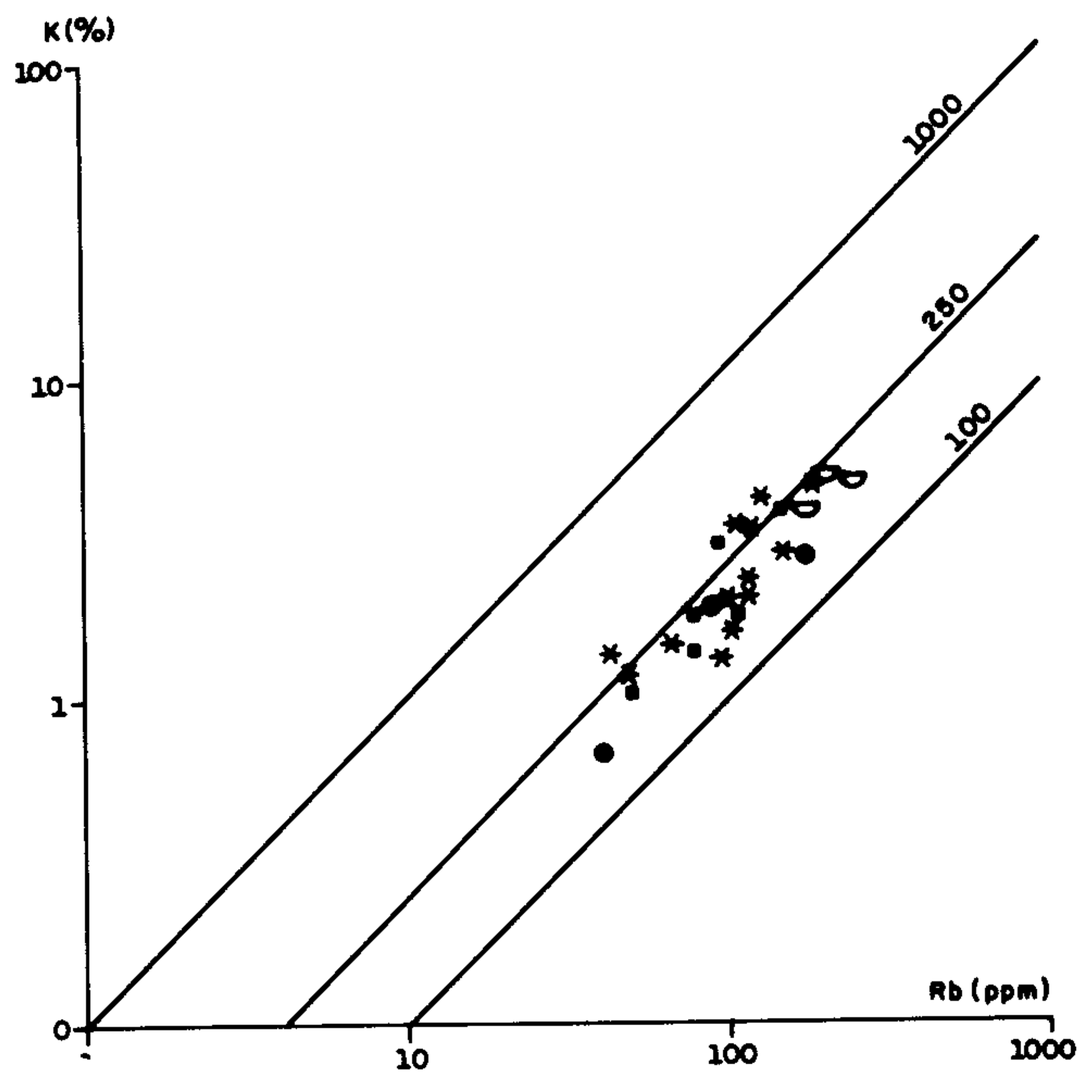


Figura II.2.29 – Diagrama de correlação K-Rb mostrando a distribuição dos granitóides sin- a tardi-tangenciais da Folha Piúma. Símbolos como na figura II.2.16.

Todas as amostras desses granitóides foram analisadas também para elementos terras-raras. Os resultados analíticos, algumas razões e alguns parâmetros estão na tabela II.2.22. As curvas estão na figura II.2.33.

O padrão extremamente similar entre as curvas sugere consangüinidade na geração dos magmas envolvidos. Há um forte enriquecimento no ramo das terras-raras leves (TRL), resultando em um padrão altamente fracionado. A razão La/Yb varia de 41 a 162 enquanto a razão TRL/TRP de 7,12 a 18,87, com média de 10,31. As anomalias de Eu variam de 0,43 a 0,90 e apresentam uma boa correlação linear com SiO_2.

A razão Yb/La, geralmente <0,15, os teores de CaO, normalmente >2%, e a maior parte dos valores de ID, <80, indicam granitos transicionais, segundo Shen Jili *et al.* (1985). Por outro lado, os valores de TR sistematicamente superiores a 210ppm (chegando a 1.084ppm na amostra HR-562), com média de 546ppm, são característicos de granitos crustais, segundo o mesmo autor. As anomalias de európio são sempre negativas, sendo aproximadamente metade entre 0,43 e 0,70 (portanto de características crustais) e a outra metade entre 0,70 e 0,90 (valores de granitos transicionais).

Assim, os padrões e parâmetros de elementos terras-raras são indicativos de granitos mantélicos, apesar do elevado somatório destes elementos e de parte das anomalias de Eu sugerirem fonte crustal. Analisando-se a tabela II.2.22 nota-se que isso ocorre principalmente devido aos altos teores dos elementos La, Ce e Nd. Revisando-se as composições mineralógicas destes granitos (tabelas II.2.15 e 16) percebe-se que eles são ricos no mineral allanita (que chega a 6% na amostra HR-130). De acordo com Henderson (1984) este mineral tem elevado coeficiente de partição (KD) para os elementos terras-raras leves, graças à sua constituição cristalográfica.

c) Intrusivas pós-transcorrentes

Foram analisadas quimicamente cinco amostras desta unidade. A tabela II.2.23 mostra os resultados analíticos.

Estes diques são constituídos por rochas dominantemente graníticas, como mostrado na figura II.2.20, onde seguem um *trend* subalcalino máfico. No diagrama Q-A-P normativo de Streckeisen (1976) plotam-se no campo dos granitóides aluminosos de províncias alcalinas (figura II.2.19).

Apresentam teores de sílica em torno de 69%, alumina em torno de 15%, baixos valores de CaO (1,5 a 2,3%) e MgO (1,7 a 2,7%), além de altos teores de K_2O (5,6 a 6,2%). A razão Na_2O/K_2O é muito baixa (0,37 a 0,6) e o índice de Shand (Al_2O_3/CaO + Na_2O + K_2O molar) é maior do que 1,0, indicando caráter peraluminoso (figura II.2.21). Já o diagrama de Wright (1969) mostra que as rochas são todas calcialcalinas (só a amostra WL-21 tem caráter alcalino) – figura II.2.22. No diagrama ACF, de Takahashi *et al.* (1980), as amostras plotam-se no campo dos granitos S (figura II.2.34). Isso ocorre devido ao caráter anomalamente aluminoso observado também na tabela II.2.23, onde todas as amostras apresentam coríndon normativo, duas delas com teores superiores a 2%. Esse quimismo só pode ser explicado por uma forte contaminação crustal do magma durante sua ascensão e posicionamento.

Este posicionamento, de acordo com os diagramas R1 x R2 (figura II.2.24) e de Harris *et al.* (1986) – figura II.2.25 – parece ter-se dado em ambiente tardi-orogênico. O diagrama de Condie (1973) indica uma espessura de crosta superior a 30km sob o arco magmático (figura II.2.35).

Nas cinco amostras também foram analisados os elementos terras-raras, cujos resultados estão na tabela II.2.24. O conjunto das curvas está na figura II.2.28).

Observa-se nesta figura que as curvas são bastante homogêneas e têm um considerável declive para a direita, indicando enriquecimento em TRL e elevado fracionamento. As razões La/Yb são extremamente elevadas, variando de 79 a 881, enquanto as razões TRL/TRP são mais homogêneas, entre 10 e 38 (com média de 27).

Todas as amostras têm anomalias negativas de európio, com valores de 0,40 a 0,52, indicativas de granitos crustais. Este tipo de fonte também é indicado pelo teor de CaO (<2%), elevado somatório de terras-raras (de 494 a 1.061ppm) e de ID (>80). Apenas a razão Yb/La < <0,15 indica tipo transicional para esses granitos.

Tabela II.2.20 – Análises e razões de elementos terras-raras das intrusivas sin- a tardi-tangenciais.

	La	Ce	Nd	Sm	Lu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Eu/Eu*	La/Yb	Yb/La	TRL/TRP	TR	SiO_2	CaO	ID	RA	Y
HR-218A	39,83	88,13	37,45	7,07	0,58	4,77	2,14	0,38	0,61	0,41	0,08	0,29	97,15	0,010	8,92	181,45	74,30	1,10	92,42	0,39	< 10
WL-167	47,40	94,09	28,58	4,28	0,91	2,40	1,63	0,33	0,89	0,74	0,11	0,79	64,05	0,020	11,25	181,36	74,90	0,93	94,46	0,45	14
WL-168	105,80	228,70	85,51	12,72	1,88	6,82	4,17	0,80	1,95	1,43	0,18	0,56	73,99	0,014	11,53	449,96	68,70	2,30	83,31	0,46	26
WL-169	127,30	271,10	103,30	16,21	2,51	9,26	5,84	1,12	2,74	2,02	0,24	0,58	63,02	0,016	10,05	541,64	65,60	2,80	77,99	0,38	39
HR-299	22,90	48,47	21,25	4,10	0,70	3,38	3,50	0,79	2,29	2,14	0,30	0,56	10,70	0,093	2,91	109,82	67,00	4,00	70,57	0,27	< 10
WL-11B	24,73	61,49	26,91	4,46	0,76	2,92	1,51	0,29	0,69	0,42	0,10	0,61	58,88	0,017	7,87	124,28	70,40	3,10	77,68	0,30	22
HR-54B	55,76	117,20	48,13	7,91	1,96	5,09	3,95	0,83	2,55	2,25	0,31	0,89	24,83	0,040	5,87	246,04	74,60	2,40	83,53	0,30	19
HR-60B	19,04	41,17	19,85	4,05	1,19	3,37	3,77	0,80	2,43	2,19	0,30	0,96	8,69	0,120	2,47	98,16	65,00	4,40	65,35	0,22	27
HR-575	38,98	65,08	33,91	6,13	1,47	4,47	4,15	0,84	2,44	2,04	0,28	0,82	19,11	0,052	4,09	159,79	63,90	4,60	60,76	0,18	23
HR-576	22,34	47,46	21,31	3,95	1,71	3,07	3,55	0,76	2,30	2,00	0,28	1,45	11,17	0,090	2,98	108,73	65,80	4,80	64,62	0,18	20
HR-602B	26,49	68,72	30,69	6,16	1,11	3,68	2,18	0,51	1,15	0,67	0,11	0,66	39,54	0,025	6,30	141,47	63,90	3,60	64,79	0,25	33
HR-619A	15,49	35,09	18,92	3,94	1,49	3,09	2,98	0,58	1,74	1,07	0,13	1,26	14,48	0,069	3,11	84,52	66,70	3,00	76,45	0,25	19
HR-652A	160,20	320,50	146,50	22,18	2,22	11,63	4,45	0,85	2,09	1,75	0,26	0,38	91,54	0,010	13,11	672,13	66,70	2,30	68,86	0,29	24
HR-54A	28,05	62,36	27,03	4,72	1,40	3,22	2,68	0,52	1,52	1,16	0,17	1,04	24,18	0,040	5,14	132,83	64,20	4,60	66,22	0,25	19
HR-54E	27,78	64,43	31,64	6,09	1,07	4,42	3,71	0,79	2,08	1,91	0,25	0,60	14,55	0,070	3,82	144,17	68,40	1,50	75,97	0,46	14
HR-60A	19,97	48,97	27,45	5,80	1,44	4,57	4,62	1,01	2,94	2,58	0,34	0,83	7,74	0,130	2,42	119,69	62,40	5,30	57,17	0,17	27
HR-83A	41,69	91,78	38,24	6,57	1,41	4,22	2,91	0,53	1,48	0,93	0,13	0,77	44,83	0,022	7,16	189,89	63,70	4,80	60,41	0,20	16
HR-407	22,66	51,53	24,24	4,47	0,97	3,33	3,15	0,69	2,03	1,76	0,25	0,74	12,88	0,078	3,45	115,08	63,00	5,20	56,22	0,19	13
HR-409	16,35	44,61	19,54	3,70	0,92	2,42	1,85	0,36	0,87	0,63	0,10	0,88	25,95	0,039	5,25	91,35	66,10	4,70	63,39	0,20	28
HR-488	19,20	48,96	23,00	4,72	1,00	3,51	3,41	0,81	2,04	1,62	0,21	0,72	11,85	0,084	3,12	108,48	63,70	5,10	59,71	0,20	37
HR-624A	36,25	81,86	37,93	7,40	1,58	5,66	5,51	1,14	3,08	2,74	0,37	0,72	13,23	0,076	3,39	183,52	61,30	5,80	50,78	0,14	40
HR-790	37,91	87,49	37,85	6,38	1,02	4,14	3,34	0,64	1,61	1,36	0,16	0,57	27,88	0,036	5,99	181,90	66,00	4,10	65,53	0,23	14
HR-798	23,13	55,34	24,42	3,74	1,05	2,43	1,66	0,29	0,54	0,46	0,07	1,00	50,28	0,020	7,95	113,13	64,40	3,60	70,84	0,25	14
*	23,93	60,91	24,51	6,77	1,43	7,37	nd	1,06	2,49	2,60	0,42	0,62	9,20	0,109	< 2,83	> 131,49	61,64	5,91	54,63	0,20	40
**	18,54	33,37	15,01	2,58	1,05	3,23	nd	0,52	1,14	1,26	0,23	1,11	14,71	0,068	< 3,64	> 76,93	68,01	4,24	70,02	0,26	26
HR-54C	20,10	42,65	18,25	3,16	1,17	2,00	1,32	0,25	0,64	0,49	0,09	1,33	41,02	0,024	6,99	90,12	69,70	4,00	70,99	0,23	16
HR-83B	13,93	32,15	15,53	3,40	1,11	2,35	1,50	0,28	0,68	0,50	0,09	1,14	27,86	0,036	4,91	71,52	68,80	3,90	69,56	0,22	10
HR-604	144,60	242,00	121,90	18,88	1,58	10,76	5,93	1,05	2,25	1,05	0,15	0,31	137,71	0,007	11,22	550,15	69,20	3,50	72,57	0,25	29
HR-612A	22,96	55,66	26,91	5,17	1,36	3,79	3,02	0,55	1,65	1,03	0,16	0,90	22,29	0,045	4,34	122,26	66,20	3,70	69,89	0,24	23
HR-767	18,18	43,99	21,33	4,38	0,70	3,54	2,83	0,52	1,18	1,20	0,15	0,53	15,15	0,066	3,74	98,00	73,90	2,00	85,79	0,36	< 10
HR-777	16,27	38,50	20,90	4,62	0,88	3,77	2,71	0,44	0,67	0,58	0,07	0,63	28,05	0,036	4,26	89,41	71,20	1,90	84,98	0,32	12
***	35,49	69,39	32,89	8,16	1,49	7,57	nd	0,86	1,87	1,89	0,38	0,57	18,78	0,053	4,19	159,99	68,60	4,75	66,67	0,26	37
****	18,75	38,22	16,44	3,53	1,14	3,56	nd	0,42	1,02	1,08	0,20	0,97	17,36	0,058	4,28	84,36	69,14	3,96	70,12	0,24	29

* Média de 20 amostras de granulitos charnoenderbíticos intermediários.

** Média de 23 amostras de granulitos charnoenderbíticos ácidos.

*** Média de 8 amostras de gnaisses anfibolíticos intermediários.

**** Média de 15 amostras de gnaisses anfibolíticos ácidos compilados de Sluitner *et al.* (1989).

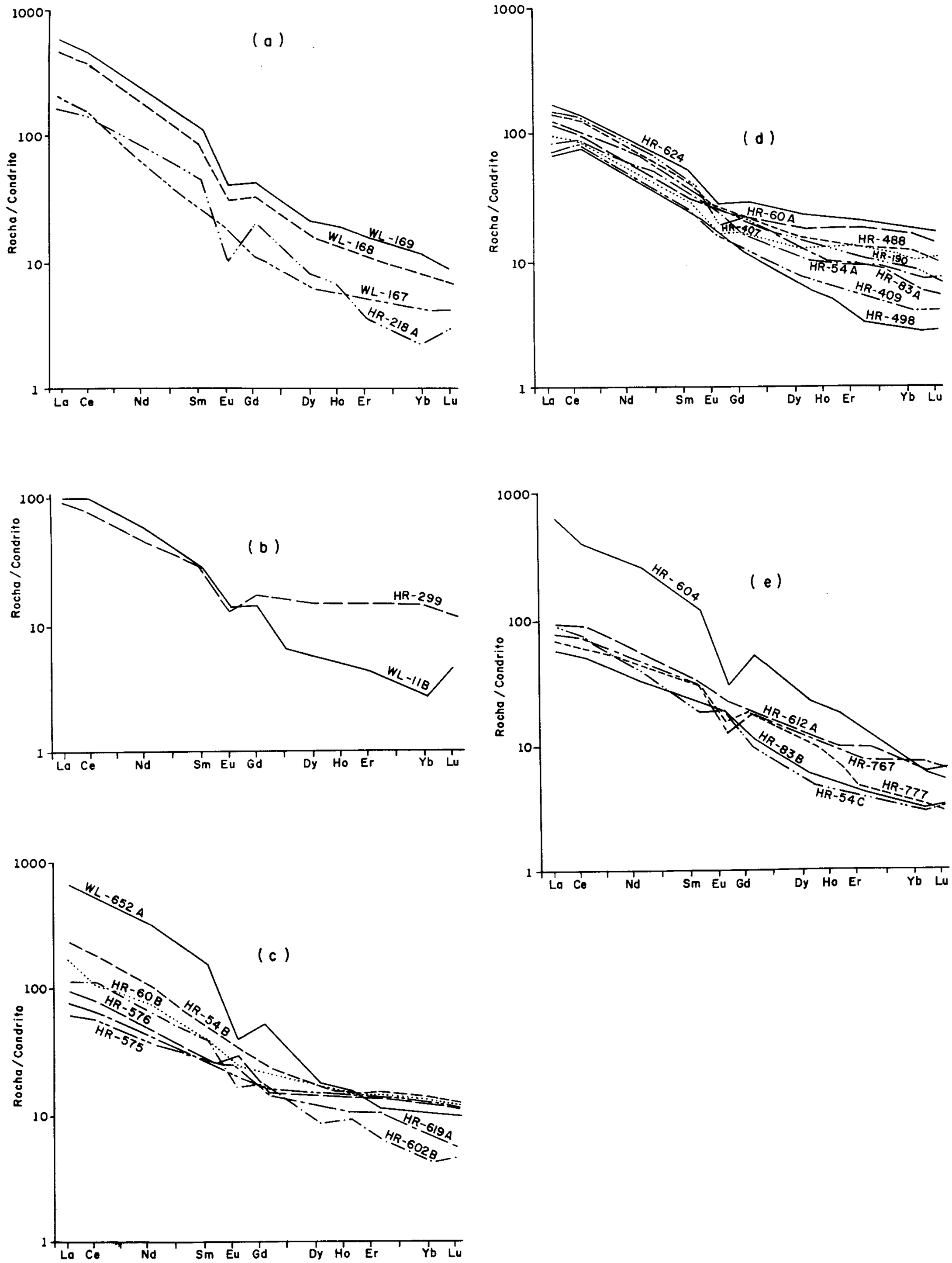


Figura II.2.30 – Distribuição dos elementos terras-raras nas intrusivas sin- a tardi-tangenciais da Folha Piúma.

Tabela II.2.21 – Análises químicas e norma CIPW das intrusivas tardi-a pós-transcorrentes.

Tipo	∈γ3ic (corpo norte)					∈γ3ic (corpo sul)				∈γ3ms				
	HR-130	HR-312	HR-316	HR-416	HR-562	HR-138	HR-139	HR-140	HR-414	HR-200	HR-325	HR-326	HR-453	HR-454
SiO_2	57,50	68,50	58,40	69,70	65,50	58,50	68,20	56,50	62,60	62,30	57,00	58,50	68,20	65,60
Al_2O_3	14,90	14,10	15,10	14,20	15,60	15,20	13,80	15,20	14,20	13,80	14,10	13,90	14,50	14,20
Fe_2O_3	5,70	1,80	3,70	0,87	1,90	4,20	2,70	4,30	3,50	4,90	4,00	2,20	2,00	2,30
FeO	2,80	2,00	4,30	2,60	2,00	3,80	1,60	3,80	2,80	2,40	4,40	4,40	1,80	2,60
MnO	0,14	0,07	0,14	0,05	0,06	0,14	0,07	0,13	0,10	0,10	0,14	0,17	0,05	0,09
MgO	2,30	0,77	2,30	0,80	1,10	2,70	0,86	2,70	1,70	1,80	3,50	6,20	0,93	1,30
CaO	5,00	2,00	4,80	1,40	2,60	4,80	2,20	5,30	3,60	4,00	5,40	4,00	2,20	2,70
Na_2O	2,90	2,70	3,30	2,80	3,50	2,50	2,30	3,20	2,90	3,00	3,30	1,90	3,10	3,10
K_2O	3,80	5,90	3,90	5,90	4,80	3,70	5,70	3,70	4,90	4,30	3,30	4,20	4,90	5,20
TiO_2	2,00	0,69	2,00	0,68	0,90	1,80	0,53	2,10	1,60	1,70	2,10	1,70	0,97	1,20
P_2O_5	1,10	0,23	0,95	0,25	0,26	0,96	0,35	1,00	0,69	0,73	1,20	0,95	0,30	0,45
S	0,047	0,009	0,047	0,057	0,033	0,076	0,027	0,084	0,052	0,066	0,042	0,057	0,062	0,055
CO_2	0,60	0,55	0,30	0,15	0,80	0,55	0,95	0,85	0,25	0,15	0,55	0,30	0,30	0,40
H_2O+	0,80	0,40	0,27	0,24	0,35	0,63	0,41	0,47	0,51	0,13	0,38	0,57	0,24	0,16
H_2O-	0,08	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,08	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04	0,05
Total	99,59	99,72	99,51	99,70	99,40	99,56	99,70	99,33	99,40	99,38	99,41	99,05	99,55	99,35
Q	14,29	25,11	12,96	26,20	20,22	17,11	27,53	11,30	19,07	19,35	11,88	14,83	26,37	21,19
OR	22,79	35,11	23,23	35,06	28,64	22,13	33,95	22,14	29,30	25,65	19,70	25,21	29,16	30,98
AB	24,89	23,00	28,14	23,82	29,90	21,40	19,61	27,41	24,82	25,62	28,21	16,32	26,41	26,44
AN	16,65	8,47	14,99	5,34	11,30	17,74	8,69	16,38	11,39	11,60	14,06	13,85	9,01	9,55
C	–	0,19	–	1,27	0,55	0,66	0,69	–	–	–	–	1,25	0,82	–
DI	0,98	–	2,21	–	–	–	–	2,88	1,67	2,91	4,05	–	–	0,78
HY	8,10	3,09	6,90	4,92	3,42	9,68	3,73	7,19	4,17	4,94	9,34	19,33	2,34	3,83
MT	5,15	2,63	5,12	1,27	2,78	4,84	2,97	5,28	4,55	4,68	5,27	3,24	2,92	3,36
IL	3,85	1,32	3,83	1,30	1,73	3,46	1,02	4,04	3,07	3,26	4,03	3,28	1,86	2,30
AP	2,64	0,55	2,27	0,60	0,62	2,30	0,84	2,40	1,65	1,75	2,87	2,29	0,72	1,07
PR	0,089	0,017	0,089	0,107	0,062	0,144	0,051	0,159	0,098	0,125	0,079	0,108	0,117	0,104
Cu	14	13	22	25	3	<2	7	10	10	13	25	19	19	22
Pb	65	42	34	261	74	82	74	65	65	11	404	67	623	101
Zn	148	118	177	993	112	76	83	162	148	117	243	160	531	154
Li	18	14	52	9	15	15	18	18	22	20	42	85	14	24
Co	23	<5	20	9	6	27	5	28	114	13	24	34	9	14
Cr	20	7	38	33	12	26	<5	30	10	12	94	440	18	21
Ni	22	5	26	18	8	29	<5	29	10	26	36	180	18	26
V	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	174	nd	nd	nd	nd
Y	54	10	39	26	26	46	32	44	38	42	44	54	30	46
Nb	36	<20	22	<20	24	56	20	40	29	48	24	43	<20	24
Be	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	nd	<2	<2	<2	<2
Ga	28	13	34	25	23	26	16	32	28	nd	36	32	21	29
Ba	2290	2090	3250	1690	3040	2590	1420	2670	2810	3250	2680	5880	2490	3170
Sr	950	450	1050	400	840	1270	380	1230	900	690	1070	1080	770	740
Rb	84	200	77	210	130	100	170	78	120	110	100	220	170	170
Zr	380	600	490	480	910	600	650	700	940	540	610	450	820	770
Cl	1100	370	630	410	450	940	390	990	680	490	770	670	330	380
Th	<15	38	<15	37	<15	<15	39	43	<15	<15	<15	<15	42	22
U	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	<1	1	2	2	<1	<1	2
F	2200	1700	1800	1700	2700	2100	1300	2400	2800	3200	3800	3500	1500	2800

Novamente, além da forte contaminação crustal, esses valores podem ser explicados pela presença do mineral allanita, abundante nessas rochas.

2.4 Grupo Barreiras – Tb

As rochas do Grupo Barreiras ocorrem no litoral, principalmente entre Anchieta e Guarapari, onde são mais expressivas, próximo a Piúma e entre Itaputanga e Itaoca. A distribuição dessas rochas pode ser vista na figura II.2.36.

Apesar de estarem sendo pesquisados desde 1902, só em 1978 os sedimentos do Grupo Barreiras começaram a ser estudados mais detalhadamente, principalmente por Amador (1978, 1980 e 1982), com vistas à sua subdivisão estratigráfica.

Em trabalho realizado nessa Seqüência Continental Cenozóica, Amador (1982) percebeu somente a ocorrência da porção pleistocênica (Barreiras Superior) na região entre Guarapari e Marataízes, que é correlacionável à Formação Riacho Morno descrita no nordeste do país.

Esse autor reconheceu duas fases de deposição independentes, separadas por discordâncias internas, com uma

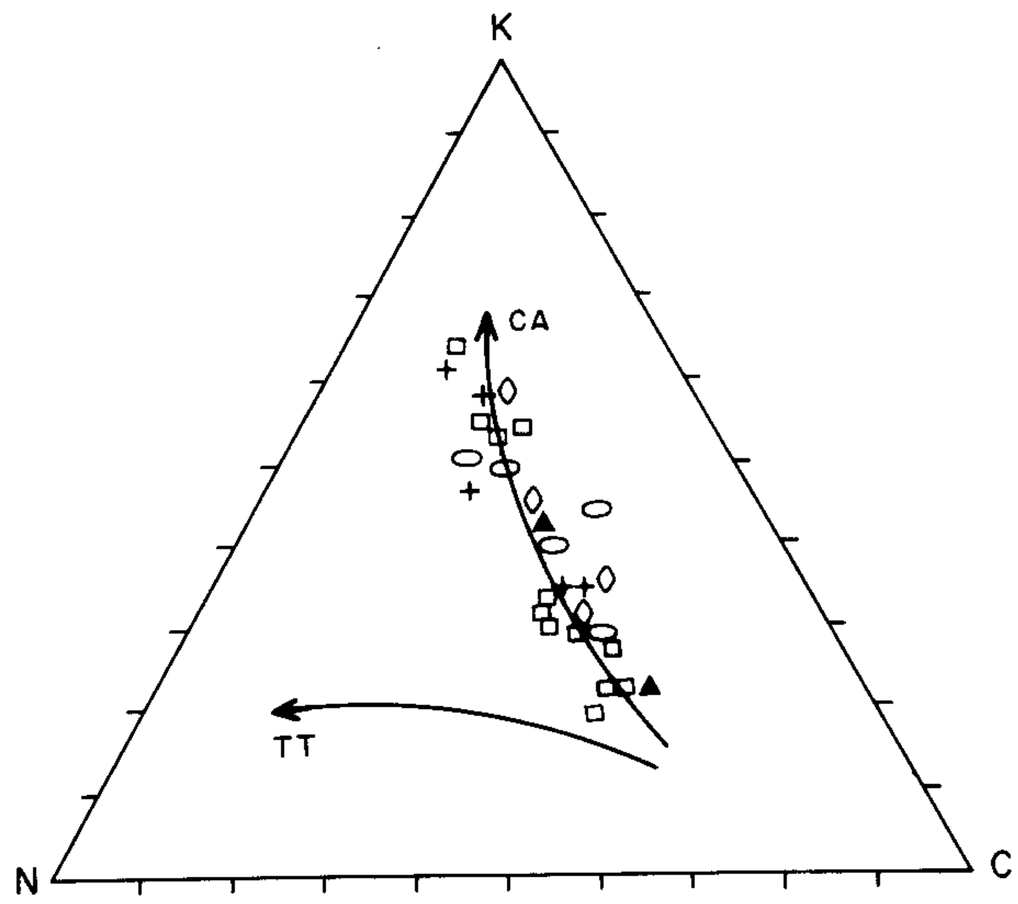


Figura II.3.31 – Diagrama K-C-N com os trends CA (calcialcalino) e TT (tonalito-trondhjemítico), segundo Condie & Hunter (1976), mostrando a distribuição dos granitóides tardi a pós-transcorrentes da Folha Piúma. Símbolos como na figura II.2.16.

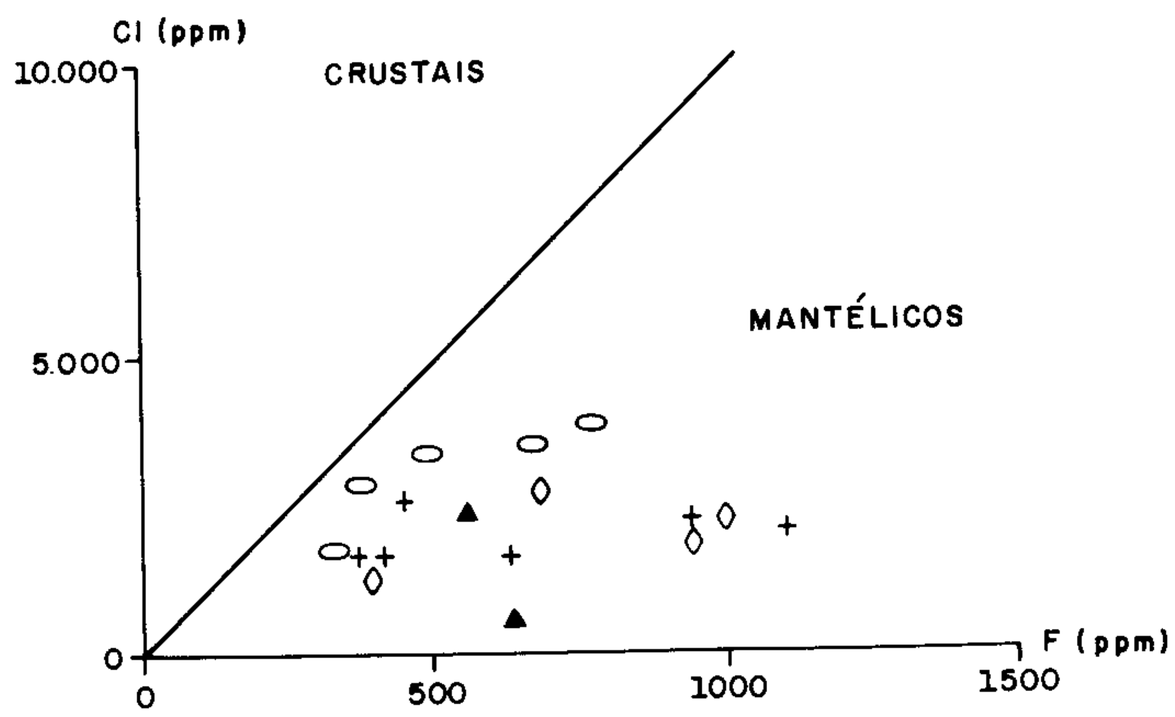


Figura II.3.32 – Diagrama F x Cl segundo Wenrong *et al.* (1985) com a disposição dos granitóides tardi- a pós-transcorrentes. Símbolos como na figura II.2.16.

espessura total que raramente ultrapassa 20m. Estas fases são diferenciadas quanto à geometria dos litossomas, associações litológicas, textura e composição mineralógica.

Na porção inferior (fase II), Amador (*op.cit.*) descreve camadas tabulares com certa regularidade lateral onde predominam sedimentos grosseiros unimodais (areias arcosianas e cascalhos) secundados por lentes de argila. O teor de feldspato atinge até 40%, sendo a média em torno de 20%. Os minerais pesados são: zircão, monazita, sillimanita, turmalina, rutilo e cianita.

Já nos sedimentos da fase I, Amador (*op.cit.*) encontrou litossomas mais irregulares, constituídos por lentes ou camadas estreitas de material predominantemente bimodal (areno-argiloso e argilo-arenoso). O feldspato é praticamente inexistente, sendo encontrado, localmente, sob a forma de caulim. A maturidade mineralógica é superior à dos sedimentos da fase II, predominando o zircão e a turmalina. A foto II.2.15 mostra um aspecto dessas duas fases.

As precipitações de material ferruginoso de coloração preta a avermelhada, que cimentam grãos de arenito, formam corpos irregulares cavernosos (foto II.2.16). Os corpos lateríticos se desenvolvem principalmente nas zonas de contato dos sedimentos areno-argilosos ou arenosos da base da fase I com as argilas do topo da fase II. Na estrada que liga a BR-101 a Marataízes, ES-487, observam-se alguns restos de lateritas, como é o caso do ponto WL-108.

A natureza do material que constitui o Grupo Barreiras evidencia um transporte curto e mais ou menos rápido, por meio de correntes incapazes de selecionar o material. A ausência de fragmentos da rocha-mãe induz à hipótese de que a rocha tenha sido totalmente intemperizada *in situ* antes de ser erodida. Os sedimentos foram depositados em planície de inundação com a formação de depósitos de sedimentos imaturos. Lagoas formadas durante o entulhamento propiciaram a formação dos níveis argilosos.

2.5 Depósitos Sedimentares – Qa/Qm

Apresentam ampla distribuição na Folha Piúma, como pode ser verificado na figura II.2.37.

– Sedimentos Aluvionares – Qa

Distribuem-se principalmente na planície costeira e são formados pelos rios que descem das partes mais elevadas, onde possuem suas cabeceiras e cujas altitudes contrastam bruscamente com a parte rebaixada, próxima ao mar. Esses rios transportam grande quantidade de material mal selecionado, que se espraia na baixada, constituindo então as extensas aluviões de grande porte que aí se encontram. O material que as constitui varia em granulometria desde cascalho, localmente matacões, até areia muito fina a argila inconsolidada. Grande parte dos rios, quando tocam a planície costeira, tornam-se senis e meandrantes. Alguns desembocam no mar, constituindo pequenos deltas e/ou estuários.

Há também poucos terraços aluviais (paleocanais) que podem ser identificados localmente, como na região de Batatal, em São Marcos, na estrada Jabaquara-Anchieta (HR-162) onde mais se destacam, e na região de Rio Clarinho. Nesses terraços há evidência de paleocorrentes, observando-se imbricamento de seixos, porém em locais de difícil acesso.

No terraço existente à margem da estrada Jabaquara-Anchieta (HR-162) são observadas estruturas sedimen-

Tabela II.2.22 – Análises e razões de elementos terras-raras das intrusivas tardi-a pós-transcorrentes

TIPO	Ꞓγ3ic (corpo norte)					Ꞓγ3ic (corpo sul)				Ꞓγ3me				
	HR-130	HR-312A	HR-316	HR-416A	HR-562	HR-138	HR-139B	HR-140	HR-414A	HR-200	HR-325	HR-326	HR-453B	HR-454
La	232,00	166,00	96,40	139,90	281,70	152,00	189,20	152,60	197,30	161,30	147,90	66,03	153,60	135,80
Ce	352,30	355,10	211,10	290,60	561,30	306,20	406,20	331,90	407,10	348,00	313,90	163,90	312,50	293,90
Nd	184,40	137,80	98,40	108,90	189,00	126,50	149,80	141,40	159,60	155,80	136,40	89,81	112,00	121,50
Sm	26,52	19,35	14,83	16,00	25,03	19,29	21,52	21,31	23,68	22,83	18,93	13,75	14,09	18,28
Eu	5,02	2,47	3,21	1,94	4,13	3,98	2,49	4,23	4,29	4,14	3,66	3,26	2,29	3,17
Gd	15,07	10,27	8,50	8,58	11,90	10,90	11,73	11,69	12,68	11,48	9,89	7,47	7,01	10,06
Dy	9,19	6,06	5,24	4,31	6,07	6,80	6,48	6,96	7,68	7,37	5,39	5,36	3,95	6,19
Ho	1,76	1,19	1,05	0,70	1,13	1,29	1,22	1,27	1,41	1,36	1,15	1,14	0,76	1,27
Er	4,04	2,81	2,48	1,50	2,62	3,09	2,81	2,98	3,45	3,07	2,64	2,91	1,61	2,81
Yb	2,54	1,79	1,47	1,05	1,74	2,13	1,61	1,87	2,41	2,03	1,64	2,28	1,07	1,82
Lu	0,33	0,23	0,19	0,14	0,23	0,28	0,23	0,25	0,31	0,23	0,23	0,29	0,17	0,24
Eu/Eu*	0,70	0,48	0,80	0,46	0,65	0,77	0,44	0,75	0,69	0,70	0,74	0,89	0,63	0,65
La/Yb	91,34	92,74	65,58	133,24	161,90	71,36	117,52	81,60	81,87	79,46	90,18	28,96	142,62	74,62
Yb/La	0,011	0,011	0,015	0,008	0,006	0,014	0,009	0,012	0,012	0,013	0,011	0,035	0,007	0,013
TRL/TRP	10,65	12,51	9,18	14,76	18,87	10,29	13,31	10,82	11,75	11,29	12,06	6,68	16,74	10,43
SOM. TR	833,17	703,09	442,87	573,62	1084,85	634,46	793,29	676,46	819,91	717,61	641,73	356,22	606,05	594,92
SiO_2	57,50	68,50	58,40	69,70	65,50	58,50	68,20	56,50	62,60	62,30	57,00	58,50	68,20	65,60
CaO	5,00	2,00	4,80	1,40	2,60	4,80	2,20	5,30	3,60	4,00	5,40	4,00	2,20	2,70
ID	61,97	83,22	64,34	85,08	78,75	60,64	81,90	60,84	60,84	70,62	59,79	56,36	81,94	78,62
RA	0,26	0,30	0,30	0,33	0,35	0,22	0,26	0,28	0,28	0,31	0,31	0,19	0,34	0,33
Y	54,00	10	39	26	26	46	32	44	38	42	44	54	30	46

Tabela II.2.23 – Análises químicas das intrusivas pós-transcorrentes – Oγ4

TIPO	HR-24	HR-179	HR-266	HR-619B	WL-21
SiO_2	69,50	65,90	69,50	68,70	69,80
Al_2O_3	14,10	15,40	14,80	15,00	15,40
Fe_2O_3	1,20	1,90	1,00	<0,10	0,80
FeO	1,70	1,80	2,40	2,70	1,80
MnO	0,05	0,04	0,05	0,03	0,05
MgO	0,54	1,40	0,69	0,63	0,59
CaO	1,50	2,30	1,30	1,80	1,60
Na_2O	2,60	3,00	2,80	3,40	2,20
K_2O	6,20	5,60	5,70	5,70	5,90
TiO_2	0,51	1,10	0,59	0,73	0,45
P_2O_5	0,24	0,29	0,15	0,16	0,09
S	0,036	0,010	<0,005	<0,005	0,013
CO_2	1,10	0,30	0,25	0,55	0,55
H_2+	0,31	0,53	0,45	0,28	0,38
H_2-	0,07	0,08	0,05	0,04	0,04
TOTAL	99,59	99,57	99,68	99,68	99,62
Cu	21	22	6	3	5
Pb	56	185	13	74	8
Zn	76	243	69	86	61
Li	11	28	51	22	29
Co	<5	7	<5	5	<5
Cr	6	26	11	<5	8
Ni	8	20	10	<5	18
Y	29	14	22	13	16
Nb	24	20	<20	<20	<20
Ga	21	37	20	36	18
Ba	1490	2160	1260	1470	1630
Sr	330	540	290	430	440
Rb	190	220	250	270	240
Zr	540	850	430	700	220
Cl	640	550	430	610	260
Th	<15	40	<15	<15	<15
U	<1	<1	<1	<1	<1
F	750	2300	2100	1400	1500

tares aluvionares como cruzadas acanaladas, *drapes* e grandes cruzadas, provavelmente constituindo barras ou diques marginais (fotos II.2.17 e 18). Torna-se difícil obter medidas suficientes, dentro de um grau de confiabilidade, para determinar a paleocorrente, por se tratar de uma área de acesso impróprio e difícil. Mesmo assim pode-se pensar em rios do tipo meandrante evidenciados pelos seus paleocanais ainda preservados. No corte do afloramento há intercalação de argilito e arenito conglomerático a conglomerado. O arenito é mal selecionado, feldspático, com restos de matéria orgânica. As cruzadas acanaladas, que são inúmeras, formam uma estrutura festonada de subdunas aquosas. O conglomerado pode ser classificado como do tipo organizado, polimíctico, com seixos de quartzo e argilito.

A área de aluviões fluviais ocupa grande extensão da faixa costeira, estendendo-se desde a cidade de Guarapari, espalhando-se mais na região de Anchieta até a BR-101, e em Itaipava, até o rio Novo, que adentra a folha contígua de Cachoeiro de Itapemirim, sempre se ramificando em direção às grandes encostas da parte serrana. Abrange uma área de cerca de 300km^2.

Todo o material carreado é depositado na planície ou é lançado ao mar através de canais fluviais como os rios Novo, Muqui do Norte, Iconha, Benevente e outros de menor porte.

– Sedimentos Litorâneos – Qm

Os sedimentos litorâneos são também muito expressivos na região e ocupam faixas consideráveis em áreas próximas à costa. Recobrem cerca de 55km^2. Geralmente as areias marinhas são bem selecionadas, ocorrendo juntamente com argila, que é trazida pelos rios que desembocam em vários pontos da costa. É constante nessas areias

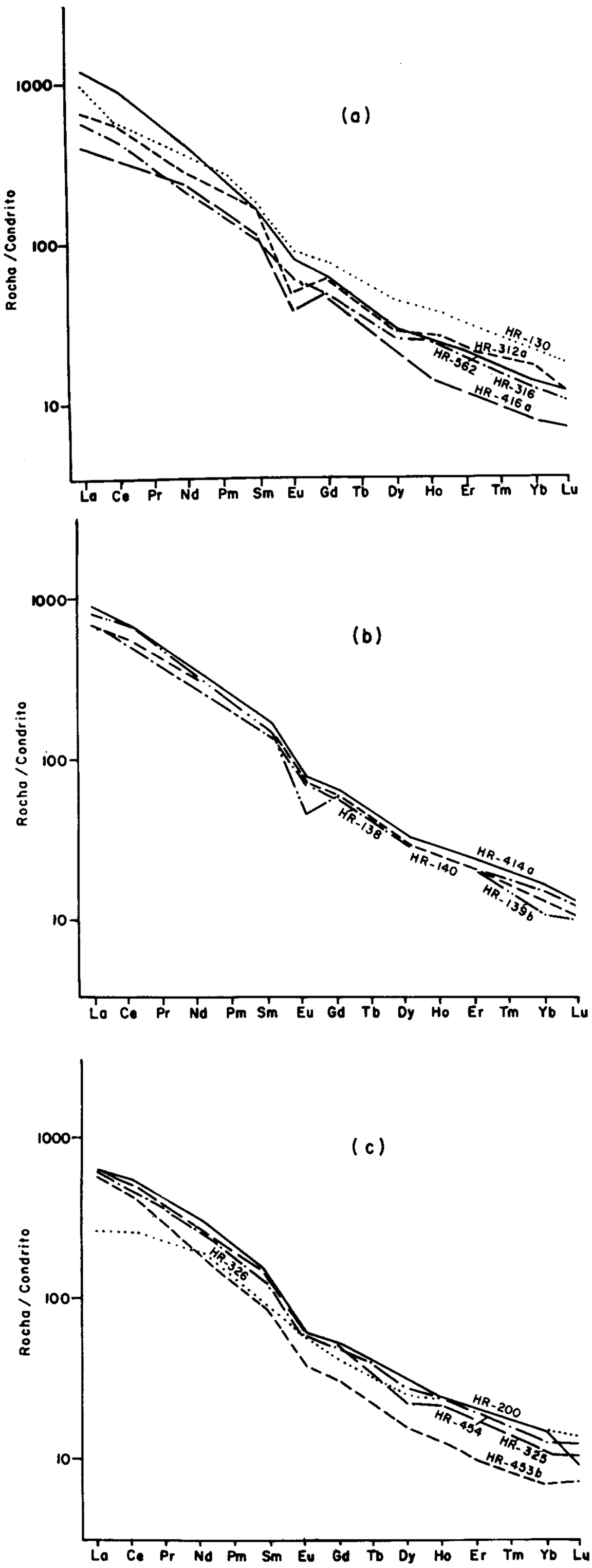


Figura II.2.33 – Distribuição dos elementos terras-raras nos granitóides tardi- a pós-transcorrentes da Folha Piúma.

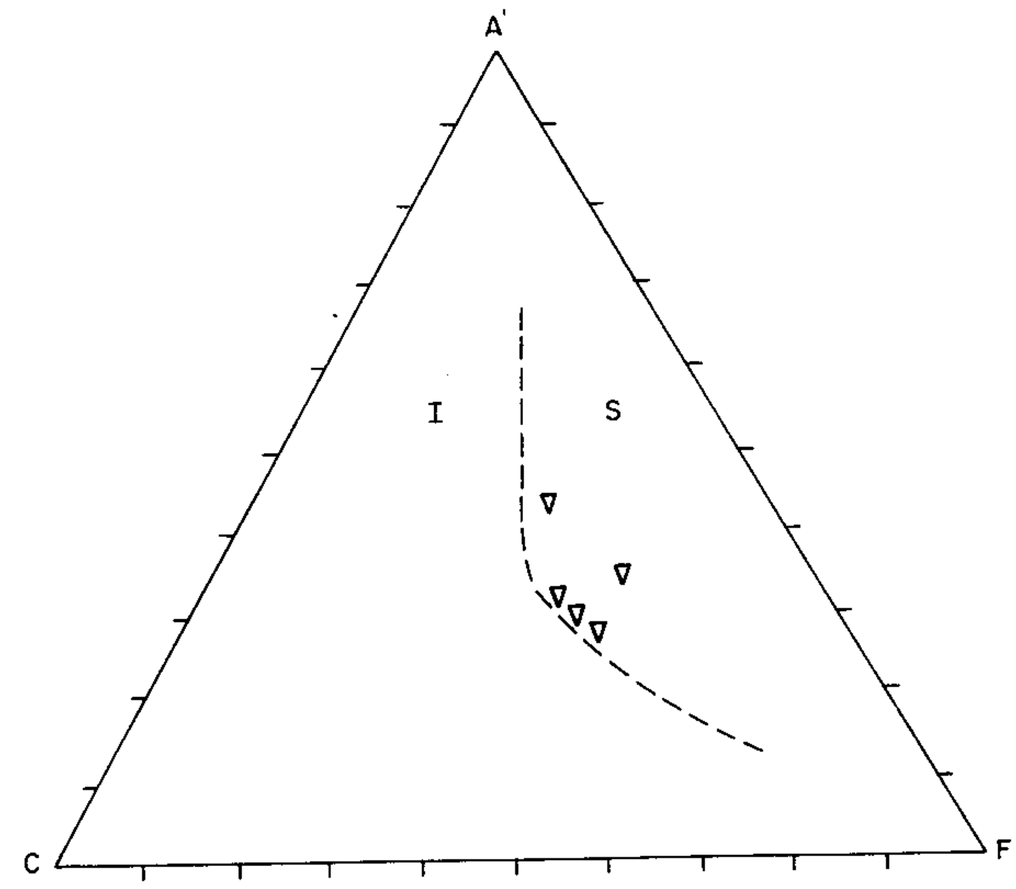


Figura II.2.34 – Diagrama ACF com o limite dos campos e I e S segundo Takahashi et. al. (1980), mostrando o posicionamento dos granitos pós-transcorrentes no domínio dos granitos S.

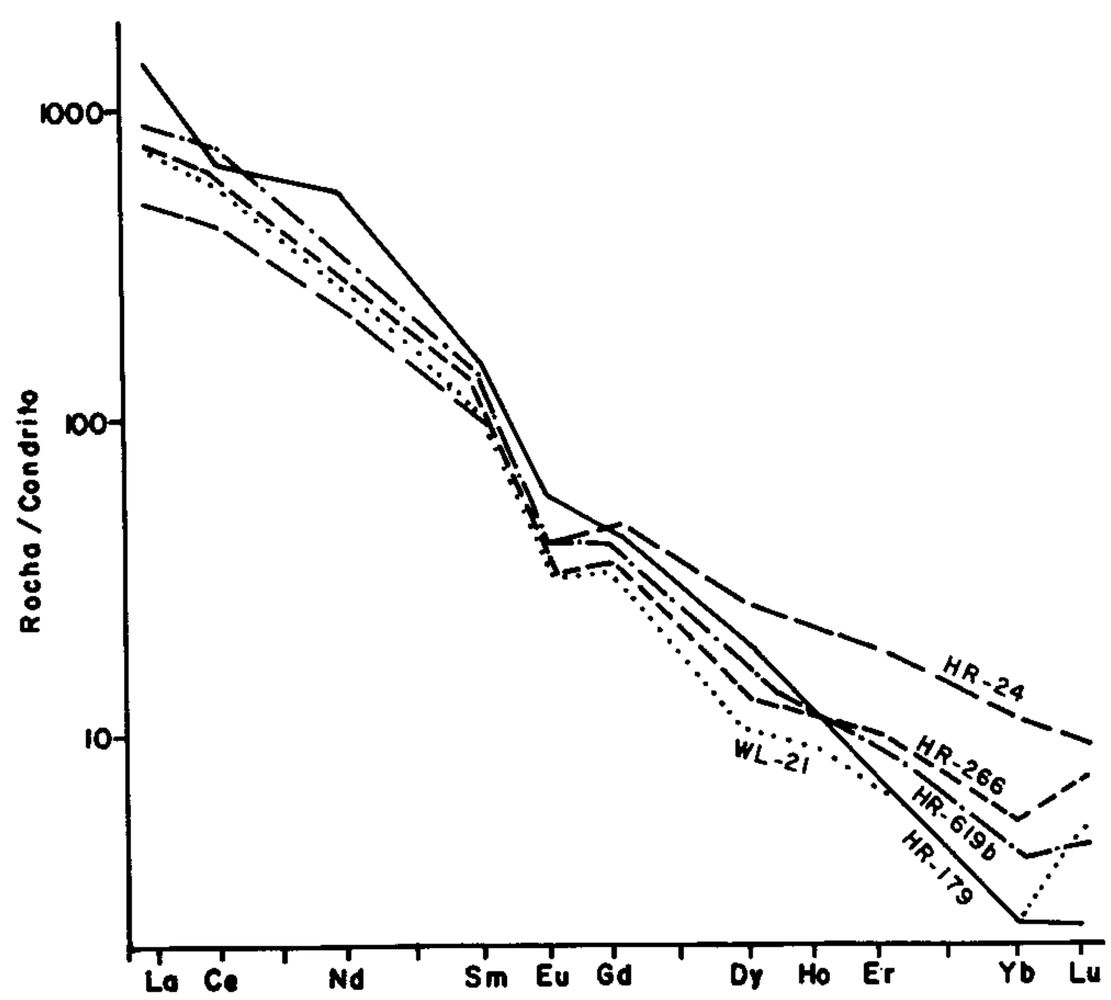


Figura II.2.35 – Distribuição dos elementos terras-raras nos granitos pós-transcorrentes da Folha Piúma.

a presença de material escuro, selecionado e radioativo, correspondente às areias monazíticas, muito comuns nas praias do litoral capixaba.

Tabela II.2.24 – Análises e razões de elementos terras-raras da unidade Oγ4. Intrusivas pós-transcorrentes.

Amostras	HR-24	HR-179	HR-266	HR-619B	WL-21
La	115,60	352,70	172,70	214,60	176,20
Ce	249,70	421,40	373,40	475,00	371,40
Nd	94,24	246,50	128,80	160,00	122,30
Sm	14,16	24,52	16,63	18,83	15,37
Eu	1,96	2,85	1,62	2,14	1,59
Gd	7,92	8,22	6,50	7,09	5,98
Dy	5,45	3,20	2,89	2,77	2,20
Ho	1,01	0,54	0,55	0,50	0,40
Er	2,43	0,93	1,34	1,06	0,85
Yb	1,46	0,40	0,63	0,51	0,31
Lu	0,18	0,06	0,14	0,08	0,10
Eu/Eu*	0,52	0,49	0,40	0,47	0,43
La/Yb	79,18	881,75	274,13	420,78	568,39
Yb/La	0,01	0,001	0,004	0,002	0,002
TRL/TRP	10,64	38,25	23,78	31,05	29,69
SOM. TR	494,11	1061,32	705,20	882,58	696,70
SiO_2	69,50	65,90	69,50	68,70	69,80
CaO	1,50	2,30	1,30	1,80	1,60
ID	86,00	82,21	84,84	83,96	83,62
RA	0,30	0,31	0,32	0,37	0,45
Y	29	14	22	13	16

Os cordões litorâneos antigos a atuais recobrem apreciável faixa descontínua na costa do Espírito Santo, principalmente entre Marataízes e Guarapari, atingindo seu apogeu em Piúma e na área entre Itaipava e Itapemirim. Em fotografias aéreas, são bem visíveis e marcantes os vários cordões de areia que, por sua gênese, são paralelos à costa em conseqüência das correntes marinhas que, junto ao continente, se deslocam paralelamente ao mesmo, formando os sucessivos cordões litorâneos e as praias atuais.

Há que se considerar também algumas lagunas e mangues na região costeira, com muita matéria orgânica, argila e areia, situando-se na zona de supramaré.

Percorrendo-se a planície costeira, onde predominam extensas e largas faixas de sedimentos recentes, é comum encontrar-se áreas recobertas por espécimes turfosos, onde geralmente se concentram grandes culturas de cereais, cana-de-açúcar ou mesmo pastagens para os rebanhos da região.

Embora não cartografados neste projeto, deve-se também mencionar os vários colúvios, muito comuns principalmente na parte de transição entre a escarpa e a planície costeira, formando grandes cones de material diversificado tanto em composição quanto em granulometria.

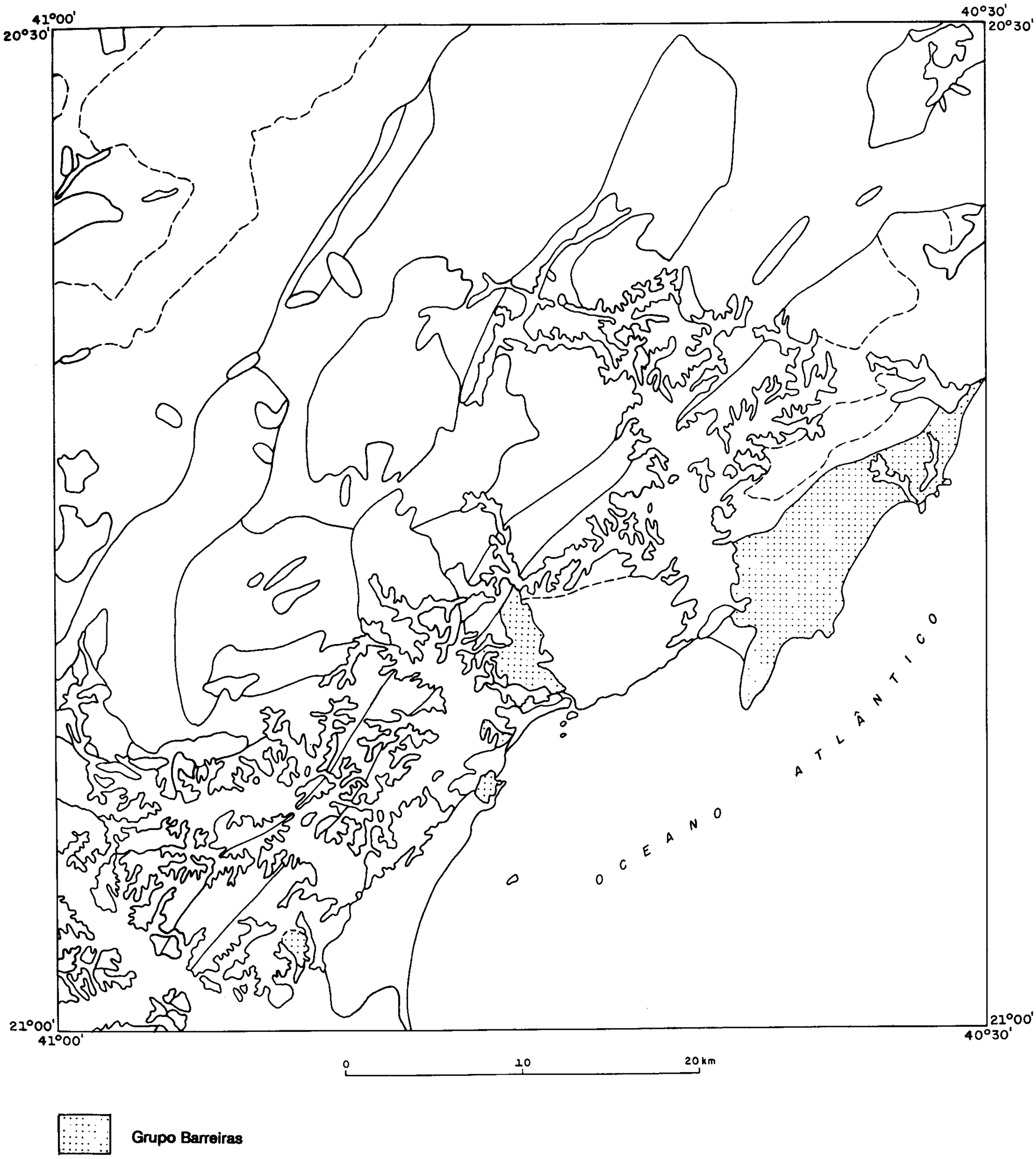


Figura II.2.36 – Mapa de distribuição do Grupo Barreiras na Folha Piúma.

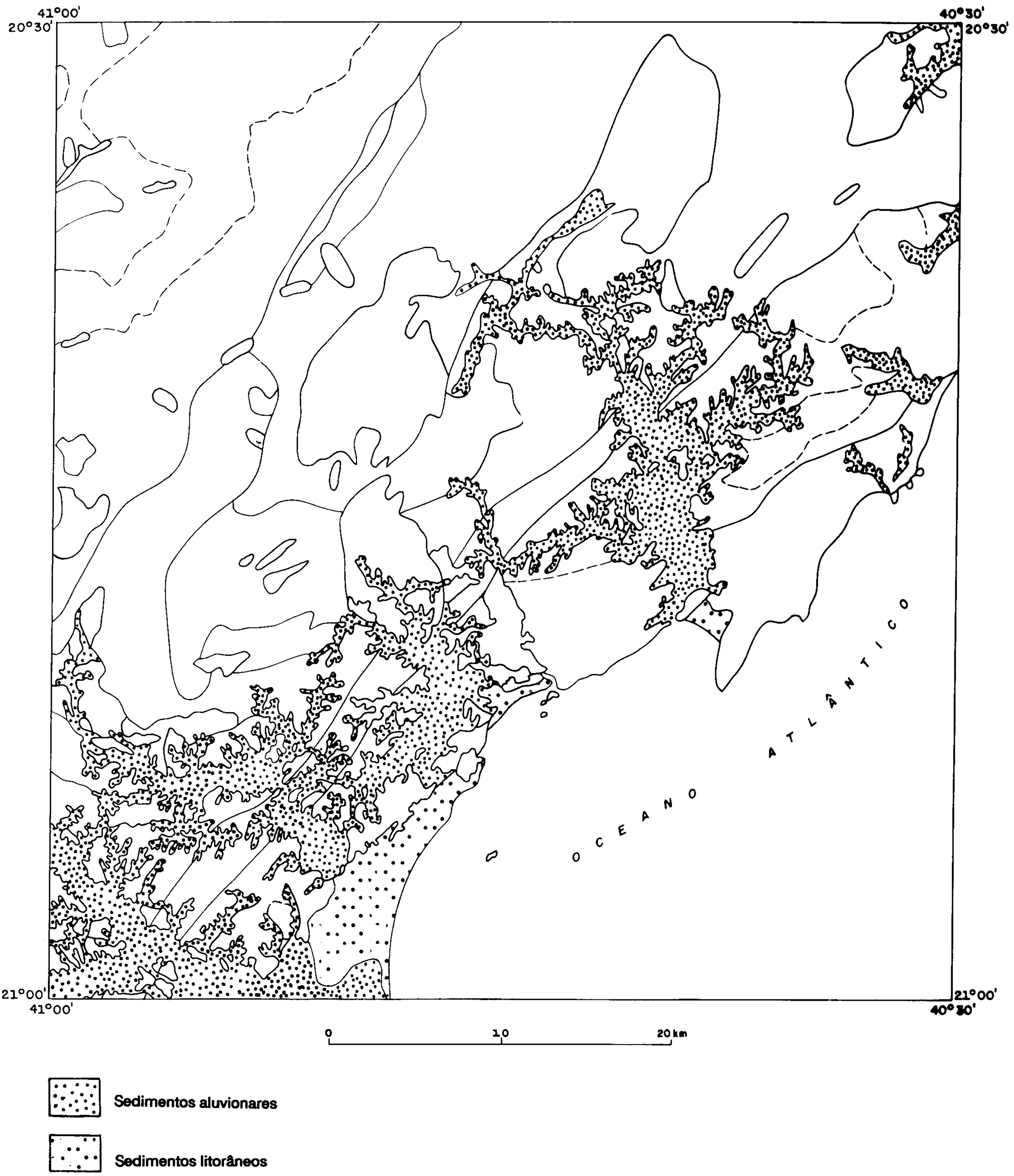


Figura II.2.37 – Mapa de distribuição dos sedimentos quaternários na Folha Piúma.

Capítulo 3
Geologia Estrutural

por
Atahualpa Valença Padilha

3.1 Introdução

A área pesquisada envolve unidades geológicas formadas em diversos níveis crustais e em diversos períodos geológicos. Desta maneira, o quadro litoestrutural que se apresenta é complexo e o que se está analisando é o resultado final, cristalizado, provavelmente, em suas feições principais, no Cambriano.

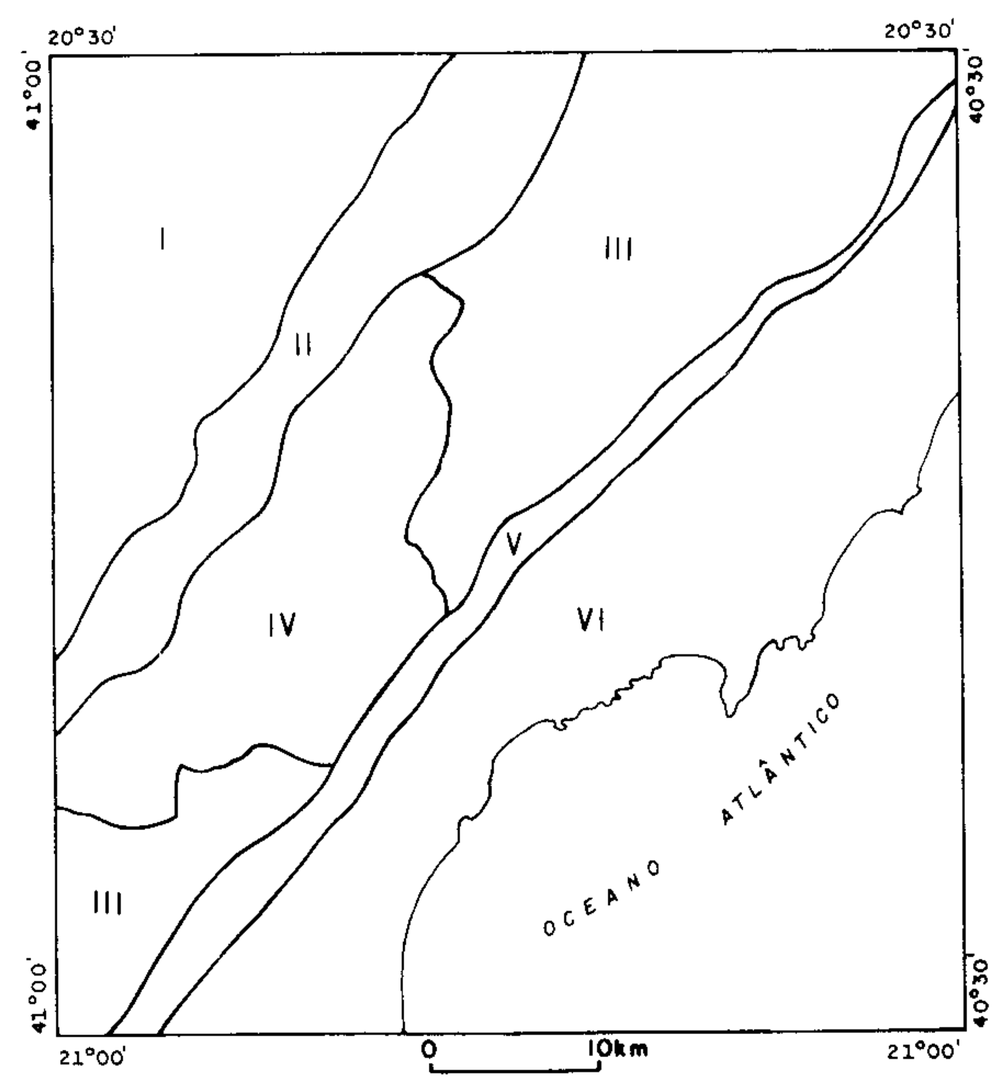
Uma melhor compreensão das inter-relações estratigráficas ficou prejudicada devido à transposição generalizada das rochas, colaborando, ainda, para tal, a insuficiência de dados geocronológicos das unidades.

Para o entendimento dessa superposição e melhor compreensão das estruturas, compartimentou-se a folha em seis domínios litoestruturais, representados na figura II.3.1, os quais foram analisados individualmente.

Na figura II.3.2 procurou-se mostrar as principais feições estruturais no final do evento tectônico transcorrente.

Constata-se que, nesta região, sempre descreveu-se e procurou-se reconhecer um evento deformacional onde predominassem as feições tectônicas de cisalhamento dúctil de baixo ângulo, essencialmente contracional-Dn, precedendo um outro onde predominassem estruturas tectônicas devidas à transposição de estruturas em regime de cisalhamento dúctil de alto ângulo, essencialmente transcorrente-Dn + 1. Esses eventos seriam discretos, temporalmente. Porém, efetuando-se a análise microestrutural em amostras coletadas nas zonas consideradas como de cisalhamento de alto ângulo (figura II.3.2), o que se observa é uma trama totalmente recristalizada e reequilibrada em condições metamórficas das fácies anfibolito alto e granulito. Visualiza-se apenas uma foliação gnáissica preservada em meio ao mosaico recristalizado. Estes mesmos aspectos são encontrados nas regiões onde domina o "baixo ângulo". A passagem de um domínio para o outro é quase gradual.

A cinemática direcional é claramente refletida nos diagramas de pólos das foliações e lineações constantes da figura II.3.3, nos diversos domínios litoestruturais. Isto comprova o mascaramento, às vezes quase completo, de feições que tenham sido geradas em qualquer evento



Domínio I – Compreende essencialmente rochas do Complexo Paraíba do Sul com as estruturas do regime dúctil de baixo ângulo bem preservadas.

Domínio II – Idem, mas onde as estruturas do regime dúctil de baixo ângulo foram totalmente, ou quase, transpostas e rotacionadas pela zona de cisalhamento dúctil de alto ângulo, transcorrente dextral, pré a sin-plutonismo calcialcalino.

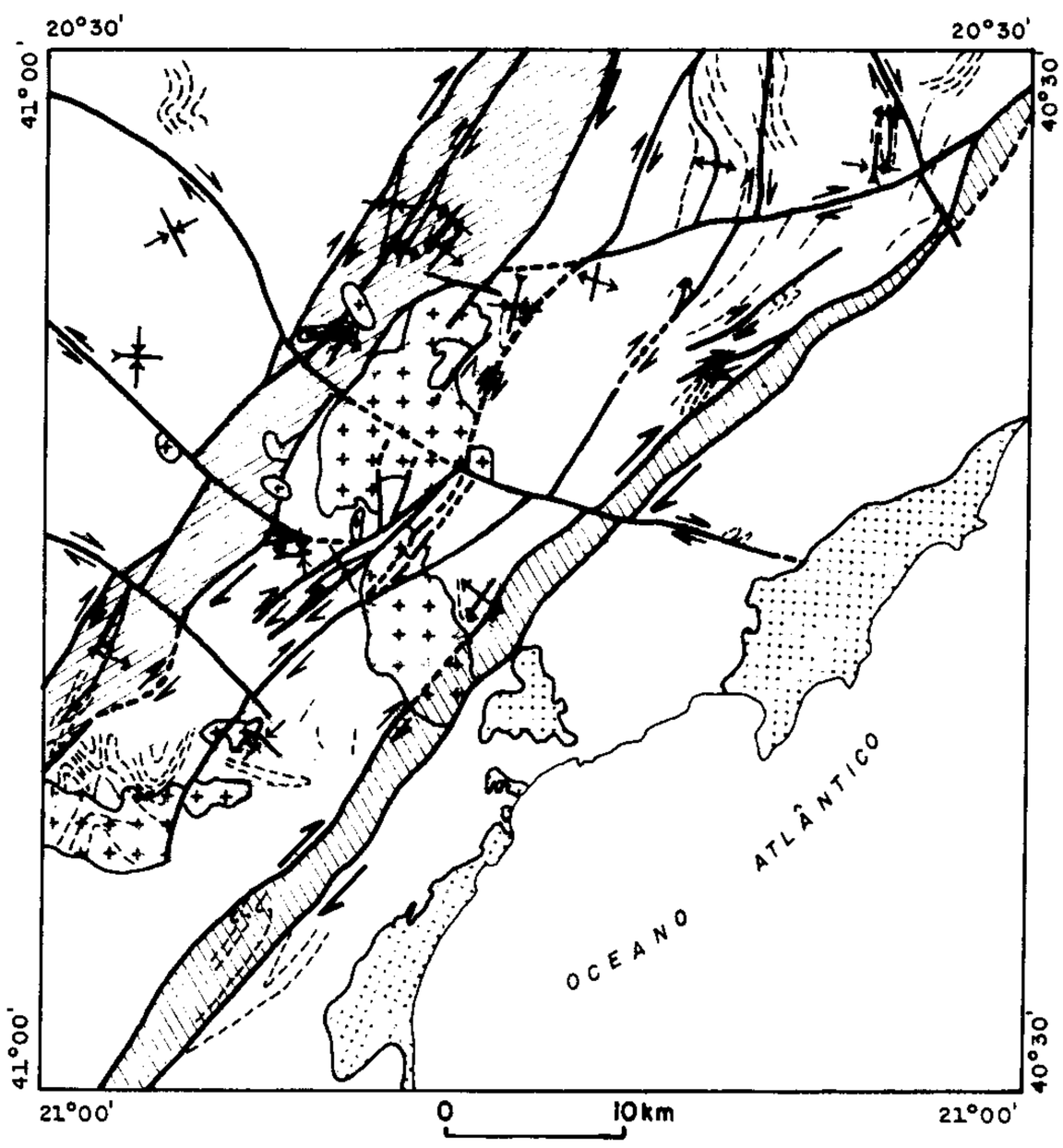
Domínio III – Idem Domínio I, mas onde as rotações sin-transcorrência foram mais intensas.

Domínio IV – Compreende rochas da suíte calcialcalina sin- a tardi-transcorrência e **roof pendents** dos ortognaisses do Complexo Paraíba do Sul.

Domínio V – Compreende uma mistura de rochas meso e catazonais do Complexo Paraíba do Sul, onde as estruturas do regime dúctil de baixo ângulo foram totalmente rotacionadas e transpostas pela zona de cisalhamento dúctil de alto ângulo, transcorrente dextral, tardi- a pós-plutonismo calcialcalino.

Domínio VI – Compreende rochas catazonais do Complexo Paraíba do Sul, onde as estruturas do regime dúctil de baixo ângulo foram totalmente rotacionadas e transpostas pela zona de cisalhamento dúctil de alto ângulo, transcorrente dextral pré-plutonismo calcialcalino.

Figura II.3.1 – Domínios litoestruturais da Folha Piúma.



Rochas graníticas cambrianas da Suíte Intrusiva Espírito Santo

Rochas sedimentares cenozóicas

Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral de Batatal

Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral de Iconha

Falhas dextrais

Falhas sinistrais

Eixos antiformais

Eixos sinformais

Fotolineações

Indicação do movimento relativo das zonas de cisalhamento

Figura II.3.2 – Quadro tectônico tardi- a pós-transcorrência (Cambriano) da Folha Piúma.

anterior, e que o metamorfismo de alto grau assistiu a esta deformação e a suplantou temporalmente. Observa-se ainda que, durante este evento direcional, enquanto algumas regiões estiveram submetidas à compressão, outras estavam submetidas à distensão: o domínio IV, que individualiza-se pelo abundante plutonismo granítico tardi- a pós-tectônico foi, provavelmente, injetado na base da crosta, em regime distensivo.

Mais no sentido de relacionar informações que possam ajudar a esclarecer a evolução desta parte da região sudeste do que no de oferecer um quadro tectônico completo, discutir-se-á a seguir os elementos estruturais levantados nos domínios apresentados na figura II.3.1.

3.2 Domínios Litoestruturais

3.2.1 Domínio I

Esse domínio é formado pelas regiões centro-ocidental e noroeste da Folha Piúma.

As atitudes médias de seus elementos estruturais estão representadas na figura II.3.3a e são:

Sn: N42°E/26°SE; N50°E/28°NW
PAn + 1 (calculado): N46°E/88°SE
Bn + 1 (eixo estatístico de dobras normais): O46/Hz
Bn + 1 (eixo estatístico de dobras reclinadas): 157/24
Lx: O50/06; lb: O54/08

Referentes ao primeiro evento-Dn, foram verificadas apenas a foliação gnáissica-Sn, e dobras intrafoliares, recumbentes.

Ao evento Dn + 1 associam-se tanto dobramentos amplos, normais, com eixos horizontais a ligeiramente mergulhantes (Bn + 1, Lb), e planos axiais (PAn + 1) quase verticais, quanto dobras reclinadas com eixos próximos a B'n + 1. O plano axial desta dobra aproxima-se das atitudes de Sn. A direção das lineações de estiramento e alinhamento de minerais (Lx) é de baixo *rake* relativamente a Sn e PAn + 1 (figura II.3.3a). A pequena variação entre Bn + 1 e Lb deve-se a problemas de amostragem dos elementos planares que permitiram o cálculo do primeiro.

Estas relações entre os elementos estruturais do Domínio I apontam para uma quase total rotação dos mesmos segundo uma direção de trancorrência dextral que situa-se entre N35°E e N40°E. Pela posição dos elementos estruturais parece dominar compressão neste domínio.

3.2.2 Domínio II

Esse domínio (figura II.3.1) compreende uma faixa de direção N35°E, que secciona diagonalmente o quadrante NW da folha. Os elementos planares e lineares estão totalmente rotacionados pelo evento transcorrente – Dn + 1, sendo que suas atitudes estatísticas médias são:

Sn//Sn + 1: N37°E/87°NW
Bn + 1: 036/07

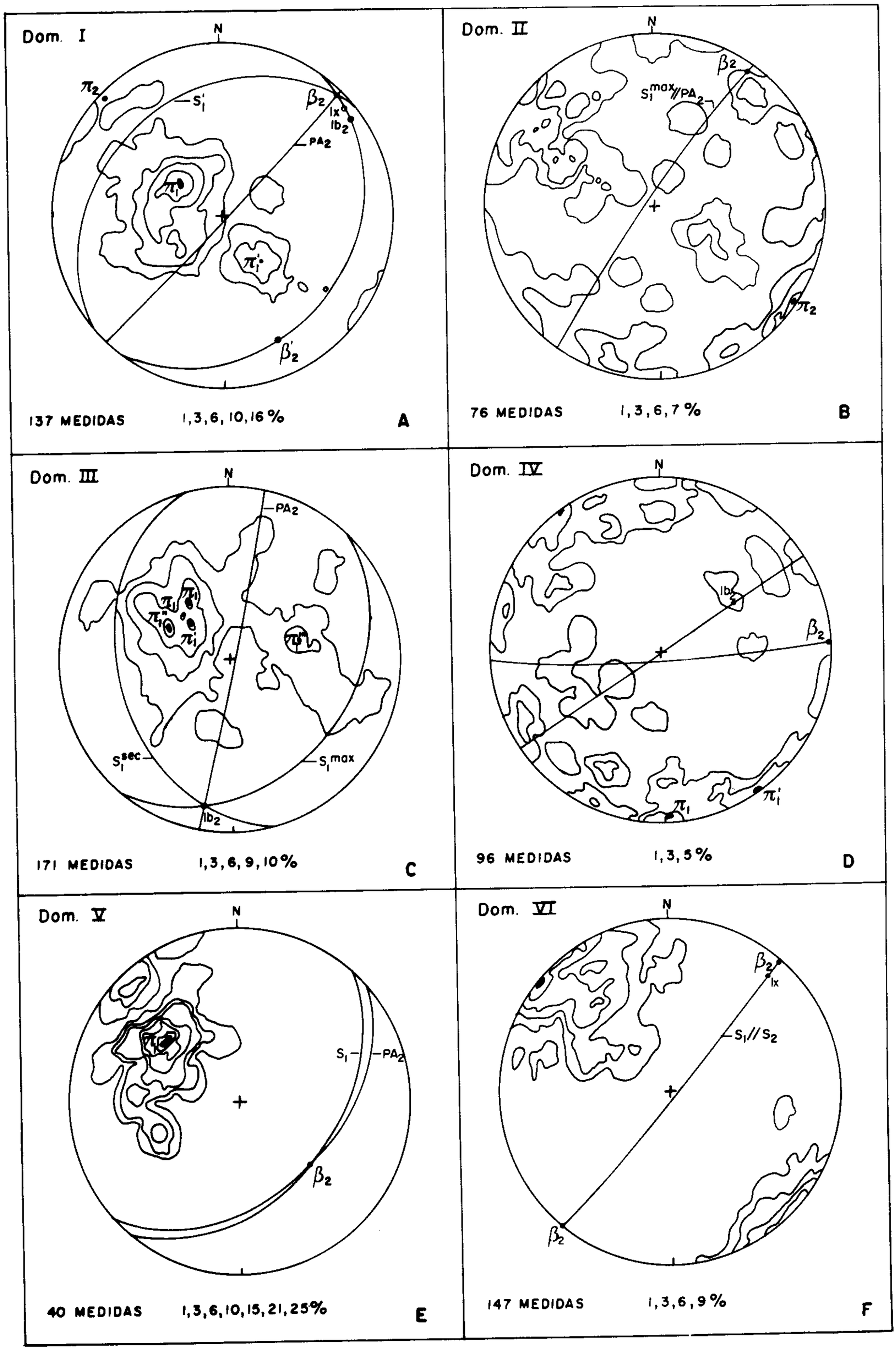


Figura II.3.3 – Diagrama de pólos de foliação da Folha Piúma.

O diagrama π (figura II.3.3b) mostra um máximo principal (2) sobre uma guirlanda onde se observam vários outros máximos secundários no quadrante oposto e uma rarefação de plotagem de pólos onde o plano axial PAn + 1, subparalelo ao plano médio Sn//Sn + 1 destas dobras secciona perpendicularmente o plano da guirlanda referida. Deduz-se então que a dobra é do tipo normal, com ângulo interflanco pequeno, entre 20 e 30; e cujo eixo estatístico varia de horizontal a ligeiramente mergulhante (< 10°). Essencialmente a deformação foi transpressiva.

3.2.3 Domínio III

Este domínio compreende a região demarcada pelas zonas de cisalhamento Iconha e Batatal, excluída a área do domínio IV (figuras II.3.1 e 2), ocupando uma faixa na diagonal SW-NE da folha.

Os elementos estruturais médios foram definidos pela análise dos diagramas π, e são:

Sn: N42°E/30°SE (este valor foi determinado achando-se no diagrama o baricentro de três pólos máximos que desenhavam um pequeno triângulo – figura II.3.3c)

Bn + 1 (eixo estatístico): 192/16

PAn + 1: N13°E/88°SE

A disposição dos pólos no diagrama π (figura II.3.3c) indica que as dobras do evento Dn + 1, sintranscorrentes, são do tipo "inclinado mergulhante".

Os eixos de dobra medidos no campo têm a atitude média 045/09, porém distribuem-se em um círculo máximo próximo do traço de S1max no diagrama da figura II.3.3c. Esta dispersão, onde inclui-se o valor do eixo estatístico Bn + 1, pode estar indicando que o domínio não é tão homogêneo, conclusão reforçada pela verificação dos eixos de dobra lançados na figura II.3.2, que parecem indicar que a parte ocidental do domínio tem simetria dextral, enquanto que a parte oriental tem simetria sinistral, havendo interação entre elas na parte central da faixa. Uma outra possibilidade seria a inclusão equivocada de eixos Dn no diagrama. O regime deformacional é, essencialmente, transpressivo.

3.2.4 Domínio IV

Este domínio coincide com a região da folha onde ocorre intenso plutonismo tardi a pós-tectônico.

As superfícies aí medidas – nos ortognaisses, predominantemente – , têm as seguintes atitudes médias:

Sn: N88°E/85°SE; Sn': N50°E/vert (Sn'//Sn + 1?)

Bn + 1 (eixo estatístico): 088/Hz

Lbn + 1: 058/50

A análise do diagrama Π da figura II.3.3d mostra a tendência das foliações de se distribuírem em uma calota esferoidal, com predominância de atitudes próximas da vertical, sob influência provável dos granitóides calcialcalinos cambrianos da Suíte Intrusiva Espírito Santo.

A escassez de pólos de foliação nos quadrantes SE e NW, bem como a disposição dos eixos Lbn + 1 e Bn + 1 em relação às direções das duas zonas de cisalhamento principais (Iconha e Batatal), indica que a tectônica transcorrente estava ativa durante o posicionamento da intrusão e que esta adaptou-se à direção NE-SW.

Outra característica importante desta zona é que é a única onde aparecem dobras com eixos formando ângulos fortes (>50), com as direções principais das zonas de cisalhamento: N35°-40°E, indicando uma zona distensiva (transtensiva) no cinturão de cisalhamento transcorrente do sudeste do Espírito Santo, onde penetraram os plútons calcialcalinos cambrianos.

As dobras sugestivas da zona transtensiva são normais, com eixo Bn + 1 e plano axial quase vertical (Sn). Já aquelas dobras com plano axial próximo da atitude média de Sn e eixos Lbn + 1 são de geometria reclinada, aparentemente na direção da compressão direcional.

3.2.5 Domínio V

O domínio V compreende a Zona de Cisalhamento Transcorrente de Iconha, com simetria aparentemente dextral. Neste domínio as estruturas foram totalmente rotacionadas e têm as seguintes atitudes médias:

Sn//Sn + 1: N42°E/45°SE

PAn + 1 (calculado): N50°E/45°SE

Bn + 1 (eixo estatístico): 134/45

A análise do diagrama π da figura II.3.3c sugere que a superfície Sn foi totalmente rotacionada e/ou transposta no evento Dn + 1, paralelizando-se à superfície Sn + 1. Neste processo ainda foram geradas dobras reclinadas com eixo Bn + 1, e plano axial PAn + 1, subparalelo a foliação Sn//Sn + 1 média.

As lineações minerais medidas são de baixo "rake". Estas considerações sugerem um regime transpressivo de médio ângulo para este domínio, transicional entre os baixos ângulos do domínio III e os altos ângulos do domínio VI.

3.2.6 Domínio VI

O domínio VI desenvolve-se ao longo da costa sudeste do estado do Espírito Santo (figura II.3.1). É dominado por rochas de alto grau (migmatitos e enderbitos). Aí também o processo de transposição de alto ângulo, dúctil, obliterou quaisquer elementos estruturais pretéritos. As atitudes médias dos elementos estruturais são:

Sn//Sn + 1: N41°E/87°SE

PAn + 1 (//Sn + 1): N41°E/87°SE

Bn + 1 (eixo estatístico): 041/Hz

Lxn + 1: 042/12

Estes elementos estruturais permitem sugerir, para este domínio, um regime transpressivo de alto ângulo, possivel-

mente dextral, na zona dúctil da crosta. Além da transposição acentuada de Sn, houve, ainda, formação de dobras normais apertadas, com eixo Bn + 1 e plano axial PAn + 1 (figura II.3.3f).

3.3 Discussão

Apesar da coleta de elementos estruturais no campo e laboratório não ter sido suficiente à necessidade da análise estrutural cinemática, as atitudes das estruturas nos diversos domínios, a presença de níveis crustais cada vez mais superiores no sentido noroeste, e a passagem gradacional, quanto à atitude dos elementos estruturais, entre os domínios, parecem sugerir que esta região compõe um cinturão de cisalhamento transcorrente dextral, onde se reconhecem zonas de transcorrência em alto ângulo (*wrench*) e zonas de transcorrência em baixo ângulo (*trust wrench*), divididas em dois conjuntos:

Conjunto Oriental: Zona de alto ângulo – domínios V e VI Zona de baixo ângulo – domínios III e IV

Conjunto Ocidental: Zona de alto ângulo – domínio II Zona de baixo ângulo – domínio I

Capítulo 4
Geoquímica

por
Adolfo Alves de Souza e Cláudio José Marques de Souza

4.1 Sistemática Adotada

4.1.1 Planejamento

Após a fase de compilação bibliográfica, realizou-se o planejamento de amostragem de análises, utilizando-se como base cartográfica os mapas do IBGE, na escala 1:50.000 e como base geológica o mapa do projeto RADAMBRASIL/83.

4.1.2 Amostragem e Técnicas Analíticas

O número de amostra por elemento analisado encontra-se transcrito na tabela II.4.1. Os procedimentos analíticos estão representados da seguinte forma: junto ao símbolo dos elementos foram inseridos caracteres identificadores das técnicas analíticas empregadas para cada material amostrado, conforme a tabela II.4.2. Os sedimentos de corrente foram analisados na fração menos 80 *mesh*. A fração pesada dos concentrados de bateia foi separada pelo uso do bromofórmio para análise química.

4.1.3 Interpretação dos dados

Os parâmetros estatísticos básicos foram obtidos através da aplicação dos programas do sistema GEOQUANT (CPRM-USGS). Para efeito de interpretação e melhor representatividade, os dados foram agrupados em populações distribuídas em cinco unidades geológicas, a saber:

I – granitos intrusivos ($\in\gamma 3$);

II – gnaisses aluminosos (Pps1);

III – sillimanita-biotita-gnaisses quartzosos (Pps2);

IV – ortognaisses tonalíticos ($P\gamma 1$);

V – granulitos ($P\gamma gl$).

4.2 Resultados Obtidos

4.2.1 Estimadores Geoquímicos

Nas tabelas II.4.3 e 4 encontram-se os valores dos parâmetros estatísticos básicos para uma distribuição log-normal, calculados para cada população. Estatisticamente uma anomalia de 1ª ordem corresponde a valores maiores que a média geométrica mutiplicados por dois desvios geométricos. Uma anomalia de 2ª ordem corresponde a valores maiores que a média geométrica multiplicados por um desvio geométrico. Para o elemento Au, uma anomalia de 1ª ordem corresponde aos valores iguais ou maiores que 1ppm e uma anomalia de 2ª ordem corresponde aos valores iguais ou maiores que 0,025ppm.

4.2.2 Correlações

Considerando que a maioria das anomalias que caracterizam as zonas anômalas são oriundas de concentrados de bateia, torna-se inviável fazer uma compatibilização com correlações de elementos oriundos de sedimentos de corrente. Na figura II.4.1 chama a atenção a extrema correlação Cu/Ni em todas unidades geológicas, exceto nos gnaisses granulíticos. Verifica-se que o zinco apresenta forte correlação com o Co em todas as unidades, e este elemento com o Mn, somente nos gnaisses granulíticos. O Fe não apresenta correlações extremas com os elementos-traço. Pb e Zn apresentaram correlações somente no domínio dos granulitos.

4.2.3 Discussão das Anomalias

As anomalias serão investigadas por zonas e estações anômalas, não se fazendo distinção se originárias de sedimentos de corrente ou concentrados de bateia.

Foram selecionadas quatro zonas anômalas com suas respectivas associações, como pode ser visto na figura II.4.2.

O P não será considerado como elemento correspondente de uma associação que caracteriza uma zona anômala,

Tabela II.4.1 – Número de amostras por elemento analisado.

Elementos	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Cr	Au	As	Sn	Mo	P	W	Li	Fe	Mn
S	139	139	139	139	139	139	–	139	–	139	139	139	139	139	139
B	62	62	62	62	62	62	62	462	56	62	56	56	–	–	–
AM							27								

S – Número de amostras de sedimento de corrente.
B – Número de amostras de concentrado de bateia.
AM – Análise de amostras de concentrado de bateia com análises mineralógica.

Tabela II.4.2 – Técnicas analíticas utilizadas.

Fe, Mo, Co, As, Li	Sedimentos de corrente
Au, So (W)	Concentrados de bateia
Cu, Pb, Zo, Ni, Mo, Cr, (P), Co	Sedimentos de corrente e concentrados de bateia
30 elementos-padrão (EE)	Sedimentos de corrente e concentrados de bateia
Mineralometria de grãos (AM)	Concentrados de bateia

( ) colorimetria
– – absorção atômica
X abertura com HNO_3 a quente
Au abertura com HBr/Br
Sn abertura por sublimação
Mo abertura com água-régia invertida
Cr abertura com água-régia
As abertura com geração de hidretos
EE espectrografia de emissão para 30 elementos

uma vez que suas estações anômalas encontram-se aleatoriamente distribuídas por toda área da folha.

I – Zonas e estações anômalas – Au, Cr

Esta faixa abrange um grupo de anomalias predominantemente clásticas, coincidentes com uma zona de cisalhamento NE-SW, situada ao longo do contato das unidades geológicas Pps1 e Pps2. Os teores de Au detectados em quatro estações variaram de 0,25ppm a 0,5ppm, destacando-se a estação RR-294, cuja amostra de concentrado de bateia apresentou 12 pintas de ouro e 0,24ppm.

Os teores de Cr variaram de 125 a 320ppm . As anomalias geoquímicas foram geradas pelo transporte e concentração na rede de drenagem da área de partículas sólidas contendo Au, Cr, P, provenientes do manto de intemperismo da zona de cisalhamento.

Supostamente, no ambiente primário, o Au encontra-se associado aos veios de quartzo, enquanto que o Cr aos diques básicos ou às rochas encaixantes.

As anomalias de Pb podem ser devidas à presença desse elemento na rede cristalina dos feldspatos alcalinos. No que diz respeito à elevação dos teores de Zn verificada em algumas estações, não foi encontrada uma explicação geoquímica ou metalogenética, a não ser contaminação por adubação química.

II – Zonas e estações anômalas de Au, Pb, Li + Be + Sn

Englobam um conjunto de anomalias de 2ª ordem, intimamente relacionadas aos ortognaisses tonalíticos. Observa-se que a superfície envoltória da zona anômala delimita com precisão a área de exposição dos ortognaisses. As três estações anômalas de Li e as duas de Be foram originadas de sedimentos de corrente. Os teores máximos apresentados pelos elementos Au e Pb foram respectivamente de 1 e 100ppm. Os baixos teores de Li, Be e Sn no ambiente secundário são o reflexo de um processo envolvendo o transporte de soluções halogênicas hipotermais da profundidade para a superfície, através de rochas previamente fundidas, pouco permeáveis e finamente fissuradas. Essas rochas podem constituir barreiras geoquímicas que impossibilitem ou restrinjam a passagem de soluções mineralizantes. Anomalias detectadas por esse processo são predominantemente hidromórficas, freqüentemente originárias de sedimentos de corrente ou águas subterrâneas, podendo ser indicativas de mineralizações em níveis mais profundos do substrato rochoso.

III – Zonas e estações anômalas de Pb, P, B + Be + Sn

Englobam grupos de anomalias relacionadas à seqüência paragnáissica aluminosa (Pps1) e ortognaisses resultantes da anatexia dos paragnaisses. A área abrange partes das vertentes dos rios Benevente, Pongal e Iconha.

A associação é composta por uma gama de elementos de mesma consanguinidade e afinidade geoquímica.

Conjunto de fatores como a elevação dos teores de B, as estações anômalas em Pb (4.100ppm, 261ppm) e Zn (993ppm), teores elevados de P, traços de Au, anomalias de 2º grau de Pb, Sn e Be constituem parâmetros geoquímicos significativos que devem ser investigados.

Tabela II.4.3 – Sumário dos estimadores.

SEDIMENTOS DE CORRENTE																					
Elementos	Amplitude (ppm)					Média Geométrica (ppm)					Grau de Detecção	Anomalias									
												2ª Ordem					1ª Ordem				
	Populações					Populações					Populações	Populações					Populações				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I+II+III+IV+V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Cu-AA	4-21	7-30	6-27	2-28	2-35	13	16	14	11	9	139	>20	>22	>19	>19	>20	>30	>32	>28	>31	>42
Pb-AA	9-30	8-40	8-30	3-40	5-24	18	20	15	18	12	139	>26	>29	>21	>28	>19	>38	>41	>30	>46	>31
Zn-AA	21-95	30-90	12-80	6-95	10-110	57	62	33	50	35	139	>90	>82	>52	>94	>66	>140	>110	>83	>175	>124
Co-AA	8-22	8-30	4-26	4-27	3-17	14	15	11	12	8	139	>18	>20	>17	>19	>13	>24	>26	>27	>30	>20
Ni-AA	8-35	10-45	6-29	2-29	3-30	17	23	15	15	10	139	>26	>32	>23	>25	>18	>38	>45	>34	>41	>32
Cr-AA	15-50	13-60	9-55	3-40	4-39	26	29	27	19	16	139	>37	>43	>40	>32	>31	>52	>62	>60	>53	>62
Fe-AA	1.7-6.5	2-8	1.4-9.2	0.6-8.7	0.5-6.7	4	4	4	3	2	139	>6	>6	>6	>6	>5	>9	>7	>9	>12	>11
Mn-AA	130-1600	75-1300	45-1600	12-1700	13-280	334	312	254	194	60	139	>625	>580	>588	>593	>160	>1169	>1076	>1359	>1811	>425
Li-AA	6-22	4-29	2-18	1-27	2-40	12	12	5	12	9	139	>18	>19	>9	>27	>23	>27	>30	>17	>58	>56
Mo-AA	0.7-2	0.7-2	0.7-2	0.7-2	1-6	1	1	1	1	1	139	>1	>2	>2	>2	>2	>2	>3	>3	>3	>4
As-AA	–	0.7-4	0.7-1	0.5-5	0.7-11	1	1	1	1	2	139	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
P-Col	300-2300	217-1075	231-800	180-1325	141-495	815	540	386	538	287	139	>1518	>772	>547	>890	>404	>2828	>1103	>777	>1417	>568

Populações: I–Granitos
II –Gnaisses aluminosos
III –Sillimanita-biotita-gnaisses
IV –Ortognaisse tonalítico
V –Granulitos
AA –Absorção atômica
Col –Colorimetria

Tabela II.4.4 – Sumário dos estimadores.

CONCENTRADOS DE BATEIA																			
Elementos	Amplitude (ppm)			Média Geométrica (ppm)			Desvio Geométrico (ppm)			Grau de Detecção			Anomalias					
													2ª Ordem			1ª Ordem		
	Populações			Populações			Populações			Populações			Populações			Populações		
	I e III	II	IV e V	I e III	II	IV e V	I e III	II	IV e V	I e III	II	IV eV	I e III	II	IV e V	I e III	II	IV e V
Cu-AA	2-30	2-30	1-20	7	7	5	2.11	2.03	2.12	18	23	21	>15	>14	>11	>32	>28	>23
Pb-AA	2-70	5-110	4-4100	20	28	44	2.38	2.24	3.97	18	23	21	>48	>62	>176	>114	>140	>702
Zn-AA	13-55	13-140	8-140	27	31	27	1.50	1.62	1.83	18	23	21	>40	>51	>50	>61	>83	>91
Co-AA	2-27	3-30	2-22	8	10	7	2.15	1.91	2.25	18	23	21	>17	>19	>17	>38	>37	>38
Ni-AA	0.5-35	0.5-30	0.5-17	5	7	5	4.11	3.25	3.17	18	23	21	>19	>22	>16	>79	>73	>51
Cr-AA	14-205	18-320	6-370	46	69	41	2.04	2.22	2.69	18	23	21	>94	>154	>110	>192	>342	>296
Sn-AA	–	0.5-20	–	4	2	5	–	3.05	–	–	23	–	>9	>7	>16	>25	>20	>55
Au-AA	–	–	–	–	–	–	–	2.45	–	–	–	–	>0.025	>0.025	>0.025	>1	>1	>1
W-col	–	2.8-240	–	5	6	6	–	1.46	–	–	23	–	>7	>16	>11	>9	>38	>19
P-col	–	670-2528	–	1117	1246	1281	–		–	–	23	–	>1824	>1827	>1745	>2979	>2678	>2376

Populações: I–Granitos
II –Gnaisses aluminosos
III –Sillimanita-biotita-gnaisses
IV –Ortognaisse tonalítico
V –Granulitos
AA –Absorção atômica
Col –Colorimetria

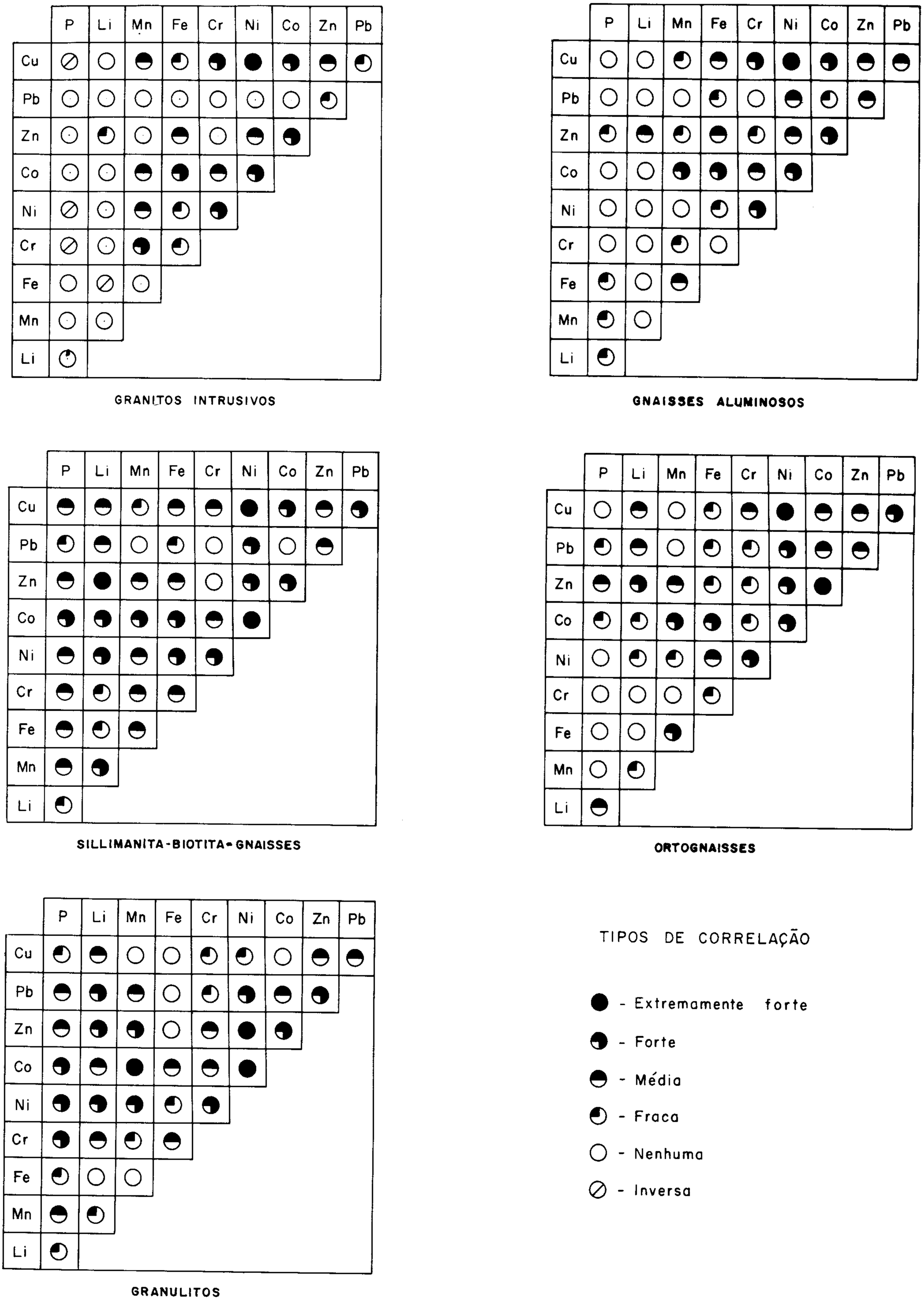
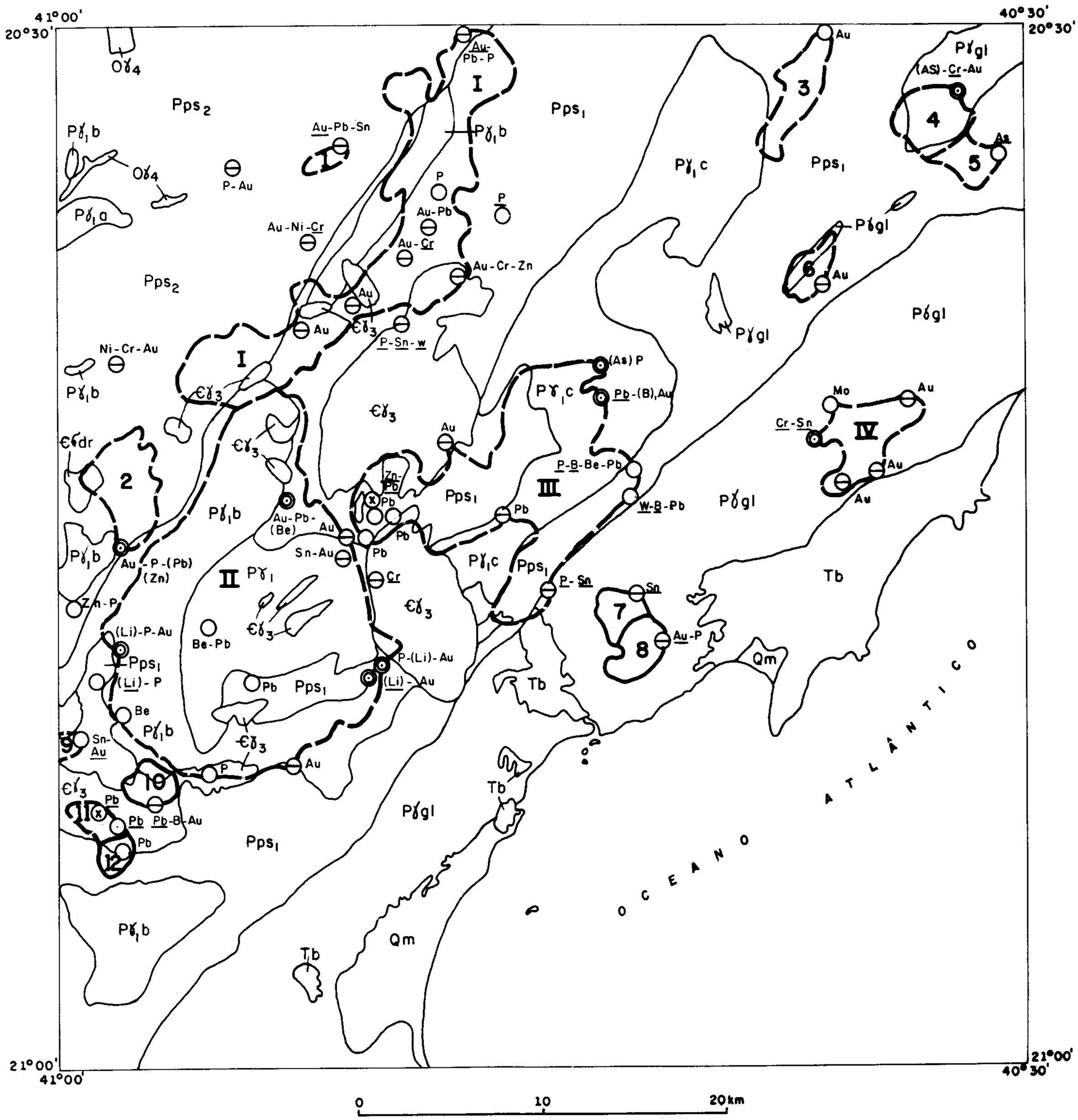
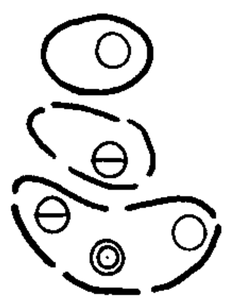


Figura II.4.1 – Matriz de correlação de elementos-traço nos sedimentos de corrente.



CONVENÇÕES GEOQUÍMICAS

- ○ Pb – Anomalia em sedimento de corrente (2ª ordem);
- ○ Pb – Anomalia em sedimento de corrente (1ª ordem);
- ⊖ Cr – Anomalia em concentrado de bateia (2ª ordem);
- ⊖ Cr – Anomalia em concentrado de bateia (1ª ordem);
- ◎ Pb, (B), Sn – anomalias coincidentes em sedimento de corrente (entre parênteses) e concentrado de bateia;



Pb – Estação anômala de sedimento de corrente com bacia de captação;

Au, Pb, Sn – Estação anômala de concentrado de bateia com bacia de captação;

– Zona anômala com estações anômalas.

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

Qm – sedimentos litorâneos; Tb – Grupo Barreiras; Oγ4 – granitos pós-transcorrentes; εγ3 – granitóides tardi- a pós-transcorrentes; εσ – diorito; Pγ1 – ortognaisses graníticos (porfiroblásticos); Pγ1a – ortognaisses graníticos; Pγ1b – ortognaisses tonalíticos; Pγ1c – ortognaisses granatíferos; Pγgl – gnaisses granulíticos; Pps1 – gnaisses aluminosos; Pps2 – sillimanita-biotita-gnaisses granatíferos.

Figura II.4.2 – Mapa de anomalias geoquímicas.

IV – Zona e estação anômalas de Cr, Au, Sn

Abrange uma pequena área que apresentou três estações anômalas de Au e de Cr/Sn. Os teores de Au variaram de 0,05 a 0,35ppm. A zona anômala parece estar relacionada a um corpo de ortognaisse tonalítico que aflora a NW de Guarapari.

Descrição das estações anômalas isoladas

Estação 1 – Abrange uma pequena área (quadrante NW), cujas anomalias provavelmente estão relacionadas a diques de pegmatitos inclusos em rochas da Unidade Pps2. Supostamente o ouro foi mobilizado epigeneticamente, enquanto que o Pb deve ter sido extraído da rede cristalina de grãos de feldspatos.

Estação 2 – As anomalias detectadas estão relacionadas à principal zona de cisalhamneto (NE-SW).

Estações 3,4,5 e 6 – Traços de ouro detectados nessas estações devem estar relacionados a veios de quartzo preenchendo as fissuras das rochas encaixantes (Unidade Pps1).

Estações 7 e 8 – Constituem as únicas anomalias filiadas aos granulitos. Considerando que nenhuma outra estação de sedimento de corrente ou concentrado de bateia foi amostrada no domínio dessas rochas, não se pode fazer uma análise consistente dessas anomalias.

Estação 9 – O concentrado de bateia analisado apresentou uma pinta de ouro e constituintes minerais, supostamente provenientes de diques de pegmatitos. Observa-se que a área anômala limita um corpo aflorante da Unidade Pps2. A área a montante da estação extrapola o limite oeste da folha.

Estações 10,11 e 12 – As anomalias dessas três áreas estão relacionadas a uma zona de dobramento e fraturamento, envolvendo rochas das unidades $\in\gamma 3$ (granitos) e Pps1 (gnaisses aluminosos). Observa-se que os teores de chumbo se apresentam elevados, destacando uma amostra de rocha que registrou 623ppm.

4.2.4 Distribuição dos minerais na fração pesada dos concentrados de bateia

As associações minerais serão investigadas por zonas e estações mineralógicas em interação com as unidades geológicas e estruturação das rochas. Foram selecionadas quatro zonas mineralógicas (A, B, C, D) e diversas estações com suas respectivas associações de minerais (figura II.4.3).

Zona A – AND, SIL, IM, MZ

Engloba uma única estação a jusante de uma microbacia hidrográfica, cuja área apresentou populações de minerais provenientes de duas unidades geológicas: Pps1 (gnaisses aluminosos) e $P\gamma 1$ (ortognaisses). Além dos minerais representados no mapa, foram detectados mais quatro minerais: zircão, rutilo, epidoto e anfibólio. A área faz parte da zona de cisalhamento anteriormente mencionada.

Zona B – AND, SIL, GRA, TU

Os minerais de médio e alto grau metamórfico que ocorrem na área estão relacionados às rochas das unidades Pps1 (gnaisses aluminosos) e $P\gamma 1c$ (anatexia dos gnaisses aluminosos). A área se apresenta bastante granatífera e a distribuição da turmalina deve estar controlada pela presença de veios e diques.

Zona C – AND, SIL, CI, GRA, IM, MZ

A área apresenta populações de minerais provenientes de duas unidades geológicas: Pps1 (gnaisses aluminosos) e $P\gamma gl$ (granulitos). Provavelmente os minerais metamórficos andaluzita, sillimanita, cianita, etc., encontram-se associados aos gnaisses aluminosos, enquanto os minerais de diferenciação magmática como o espinélio, magnetita e outros são originários dos granulitos.

Zona D – AND, SIL, GRA, MZ, IM

As estações mineralógicas pertinentes à área, em número de três, encontram-se sob influência de rochas pertencentes a duas unidades magmáticas: $C\gamma 3$ (granitos) e $P\gamma 1$ (ortognaisses); e uma unidade metassedimentar: Pps1 (gnaisses aluminosos). As rochas da seqüência gnáissica aluminosa devem constituir as principais fontes dos minerais metamórficos como a andaluzita, a sillimanita e a granada. Os outros minerais como ilmenita, monazita, epidoto e piroxênio estão, supostamente, mais relacionados às rochas magmáticas. Além dos minerais representados no mapa, foram registrados na área zircão, rutilo, turmalina e apatita, cujos teores não excederam a 5%.

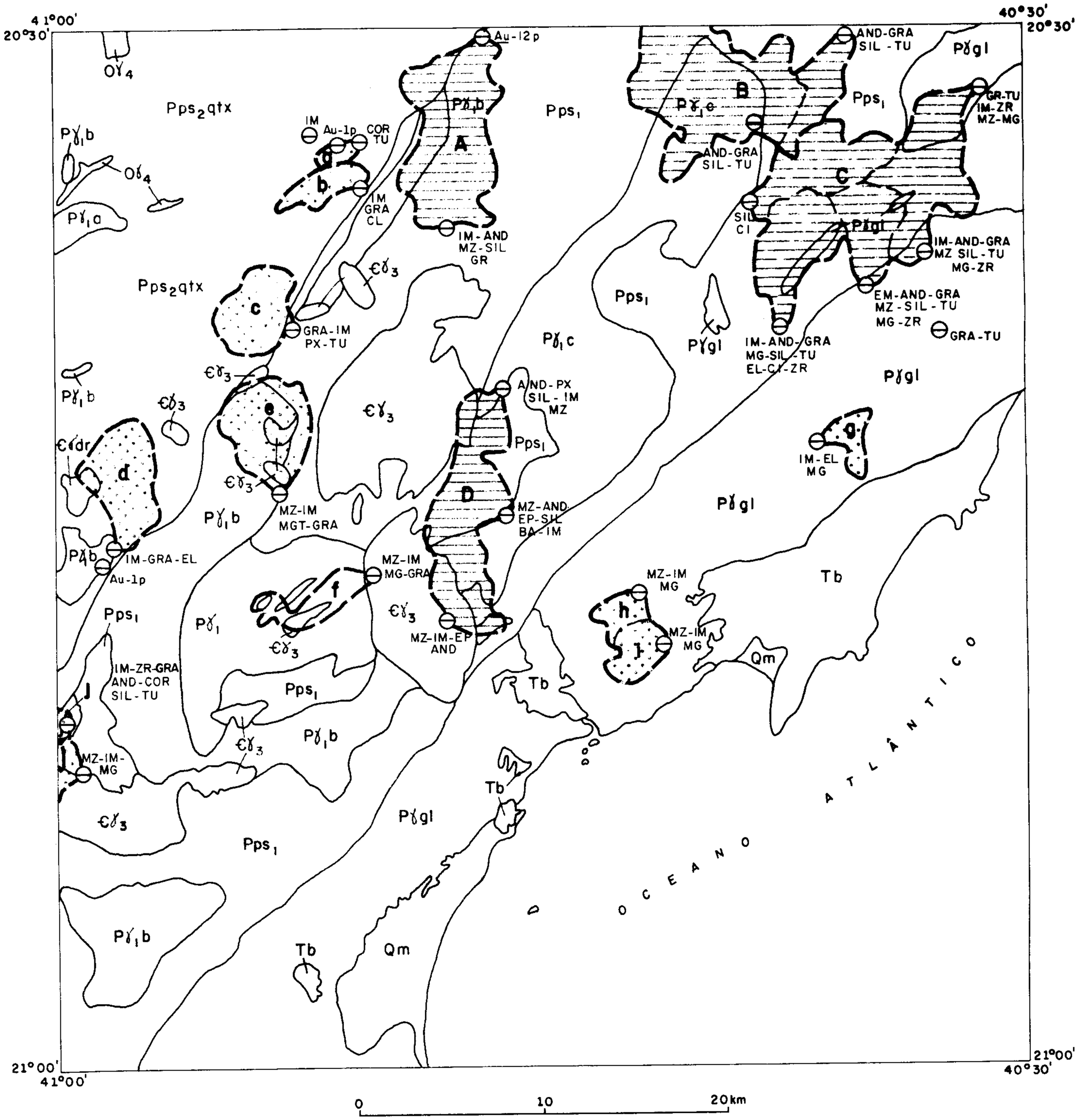
Descrição das estações mineralógicas isoladas:

Estação a – Abrange pequena área (quadrante NW) coincidente com a estação 1 (ver mapa de anomalia).

Foram identificadas dez variedades de minerais: monazita, coríndon, turmalina, granada, mica, andaluzita, sillimanita, zircão, xenotímio e leucoxênio. A monazita, a granada e o zircão apresentaram teores variando de 5 a 50%, enquanto os teores dos outros não excederam a 5%. Nenhum mineral de Ti foi detectado, com excessão de leucoxênio. Tudo indica que esses minerais são provenientes de uma fonte próxima, podendo ser um pegmatito.

Estações: b,c,d – IM, EL, GRA

As populações mineralógicas da área estão vinculadas às rochas de uma única unidade geológica: Pps2 (seqüência sillimanita-biotita-gnaisse). A ilmenita foi



CONVENÇÕES GEOQUÍMICO-MINERALOMÉTRICAS

ANS – Anatásio; AND – Andaluzita; BA – Barita; CI – Cianita; COR – Coríndon; EP – Epidoto EL – Espinélio; GRA – Granada; IM – Ilmenita; MG – Magnetita; MZ – Monazita PX – Piroxênio; TU – Turmalina; ZR – Zircão.

⊖ GRA – Estação mineralométrica de concentrado de bateia;

AU – 1 pinta – Estação mineralométrica com bacia de captação

MZ
IM
MG

AND-PX – Zona mineralométrica com 3 estações
SIL-IM
AND-EP
SIL-BA

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

Qm – sedimentos litorâneos; Tb – Grupo Barreiras; Oγ4 – granitos pós-transcorrentes; εγ3 – granitóides tardi- a pós-transcorrentes; εσ – diorito; Pγ1 – ortognaisses graníticos (porfiroblásticos); Pγ1a – ortognaisses graníticos; Pγ1b – ortognaisses tonalíticos; Pγ1c – ortognaisses granatíferos; Pγgl – gnaisses granulíticos; Pps1 – gnaisses aluminosos; Pps2 – sillimanita-biotita-gnaisses granatíferos.

Figura II.4.3 – Mapa mineralométrico da fração pesada de concentrados de bateia.

detectada em todas as estações, com teores variando de 5 a 25%, enquanto o espinélio, registrado em duas estações, apresentou teores abaixo de 1%.

Apenas com base na geoquímica não se tem uma idéia conceitual sobre a metalogênese desses minerais no âmbito dessa unidade geológica. Além dos minerais citados, foram detectados em menor quantidade e aleatoriamente os minerais seguintes: andaluzita, sillimanita, zircão, rutilo e monazita, cujos teores não excederam a 5%.

Estações: e,f – IM, MZ, MG, GRA

As concentrações minerais referentes a esta área estão relacionadas às rochas da Unidade Pγ1 (ortognaisses graníticos). Foram identificados mais cinco minerais apresentando teores >5%, quais sejam: andaluzita, sillimanita, zirconita, epidoto, mica.

Estação g – IM, EL, MG

Coincide com a zona anômala IV, localizada a NW de Guarapari. A amostra de bateia coletada na área registrou percentuais de magnetita e ilmenita variando de 5 a 50%, sendo identificado também o espinélio com teor <5%. Na área predominam rochas da Unidade Pγgl (gnaisses granulíticos).

Estações h,i – MZ, IM, MG

Apresentam-se coincidentes com as estações anômalas 7 e 8. Constituem as únicas estações mineralógicas filiadas aos granulitos. Além dos minerais citados, nas áreas ocorrem: granada, zircão (5 a 50%), turmalina, xenotímio, anatásio e rutilo (<5%).

Estação j – COR, TU, GRA, AND, SIL

Corresponde à anomalia geoquímica *g*, cuja área delimita um corpo aflorante da Unidade Pps1. Os demais minerais identificados foram: epidoto, piroxênio, monazita, anatásio e rutilo, cujos respectivos teores não excederam a 5%. Diques de pegmatitos devem constituir as principais fontes da maioria dos minerais detectados.

Estação l – MZ, IM, MG

No local predominam rochas graníticas pertencentes à Unidade ∈γ3. A área a montante da estação extrapola o limite oeste da folha. Os outros minerais identificados foram: andaluzita, sillimanita, granada, zircão, anatásio, rutilo e turmalina, apresentando teores inferiores a 5%.

Capítulo 5
Geofísica

por
Edson Lopes Barreto

5.1 Sistemática Adotada

A sistemática adotada consistiu na interpretação qualitativa dos mapas aeromagnetométricos gerados no Convênio Geofísica Brasil-Alemanha (CGBA), editados entre 1971 e 1973, a partir dos quais foram elaborados mapas de apoio à geologia.

A ausência de registros digitais contendo os dados magnéticos do aerolevantamento não permitiu a obtenção de mapas auxiliares da interpretação como os de primeira derivada, os de pseudo-susceptibilidade, os de separação regional/residual, etc.

Para a interpretação geofísica regional foram utilizados, além dos mapas supramencionados, os do Projeto Aerogeofísica São Paulo-Rio de Janeiro (levantamento magneto-gamaespectrométrico executado pela ENCAL, em 1979, e dados processados pela CPRM em 1988), considerando uma área que compreende o centro-leste e sudeste de Minas Gerais, a porção sul do Espírito Santo, e a parte central e oriental do Rio de Janeiro.

O PLGB levantou seis perfis terrestres de gravimetria visando definir a compartimentação tectônica regional (figura II.5.1). Os parâmetros geométricos das fontes das anomalias detectadas nesses perfis foram estimados por modelamento através de *softwares*.

5.2 Dados Utilizados

5.2.1 Aerogeofísica

Os dados apresentados nos mapas de magnetometria provêm do Convênio Geofísica Brasil-Alemanha, CGBA (1971-1973), em aerolevantamento executado pela PRAKLA, efetuado com linhas de vôo E-W espaçadas de 2km e altitude constante (barométrico), com altura média de 800m sobre o terreno.

Estes mapas, nas escalas 1:100.000 e 1:500.000, têm intervalo de contorno de 5nT entre isolinhas de valores: 1) interpolados a partir de perfis de vôo previamente nivelados; 2) corrigidos da variação diurna do campo geomagnético; e 3) isentos do IGRF (International Geomagnetic Reference Field).

Os mapas são de boa qualidade, entretanto a altura de vôo implica em atenuação excessiva do sinal correspondente a fontes inexpressivas ou a estruturas mais superficiais. Outra limitação é a interrupção das isolinhas entre os blocos sobre os quais a área foi sobrevoada, a fim de manter a mesma altura de vôo.

5.2.2 Geofísica Terrestre

Foram levantados dois perfis de gravimetria: de Matipó (MG) até Vitória (ES) e de Barra do Itapemirim (ES) até Espera Feliz (MG).

O levantamento utilizou gravímetro Lacoste & Romberg (geodésico), com leituras a cada quilômetro. Os dados foram processados pelo Observatório Nacional, dentro do Convênio CPRM/CNPq-ON.

Os valores Bouguer foram calculados por:

$$Vb = AB + g - g'', \text{ onde}$$

AB = correção de Ar-Livre e correção Bouguer
g = gravidade medida
g'' = gravidade teórica

O caráter regional da interpretação permitiu dispensar a precisão dada pela correção de terreno, por ser excessiva e morosa.

As densidades de amostras de litótipos da área, determinadas para fins de interpretação quantitativa, em g/cm^3, são as seguintes:

granitos	2,67	tonalitos	2,75
granodioritos	2,67	charnockitos	2,70
dioritos	2,84	migmatitos	2,78
gnaisses	2,72	kinzigitos	2,78

5.3 Interpretação e Correlação dos Dados

5.3.1 Interpretação Geofísica Regional

5.3.1.1 Gravimetria

O estudo gravimétrico, através do mapa Bouguer (Haralyi *et al.*, 1985a) enriquecido de dados obtidos em partes dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo (figura II.5.1), bem como dos perfis

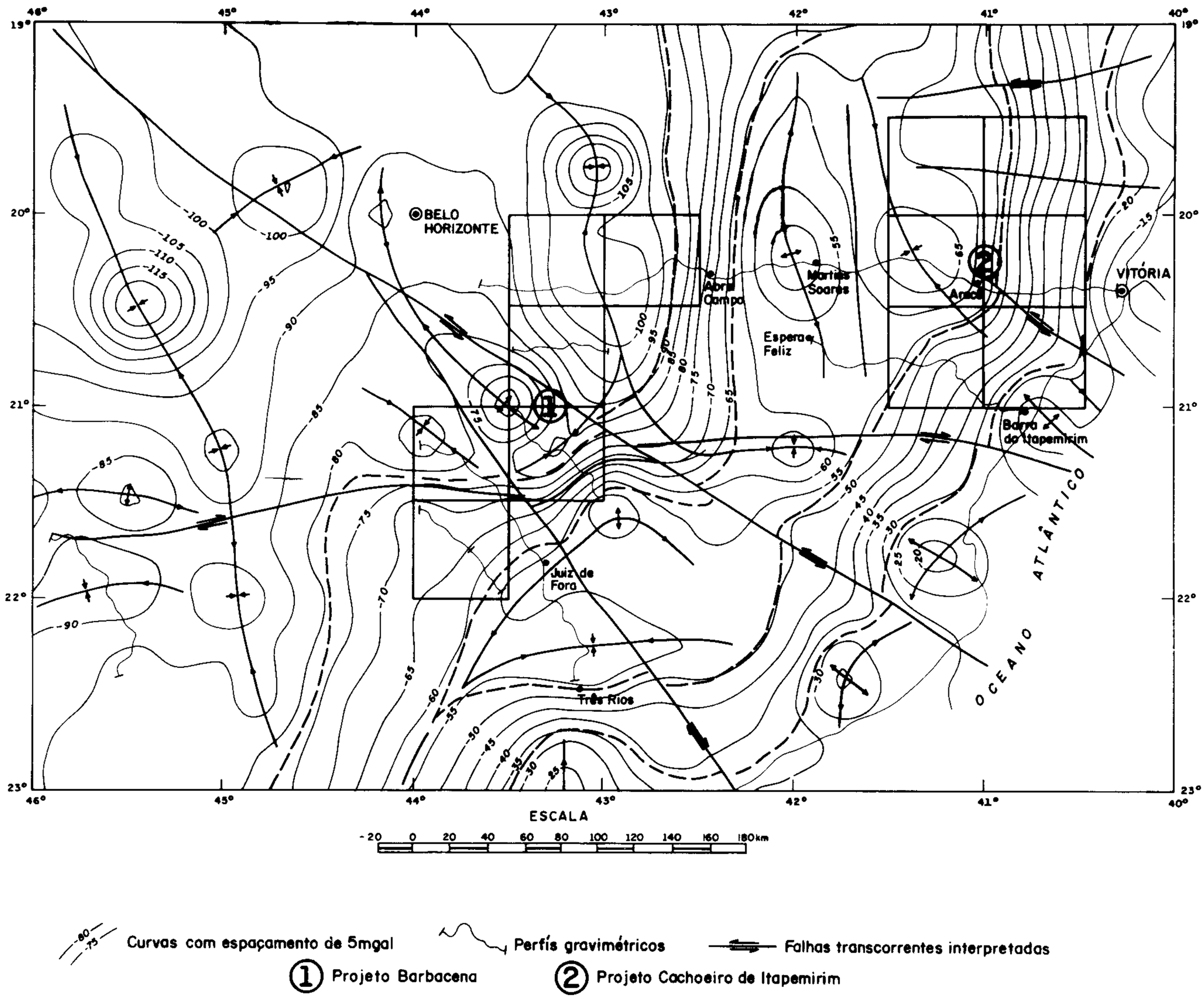


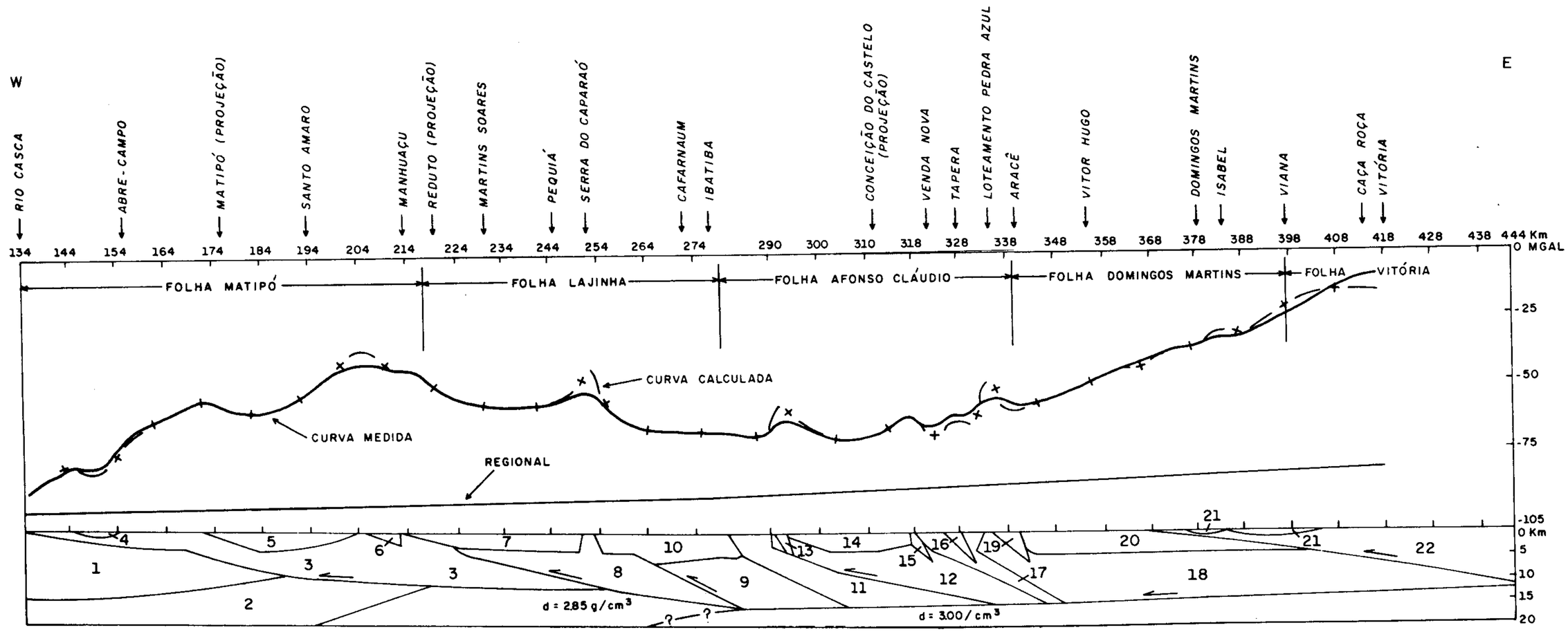
Figura II.5.1 – Esboço do mapa Bouguer (MG/ES/RJ).

gravimétricos supramencionados (figuras II.5.2 e II.5.3), evidencia um pronunciado adelgaçamento da crosta em direção à faixa costeira do Estado do Espírito Santo e mostra um quadro de grandes estruturas regionais relacionadas a um processo de colisão de blocos com eventos sin e pós-tectônicos com intrusões de origem mantélica e outras originadas de fusão na interface crosta/manto, com incorporação de material crustal. No alto gravimétrico de Manhuaçu, cujo centro coincide com a cidade de mesmo nome, ocorrem rochas de alto grau. A extensa depressão gravimétrica entre as cidades de Martins Soares e Aracê é indicativa de espessamento crustal. Alguns baixos gravimétricos correspondem a complexos intrusivos de composição granítica como os de Iuna e Venda Nova, no perfil Matipó-Vitória (figura II.3.4).

Duas faixas de gradientes elevados, no mapa Bouguer (figura II.5.1), caracterizam as descontinuidades de Abre-Campo, a oeste, e a costeira, a leste, ambas com direção geral N-S na parte norte e central, infletindo para SW a nordeste de Rio Novo (MG), provocando uma verdadeira soldadura entre as faixas. Este mapa também evidencia três falhas transcorrentes principais, uma de direção aproximada E-W que, juntamente com a segunda falha de direção N45°W, parece ter produzido a primeira junção entre as duas faixas de gradientes elevados.

A terceira falha, de direção geral NW-SE, parece ter movimento contrário ao das duas primeiras, observando-se um afastamento entre as faixas, o que, nessa parte, implica um pequeno espessamento crustal, identificado pelo baixo gravimétrico cujo centro está localizado a nordeste da cidade de Três Rios.

O mapa Bouguer mostra que a sudoeste da falha as faixas se fundem num processo de nova soldadura, ocorrendo, como no caso anterior, um forte gradiente lateral ascendente para leste, com uma variação de amplitude de 55mgal. Os esforços atuantes na região parecem definir um



$d_1 = 2{,}70\,g/cm^3$

$d_2 = d_{20} = d_{21} = 2{,}75\,g/cm^3$

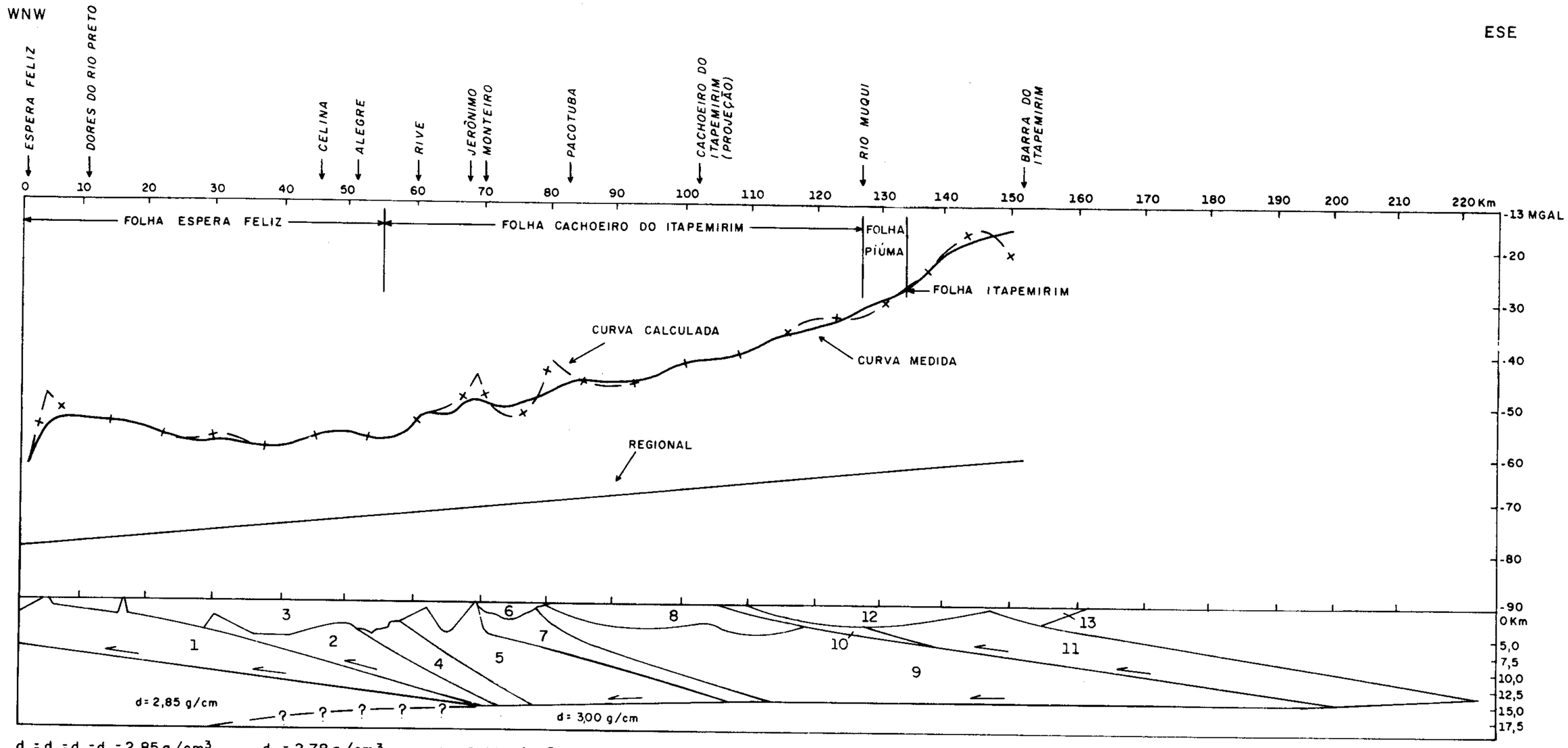
$d_3 = d_8 = d_9 = d_{12} = d_{18} = d_{22} = 2{,}85\,g/cm^3$

$d_4 = d_5 = d_6 = d_7 = d_{10} = d_{11} = d_{14} = d_{17} = d_{19} = 2{,}78\,g/cm^3$

$d_{13} = 2{,}94\,g/cm^3$

$d_{15} = d_{16} = 2{,}90\,g/cm^3$

Figura II.5.2 – Modelamento gravimétrico – Perfil Matipó-Vitória.



$d_1 = d_2 = d_5 = d_9 = 2{,}85\ g/cm^3$ $d_4 = 2{,}78\ g/cm^3$ $d_{11} = 2{,}82\ g/cm^3$

$d_3 = d_6 = d_7 = d_{10} = 2{,}76\ g/cm^3$ $d_8 = 2{,}74\ g/cm^3$ $d_{12} = d_{13} = 12{,}75\ g/cm^3$

Figura II.5.3 – Modelamento gravimétrico – Perfil Espera Feliz – Barra do Itapemirim.

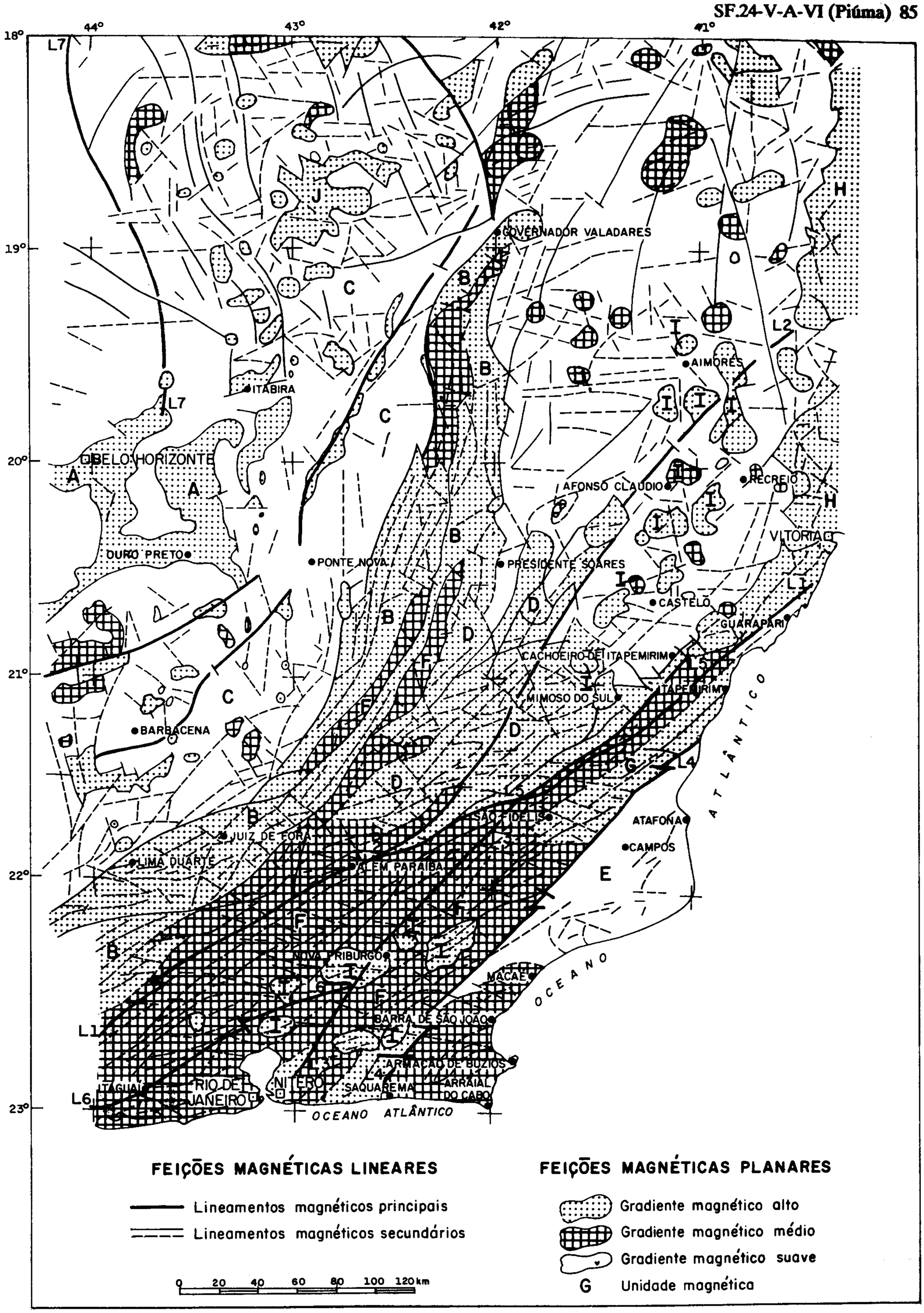


Figura II.5.4 – Mapa magnético regional.

quadro de grandes eventos tectônicos, estando a área entre as duas faixas sujeitas a processos de deslocamentos de blocos e intrusões de naturezas ácidas e básicas.

A faixa de gradiente elevado da descontinuidade de Abre-Campo delimita o contato oeste do Complexo Juiz de Fora.

A interpretação gravimétrica correlacionou altos e baixos Bouguer a feições geológicas: os anticlinais das serras do Caparaó e do Valentim, rochas de alto grau, o Granito de Iuna, o Complexo Venda Nova, corpos intrusivos de natureza básica e os maciços Santa Angélica e Castelo, em subsuperfície.

Perfil Matipó-Vitória

O perfil gravimétrico Matipó-Vitória (figura II.5.2), de aproximadamente 240km de extensão, em que pese o caráter regional, mostrou boas correlações com as unidades geológicas conhecidas. Este perfil é a continuação do perfil Cachoeira do Campo-Matipó. Seu gradiente predominantemente ascendente para leste (-60mgal na estação 171 e -7mgal na estação 418, Vitória), evidencia o adelgaçamento da crosta continental em direção à costa, onde os mergulhos dos corpos sofrem uma atenuação em profundidade. Os corpos modelados são os seguintes:

Corpo 1: 2,70g/cm^3, ortognaisses do Complexo Mantiqueira cavalgados pelo cinturão granulítico (Complexo Juiz de Fora, corpo 3).

Corpo 2: 2,75g/cm^3, não tem significado geológico conhecido.

Corpo 3: 2,85g/cm^3, entre a descontinuidade de Abre-Campo e a cidade de Manhuaçu, causa notável alto gravimétrico. São rochas de alto grau da Faixa Móvel (Complexo Juiz de Fora, corpo 3) que cavalga o corpo 1 (ortognaisses do Complexo Mantiqueira).

Corpos 4, 5, 6, 7 e 10: 2,78g/cm^3, desde oeste de Abre Campo a leste de Ibatiba, supracrustrais que determinam no perfil baixos gravimétricos de pequena amplitude. O corpo 7 mostra uma feição em sinclinal com o corpo 8 subjacente.

Corpo 8: 2,85g/cm^3, rocha de alto grau, aflorante na porção norte da encosta da serra do Caparaó, forma o anticlinal de Caparaó, cujo efeito é um alto Bouguer entre as estações 249 e 256. Aí, rochas arqueanas e do Proterozóico Inferior (?), tais como charnockitos, granulitos, granada-sillimanita-gnaisses e quartzitos estão expostas no Complexo Juiz de Fora (Hasui & Oliveira, 1984).

Corpos 9 e 18: 2,85g/cm^3, rochas de alto grau não aflorantes, responsáveis por altos gravimétricos.

Corpo 11: 2,78g/cm^3, entre as estações 278 (Ibatiba) e 288, rocha intrusiva, provavelmente de raiz profunda.

Corpo 12: 2,85g/cm^3, rochas de alto grau com enclaves de rochas básicas, estações 288 e 293, provavelmente aflorantes.

Corpo 13: 2,94g/cm^3, enclaves das rochas básicas supracitadas, reconhecidas em amostras coletadas no mesmo local.

Corpo 14: 2,78g/cm^3, estações 293 e 315 (Conceição do Castelo), supracrustais determinam um baixo gravimétrico.

Corpos 15 e 16: 2,90g/cm^3, estações 315 a 340, de Conceição do Castelo a Aracê, enclaves de rochas básicas no Maciço de Venda Nova (corpo 17).

Corpo 17: 2,78g/cm^3, mesmo seguimento Bouguer anterior, corpos intrusivos de granito do Maciço Venda Nova com os enclaves de rochas básicas supramencionados.

Corpo 18: 2,85g/cm^3, estações 333 a 341, rochas de alto grau causam um alto gravimétrico.

Corpo 19: 2,78g/cm^3, mesmo segmento Bouguer do corpo 18, rochas intrusivas ácidas do Maciço Venda Nova responsáveis pelo baixo gravimétrico.

Corpo 20: 2,75g/cm^3, supracrustais mapeáveis de espessura inferior a 4km, o perfil gravimétrico é, contudo, ascendente para leste devido à contribuição do corpo 18.

Corpo 21: 2,75g/cm^3, gnaisses aluminosos, visto que pouco espesso, causa um baixo de pequena amplitude na última porção do perfil.

Corpo 22: 2,85g/cm^3, rochas de alto grau do Complexo Costeiro que acavalaram os gnaisses do Complexo Paraíba do Sul localizados na extremidade leste do perfil.

Perfil Espera Feliz-Barra do Itapemirim:

O perfil Espera Feliz–Barra do Itapemirim (figura II.5.3) permite a definição da descontinuidade da faixa costeira, até próximo à descontinuidade de Abre-Campo, indicando uma estrutura semelhante à definida no perfil Matipó–Vitória. Surpreendentemente, o lineamento de Guaçuí, bem definido pela geologia, não respondeu à gravimetria.

O modelamento atribui ao mesmo perfil os seguintes corpos:

Corpo 1: 2,85g/cm^3, determina o alto gravimétrico nos 20km iniciais do perfil. São rochas de alto grau dos complexos Juiz de Fora, presentes no anticlinal da serra do Caparaó, também detectado no perfil Matipó–Vitória. Ascende suavemente para oeste – pequenos ângulos de mergulho – possivelmente indicando seu cavalgamento sobre os ortognaisses do Complexo Mantiqueira, ainda que o perfil não corte a zona de elevado gradiente (faixa móvel). Aí pode-se inferir a descontinuidade de Abre-Campo, vista como uma geossutura causada por colisão de continentes ou fragmentos continentais (Gibb, *et al.*, 1983).

Corpo 2: 2,85g/cm^3, provavelmente crosta intermediária inferior separada do corpo 5 por intrusão do maciço Santa Angélica, ou seja, corpo 4.

Corpo 3: 2,76g/cm^3, entre as estações 5 e 70 (Jerônimo Monteiro), rochas supracrustais.

Corpo 4: 2,78g/cm^3, estações 50 (Alegre) e 60 (Rive), maciço intrusivo de Santa Angélica, entre os corpos 2 e 5.

Corpo 5: 2,85g/cm^3, crosta intermediária.

Corpo 6: 2,76g/cm^3, juntamente com o corpo 8, representam rochas supracrustais.

Corpo 7: 2,76g/cm^3, ortognaisse Estrela, em subsuperfície entre as estações 70 (Jerônimo Monteiro) e 80 (próxima a Pacotuba).

Corpo 8: 2,74g/cm3, rochas supracrustais.

Corpo 9: 2,85g/cm3, rochas de alto grau do Complexo Costeiro causam forte gradiente ascendente para leste, entre as estações 55 (limite leste da Folha Espera Feliz) e 152 (Barra do Itapemirim), com variações locais de altos e baixos gravimétricos. No mapa Bouguer, na faixa costeira, estas rochas registram uma grande descontinuidade próxima a Pacotuba, onde aflora, e mais uma outra, visível no perfil próximo à estação 130. Isto evidencia um duplo cavalgamento.

Corpo 10: 2,76g/cm^3, placa fina intrusiva de composição granítica, aflora em torno da estação 110.

Corpo 11: 2,82g/cm^3, outro alto gravimétrico de rochas de alto grau, Complexo Costeiro. Ascende para oeste indicando duplo cavalgamento decorrente da colisão entre continentes.

Corpo 12: 2,75g/cm^3, estações 110 e 150, gnaisses aluminosos do complexo Paraíba do Sul.

Corpo 13: 2,75g/cm^3, não tem significado geológico conhecido.

5.3.1.2 Aeromagnetometria

O mapa aeromagnetométrico regional (figura II.5.2) apresenta um relevo magnético que varia de suave a extremamente movimentado, com gradientes elevados, definindo extensas feições planares e lineares. Mostra um padrão de estruturação complexo, sem direções predominantes. No Rio de Janeiro e sudeste de Minas Gerais, a predominância é NE-SW, passando a variar entre NNW-SSE na porção norte do mapa. Esse padrão é marcante e reflete os intensos movimentos e deformações que ocorrem ao lado de anomalias indicativas de corpos com pouca ou nenhuma deformação.

A estruturação indicada pelo mapa de interpretação magnética coincide aproximadamente com aquela presente no Esboço Geotectônico Regional de parte da Região Sudeste (figura II.5.2), na mesma escala, compilado a partir das informações geológicas disponíveis.

A seguir é apresentada uma correlação das principais feições estruturais/tectônicas e das grandes unidades litológicas – com as zonas magnéticas, ambas registradas nos mapas supracitados.

a) Descontinuidade de Abre-Campo

A descontinuidade de Abre-Campo, indicada na figura II.5.1 e definida por Haralyi (1985), compreende o cinturão de cisalhamento em que ocorrem os terrenos granulíticos do Complexo Juiz de Fora. Está representado no mapa de interpretação pela unidade magnética "B", composta por anomalias bastante estiradas, de relevo acentuado, alinhadas segundo a direção da estruturação do cinturão. Estende-se dentro de uma faixa de direção predominante NE-SW que vai, no mapa, de Lima Duarte (a oeste de Juiz de Fora) até próximo a Governador Valadares, onde a direção se torna quase N-S.

b) Lineamentos Paraíba do Sul/Guaçuí/Batatal

O lineamento Paraíba do Sul apresenta-se muito bem definido pelo lineamento magnético "L1", que se estende desde a região norte de Itaguaí até próximo a Vitória. No mapa de interpretação magnética, o lineamento Guaçuí ("L2") aparece como uma ramificação do Paraíba do Sul. Próximo a Afonso Cláudio, ele se bifurca, infletindo para NE e se estendendo também para o norte. O lineamento Batatal também aparece como uma ramificação do Paraíba do Sul, segundo o lineamento magnético "L5", embora sua representação no mapa se estenda somente até próximo a Cachoeiro do Itapemirim.

O lineamento magnético "L3" não tem correspondência no Esboço Geotectônico, possivelmente por estar recoberto pelos gnaisses do Complexo Paraíba do Sul, que ocorrem segundo uma faixa que acompanha a direção deste lineamento. Além disso, o lineamento "L3" delimita aproximadamente a borda do batólito granitóide do Rio de Janeiro.

Também sem correspondência no Esboço Geotectônico, o lineamento magnético "L4" parece indicar o limite da Bacia de Campos, representada pela unidade magnética "E", sugerindo que sua borda é definida por falhamento.

No quadrante noroeste do mapa, o lineamento magnético "L7" acompanha aproximadamente a borda da bacia do Bambuí.

O mapa de interpretação magnética também apresenta, vinculados a esses lineamentos, e principalmente no Rio de Janeiro, feições magnéticas representativas de sigmóides, indicativas de uma tectônica transcorrente.

Aparece ainda no mapa de interpretação, na região correspondente ao Rio de Janeiro e sul/sudeste de Minas Gerais, uma estruturação secundária, também transcorrente, de direção geral NW a E-W, aparentemente posterior às deformações transcorrentes principais e de movimento claramente sinistral.

c) Plutonismo Granitóide

Situando-se entre o lineamento Paraíba do Sul (lineamento magnético "L1") e o cinturão de cisalhamento Abre-Campo (unidade magnética "B"), o plutonismo granitóide, correspondente a várias suítes intrusivas no Espírito Santo, está bem representado por anomalias isoladas e bem distintas (unidades magnéticas "I"), indicando a diferenciação magnética ocorrida nesses granitóides, com assinatura mais mantélica, os quais ainda sugerem um processo de alívio de tensões, com gênese tardi- a pós-transcorrência, devido à preservação parcial ou integral de suas feições, em contraste com a intensa deformação dos terrenos vizinhos.

d) Supergrupos Minas/Rio das Velhas

A unidade magnética "A" delimita aproximadamente a ocorrência das supracrustais dos dois supergrupos.

Engloba anomalias magnéticas de grande amplitude (até 2.000nT), refletindo a contribuição das formações ferríferas com magnetita do Rio das Velhas.

e) Complexo Mantiqueira

Os ortognaisses e paragnaisses do Complexo Mantiqueira apresentam um gradiente magnético bastante suave, com anomalias isoladas de maior amplitude. Estão representados pela unidade magnética "C".

f) Complexo Juiz de Fora

Além das ocorrências de rochas de alto grau, segundo a descontinuidade crustal de Abre-Campo (unidade magnética "B"), ocorrem também granulitos básicos entre essa descontinuidade crustal e o lineamento Paraíba do Sul ("L1"), incluídos na unidade magnética "D". No entanto, apresentam-se assinaturas magnéticas distintas. Enquanto as primeiras apresentam uma orientação mais linear das anomalias, com estiramento intenso, predominantemente segundo a direção da descontinuidade Abre-Campo, a segunda apresenta um padrão de orientação mais variado, refletindo provavelmente a ocorrência de deformações diferentes com relação às atuadas nas primeiras.

g) Grupo Paraíba do Sul/Complexo Rio Bonito-Lumiar

As rochas do Grupo Paraíba do Sul (gnaisses aluminosos) e do Complexo Rio Bonito-Lumiar, predominantemente gnaisses, estão associadas à unidade magnética "F", caracterizada por um relevo magnético suave na parte norte da região com anomalias orientadas, indicando um aumento da deformação para sul, segundo a direção de esforços de transcorrência que atuaram na região. Aparentemente, os gnaisses aluminosos do Complexo Paraíba do Sul estão estruturados segundo a direção dos esforços cisalhantes que atuaram na região. Nessa unidade magnética também se inclui o batólito granitóide do Rio de Janeiro.

A unidade magnética "G" corresponde às ocorrências de terrenos granulíticos, encaixadas em rochas do Complexo Rio Bonito-Lumiar, com anomalias indicando uma deformação intensa, com orientação segundo a direção da estruturação predominante na área.

Embora a unidade magnética "D" englobe parte da ocorrência de rochas do Paraíba do Sul, entre os lineamentos magnéticos "L1" e "L2", as expressivas anomalias da unidade "D" devem corresponder a ocorrências de granulitos básicos subjacentes aos gnaisses do Grupo Paraíba do Sul.

h) Complexo Gnáissico Indiscriminado

A ocorrência das rochas desse Complexo também corresponde à unidade magnética "F", de relevo magnético bastante suave.

Cobrindo parte desse Complexo, foi interpretada a unidade magnética "H", que deve refletir a ocorrência de terrenos de rochas básicas, aflorantes ou subjacentes às rochas deste Complexo. Nessa área, as anomalias não refletem uma deformação muito expressiva, apresentando anomalias alinhadas segundo várias direções, mais ou menos deformadas, e até mesmo algumas anomalias circulares, provavelmente de natureza intrusiva. Sugere ainda que essa área esteve submetida a processos de deformação de menor intensidade, e que a zona de transcorrência de maior deformação provavelmente é a que passou entre Guarapari e Vitória (lineamento "L1"), com direção aproximada NE, até a costa.

i) Complexos Gnáissicos Retrabalhados

As rochas desse Complexo têm correspondência com a unidade magnética "C", com relevo magnético bastante suave.

Interrompendo a monotonia magnética regional, aparece a unidade magnética "J", refletindo deformações complexas, que correspondem em parte aos granitóides pré-cambrianos que ocorrem na área, bem como a unidade "L", coincidente, inclusive na forma, com os granitóides do Proterozóico Superior que ocorrem ao norte de Governador Valadares. Provavelmente, devem apresentar processos de diferenciação magmática com geração de termos básicos, considerando o padrão das anomalias magnéticas associadas.

5.3.2 Interpretação Geofísica da Folha Piúma

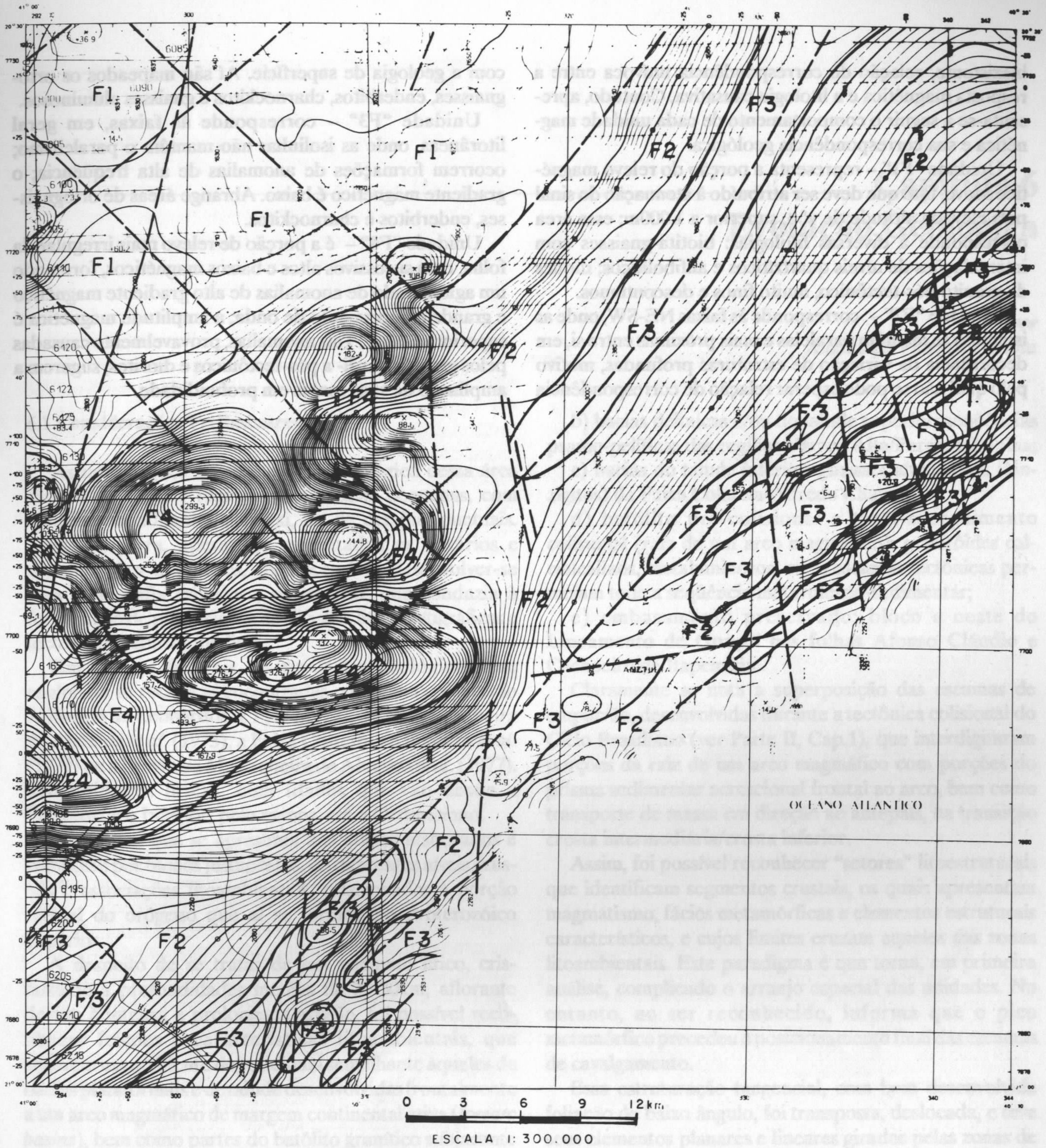
5.3.2.1 Aeromagnetometria

A interpretação qualitativa consistiu na identificação de lineamentos e de unidades magnéticas, definidas por padrões magnéticos similares. Posteriormente se correlacionou essa interpretação com os dados geológicos de campo, buscando uma explicação, nem sempre possível, para as feições interpretadas.

O mapa magnetométrico da folha (figura II.5.5) é notável pelo fato de manter o paralelismo das isolinhas – em geral, na direção NE-SW, de alto gradiente – que é interrompido na porção centro-oeste da folha. Aí forma uma conjunto de grandes anomalias, com variação de amplitude superior a 600nT; ao longo do litoral o paralelismo das isolinhas é alternado por faixas de alta freqüência. A porção extrema do quadrante noroeste, sobrevoada a uma altitude mais elevada, tem, por isso mesmo, neste local, o sinal magnético mais atenuado. É evidente a estruturação NE-SW representada pelos lineamentos magnéticos com outros NW-SE secundários.

As unidades magnéticas interpretadas estão identificadas por letras; representam, em conjunto com os lineamentos identificados, a análise qualitativa do mapa de contorno de intensidade do campo magnético total.

A partir da interpretação desse mapa, tentou-se identificar padrões de comportamento magnético associados a uma mesma unidade litológica definida no mapeamento geológico, de modo que a suposta "assinatura" magnética da unidade geológica pudesse servir de guia para litótipos semelhantes. Lamentavelmente, a ambigüidade do método magnético não permite a plena utilização do termo "assinatura", em razão deste traduzir uma desejável, porém



FEIÇÕES PLANARES - DEFINIÇÃO EM ÁREA:

B — Unidade magnética

B.2 — Subunidade ou zona magnética

FEIÇÕES LINEARES

Lineações ou alinhamentos magnéticos principais

Lineações ou alinhamentos magnéticos secundários

Figura II.5.5 – Mapa aeromagnetométrico da Folha Piúma.

inexistente, relação de correspondência unívoca entre a resposta magnética e a litologia causativa. Contudo, apresenta-se a seguir o comportamento de cada unidade magnética e sua correspondência geológica:

Unidade "F1" – representa a porção do relevo magnético suave, fato que deve ser atribuído à atenuação do sinal pela elevada altitude de vôo, superior a 1.000m; essa área corresponde a diversas litologias: biotita-gnaisses com intercalações de níveis quartzíticos e anfibolíticos; diques de granito pós-tectônico, muito finos e descontínuos.

Unidade "F2" – corresponde às faixas NE-SW, onde as isolinhas se mantêm paralelas e mais próximas entre si, em decorrência da variação de estruturas profundas, motivo pelo qual não se pode esperar relação de correspondência com a geologia de superfície. Aí são mapeados os ortognaisses, enderbitos, charnockitos e gnaisses aluminosos.

Unidade "F3" – corresponde às faixas, em geral litorâneas, onde as isolinhas não mantêm o paralelismo; ocorrem formações de anomalias de alta freqüência; o gradiente magnético é baixo. Abrange áreas de ortognaisses, enderbitos e charnockitos.

Unidade "F4" – é a porção de relevo mais irregular da folha, com sucessivos altos e baixos magnéticos, formando um aglomerado de anomalias de alto gradiente magnético e grande comprimento de onda; a amplitude magnética é superior a 600nT. Tais anomalias, provavelmente causadas pelos granitos tardi- a pós-tectônicos e dioritos, sugerem a ampliação de suas fontes em profundidade.

Capítulo 6
Evolução Geológica

por
Atahualpa Valença Padilha

6.1 Considerações Preliminares

As informações sobre o quadro geológico dessa área são ou de caráter regional, em escalas pequenas, com conceitos conflitantes entre si, ou de detalhe, puntuais. Dessa maneira, apesar de respeitados os critérios e classificações anteriores, foi necessário desenvolver-se uma cartografia criteriosa, sistemática, que conduziu à formulação de proposições de divisões litoestratigráficas e tectono-estruturais inéditas.

Em termos formais, as unidades geológicas que englobam as rochas aí encontradas compõem o Cinturão Atlântico de Leonardos & Fyfe (1974), o Cinturão Ribeira de Almeida *et al.* (1973), a Faixa Costeira de Fonseca *et al.* (1979) ou a Província Mantiqueira de Almeida *et al.* (1977). São unidades líticas, com idades que vão desde o Proterozóico Inferior, pelo menos, até o Ordoviciano.

O mosaico que se apresenta nos mapas elaborados é composto por blocos justapostos, de diferentes níveis crustais e associações litoambientais, relacionados à porção racinal do orógeno que aí se formou no Proterozóico Superior.

A despeito de se tratar de um conjunto lítico, cristalizado a profundidades médias de 20-30km, aflorante devido à intensa e prolongada erosão, foi possível reconhecer feições e características litoambientais, que sugerem um ambiente deposicional semelhante àqueles de bacias plataformais e de talude desenvolvidas frontalmente a um arco magmático de margem continental ativa (*forearc basins*), bem como partes do batólito granítico subjacente ao arco vulcânico e do embasamento Proterozóico Inferior/Arqueano. A sugestão do arco magmático é reforçada pela predominância de diques e soleiras de anfibolitos e metagabros nas supracrustais das bacias plataformais, em detrimento das de talude, onde depositou a seqüência flishóide – os gnaisses aluminosos kinzigíticos.

As sugestões de litoambientes para essas unidades são:

a) bacias da plataforma continental adjacentes ou superpostas ao arco: seqüências psamo-pelítico-carbonáticas das regiões de Mutum e Sobreiro, Cachoeiro de Itapemirim/Várzea Alta, Afonso Cláudio/Alegre;

b) bacias deltaicas e/ou do talude superior: seqüências psamo-pelíticas das regiões Várzea Alta/Paraju e Itapina;

c) bacias do talude inferior: gnaisses aluminosos (kinzigitos) da Faixa Colatina-Alfredo Chaves.

d) batólito pré-colisional a tardi-soerguimento colisional (raiz de um arco magmático): granitóides calcialcalinos, metaluminosos, cujas escamas tectônicas permeiam toda a seqüência metavulcano-sedimentar;

e) embasamento preservado: bloco a oeste do Lineamento de Guaçuí nas folhas Afonso Cláudio e Cachoeiro de Itapemirim.

Claramente se nota a superposição das escamas de empurrão, desenvolvidas durante a tectônica colisional do Ciclo Brasiliano (ver Parte II, Cap.1), que interdigitaram porções da raiz de um arco magmático com porções do prisma sedimentar acrescional frontal ao arco, bem como transporte de massa em direção ao antepaís, na transição crosta intermediária/crosta inferior.

Assim, foi possível reconhecer "setores" litoestruturais que identificam segmentos crustais, os quais apresentam magmatismo, fácies metamórficas e elementos estruturais característicos, e cujos limites cruzam aqueles das zonas litoambientais. Este paradigma é que torna, em primeira análise, complicado o arranjo espacial das unidades. No entanto, ao ser reconhecido, informa que o pico metamórfico precedeu o posicionamento final das escamas de cavalgamento.

Essa estruturação tangencial, com bem desenvolvida foliação de baixo ângulo, foi transposta, deslocada, e teve seus elementos planares e lineares girados pelas zonas de cisalhamento transcorrente que cortam os limites tectono-metamórficos dos empurrões. Esse regime de transcorrência provocou o dobramento flexural das coberturas. Mais desenvolvido nas zonas superiores da crosta intermediária e essencialmente transpressivo, condicionou, em seu final, a constituição de zonas transtensivas, aparentemente segundo direções da componente "P", de direção NNE/SSW, propícias ao posicionamento diapírico dos plútons tardi-transcorrentes diferenciados das suítes intrusivas Aimorés e Santa Angélica.

Esses setores litoestruturais foram, tentativamente, agrupados nos domínios geotectônicos seguintes:

a) Paraplataforma Brasiliana
a.1) setor extremo nordeste
a.2) setor noroeste
b) Cinturão de cisalhamento de baixo ângulo Muqui-Colatina
b.1) setor central
b.2) setor leste
Como evento magmático terminal houve a intrusão de granitos não diferenciados a allanita, gabros, noritos circunscritos e anortositos.

As determinações geocronológicas nas rochas do embasamento Proterozóico Inferior e/ou Arqueano retrabalhado, nas rochas da cobertura metassedimentar e nas intrusões graníticas associadas mostram um quadro evolutivo que se inicia na fase principal do Ciclo Tectonotermal Brasiliano, anterior a 660Ma. – idade do metamorfismo cata e mesozonal, precoce à tectônica colisional, sofrendo efeito térmico das intrusões tardi-transcorrência no intervalo de 520±10Ma. – encerrando-se com o resfriamento regional, marcado pelo fechamento do sistema K-Ar em temperaturas abaixo de 250°C, no Ordoviciano, há 440±20M.a.

6.2 Domínios Geotectônicos

Na área em questão foram reconhecidas duas unidades geotectônicas, tendo sido utilizados como parâmetros a superposição de eventos, o evento cuja impressão é dominante, o regime tectônico dominante e a associação magmática correlativa.

Essas unidades são, de oeste para leste, a Paraplataforma de Mutum e o Cinturão de Cisalhamento de Baixo Ângulo Muqui-Colatina.

6.2.1 Paraplataforma de Mutum

A região a oeste do Lineamento de Guaçuí apresenta característica superposição de três fases deformacionais, sendo a região onde estão melhor representadas as dobras flexurais das duas fases penecontemporâneas às grandes zonas de cisalhamento transcorrente.

Também é caracterizada pela influência da intrusão tardi-transcorrência da Suíte Intrusiva Galiléia e a seqüência lítica plataformal, com ritmitos de águas rasas da região de Mutum – unidades Pps4, Pps6 e Pps7 do Complexo Paraíba do Sul.

A intrusão da Suíte Intrusiva Galiléia, tardi-transcorrência, provocou a deformação das guirlandas de foliação dos metassedimentos de modo centrífugo e conferiu um formato radial aos conjuntos de afloramentos.

Esta sedimentação plataformal está intimamente associada a blocos do embasamento granulítico, corpos granitóides sin- a tardi-tangenciais e corpos de anfibolitos, sugerindo desenvolvimento em bacias frontais a um arco magmático em margem continental ativa. No entanto, a imbricação tectônica dessa seqüência plutono-vulcanosedimentar e de seu embasamento, cavalgando a margem continental, quando da inversão, mascara as relações iniciais da bacia de sedimentação.

É a região do projeto de mais baixo grau de metamorfismo, com sua região sudeste atingindo a isógrada da cordierita, enquanto porções de sua região noroeste encontram-se na isógrada da estaurolita.

Da mesma maneira, é o local onde os dobramentos sin-transcorrência foram melhor definidos, devido, entre outros fatores, à grande anisotropia primária dada pela alternância litológica entre quartzitos, pelitos, calcissilicáticas, grauvacas, metavulcânicas e mármores, realçada pela foliação desenvolvida quando da transposição de baixo ângulo, subparalela ao acamamento em regime dúctil.

Em termos estruturais subdivide-se em dois setores, já mencionados anteriormente: o extremo noroeste e o noroeste. O que caracteriza essa divisão é a posição dos eixos principais do dobramento D2, caracterizado pelo aspecto geral das guirlandas da foliação S1/S0, desenhadas nos diagramas de Schmidt-Lambert. Enquanto no setor extremo noroeste as dobras D2 apresentam eixos, em média, segundo NE-SW, caindo para NE, no setor noroeste essas dobras têm eixos, em média, dirigindo-se segundo NNE-SSW. Essas direções, no geral, podem até ser rotacionadas, sob a influência da intrusão sin-transcorrência da Suíte Intrusiva Galiléia.

6.2.2 Cinturão de Cisalhamento de Baixo Ângulo Muqui-Colatina

A leste do Lineamento de Guaçuí e a noroeste da Zona de Cisalhamento Além Paraíba, a crosta terrestre caracteriza-se pela presença dominante de uma foliação milonítica, a qual, onde é possível definir, mostra S1//So. Seu arranjo espacial desenha uma superfície cilindroidal suavemente ondulada, cuja envoltória assume atitudes desde horizontais até levemente inclinada (10°) para sudeste.

Essa faixa, com 100km de largura média, cruza toda a área do projeto, estendendo-se tanto para NNE quanto para SSW.

O bandamento composicional resultante mostra intenso dobramento intrafolial, transposto, e esboça fechamentos antiformais recumbentes. Dependendo do nível mostra, ainda, recristalização sin-milonítica e, mais raramente, feições de redobramento em laço.

A superfície média desta foliação, claramente definida nos diagramas estruturais (Parte II, Cap. 3), assume uma direção segundo NE-SW, com mergulhos oscilando entre 20 e 40° para sudeste principalmente, com raros flancos definidamente mergulhando para noroeste. Tal constatação define a superposição dos dobramentos sin-transcorrência, que são ligeiramente assimétricos, com eixos suborizontais.

Algumas folhas (*sheets*) de granitos batolíticos mostram perfeita concordância com a envoltória dessa superfície quanto ao seu posicionamento crustal, talvez indicando que foram intrusivas por delaminação subcrustal. Essa concordância é mais acentuada nos granitos sin-colisionais (tipo "S").

Cortando esta superfície são encontradas aquelas feições que, pela sua posterioridade e granitogênese tardi-tectônica associada, mais saltam à vista em uma primeira análise da cartografia geológica e geofísica: a rede de zonas de cisalhamento de alto ângulo, de caráter transcorrente dúctil.

As características descritivas deste domínio geotectônico, acrescidas das modelagens dos perfis gravimétricos levantados cruzando-o, permitiram caracterizá-lo como uma zona de encurtamento crustal, com superposição de escamas de empurrão e *nappes* desenvolvidas na base da crosta intermediária, com a zona da descontinuidade de Conrad brasiliana sendo representada, possivelmente, pela faixa kinzigítica Colatina-Alfredo Chaves e seus *stocks* enderbíticos alongados.

A falta de um considerável espessamento crustal subjacente a este domínio, como mostram os perfis gravimétricos (figuras II.5.3 e 4), a proximidade da descontinuidade de Conrad brasiliana e o gradiente gravimétrico regional que deve mapear a interface crosta inferior/manto litosférico, com acentuada subida para leste, e a litoambiência sugerida para as seqüências metavulcano-sedimentares e metassedimentares, indicam que esse domínio é representado por um cinturão de cavalgamento, como definido, que transportou sobre a paraplataforma e antepaís, conseqüentemente, lascas de um conjunto racinal frontal ao arco vulcânico, do arco (na maior parte erodido), e do batólito costeiro subjacente ao arco.

Assim, não há a expectativa de que tenha obliterado nem a zona principal de sutura nem a zona de subducção, que devem situar-se a leste, ou sob as bacias cretáceas costeiras, ou sob o talude continental, ou estar no continente africano.

A crosta terrestre, nessa região, parece adaptar-se ao modelo de nível único, já que só apresenta o nível inferior, conforme o prognosticado por Weber (1986).

Nesse domínio, foram individualizados dois setores litoestruturais: o setor central e o setor leste (figura II.6.1).

O setor central está delimitado a oeste pelo Lineamento de Guaçuí e a leste, separando-o do setor leste, pelo Lineamento Araguaia. Desta falha para leste ocorre o setor leste.

Este setor tem como características distintivas:

1 – litologias proximais do Complexo Paraíba do Sul, até de talude superior, ao arco magmático;

2 – ortognaisses do batólito intercalados tectonicamente com as supracrustais Paraíba do Sul;

3 – metamorfismo de crosta intermediária até anfibolito alto: cordierita + sillimanita;

4 – "locus" das intrusões tardi- a pós-transcorrência;

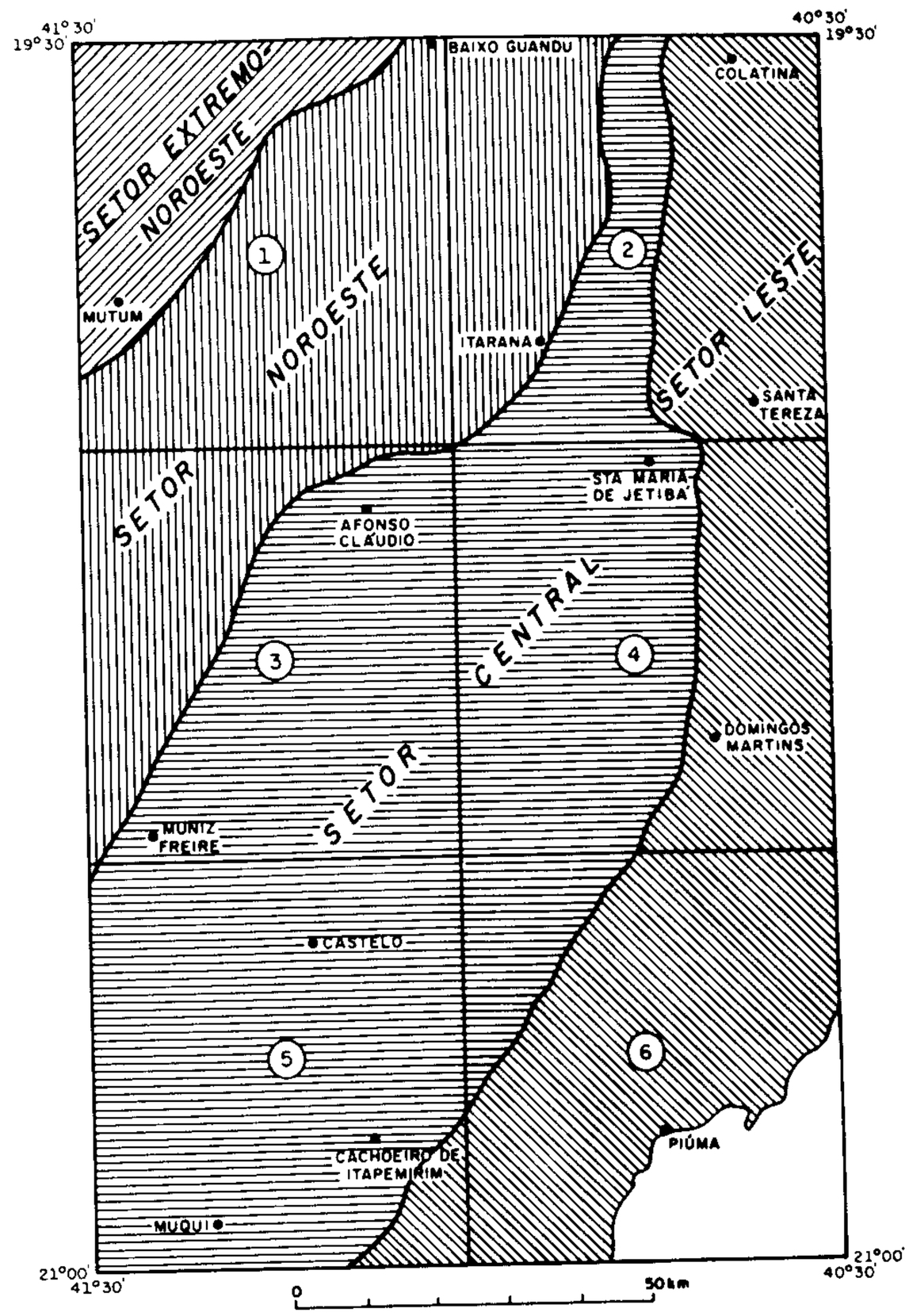


Figura II.6.1 – Setores litoestruturais: 1 - Baixo Guandu, 2 - Colatina, 3 - Afonso Cláudio, 4 - Domingos Martins, 5 - Cachoeiro de Itapemirim, 6 - Piúma.

5 – granitóides sincolisionais (tipo "S"), subordinados, em sua metade norte.

O setor leste, por seu lado, tem como características distintivas:

1 – litologias distais, do talude inferior, do Complexo Paraíba do Sul: gnaisses aluminosos kinzigíticos;

2 – ortognaisses enderbíticos intercalados tectonicamente com os gnaisses aluminosos;

3 – metamorfismo da transição crosta intermediária/crosta inferior: cordierita + sillimanita, anatexia e clinopiroxênio + ortopiroxênio + hornblenda;

4 – abundantes corpos de dimensões batolíticas, alongados, de granitóides sincolisionais (tipo "S"), em toda faixa.

6.3 Proposta de Síntese Evolutiva

A deficiência em dados geocronológicos não permitiu precisar temporalmente a evolução deste trato da crosta e,

conseqüentemente, corre-se o risco de agrupar, em uma síntese evolutiva, unidades litológicas formadas em eventos geológicos distintos.

No entanto, foi possível reunir alguns elementos que favorecem a proposta de evolução monocíclica de uma bacia frontal a um arco magmático:

1 – as associações litológicas permitiram idealizar os seguintes ambientes deposicionais:

a) bacias plataformais contíguas ao arco;

b) bacias deltaicas (?) e de talude superior; e

c) bacias flishóides de talude inferior;

2 – as associações "a" e "b" apresentam intercalações freqüentes de anfibolitos e possíveis metavulcânicas;

3 – as associações "a" e "b" mostram um relacionamento íntimo, realçado pela tectônica tangencial, com os ortognaisses graníticos metaluminosos do batólito que deve ter sido subjacente ao arco;

4 – a modelagem do perfil gravimético Vitória-Matipó sugere um sobrecavalgamento dessas litologias sobre o Cinturão de Empurrões Mantiqueira (Padilha, *et al.*, 1990);

5 – as idades Rb/Sr brasilianas anômalas em rochas do embasamento Proterozóico Inferior (Complexo Mantiqueira-Padilha *et al.*, *op.cit*) e arqueano (Complexo Juiz de Fora, Padilha *et al.*, *op. cit.*) ocorrem apenas até a altura de uma faixa côncava para noroeste, que passa, aproximadamente, por Rio Casca, Viçosa, Rio Pomba, Santos Dumont e Madre de Deus de Minas, no Estado de Minas Gerais.

6 – As idades de resfriamento (K-Ar), em toda a região – Espírito Santo e Minas Gerais – aumentam da costa (Ordoviciano) para o interior (Cambriano).

Desse modo, é possível que a evolução seguinte tenha tido lugar nessa região:

I – Evento *"rift"*– Proterozóico Médio/Ciclo Uruaçuano.

II – Evento "arco magmático/subducção" – Proterozóico Superior/Ciclo Brasiliano Precoce.

III – Evento "colisão" – Proterozóico Superior/Ciclo Brasiliano Principal.

IV – Evento "transcorrente" – Cambriano/Ciclo Brasiliano Tardio.

V – Evento "cratonização" – Ordoviciano.

Capítulo 7
Geologia Econômica

por
Nicola Signorelli

7.1 Panorama Mineral

Os principais recursos minerais da Folha Piúma são, principalmente, materiais de construção, granitos, conchas calcárias, água mineral, monazita, ilmenita, zirconita, rutilo, areia quartzosa, turfa e grafita.

É grande seu potencial em pedras ornamentais, aproveitando-se espécimes do Maciço Iconha, charnockitos e rochas graníticas pouco deformadas.

A área, situada próximo à cidade de Vitória, possui localização privilegiada, sendo servida por rodovias, ferrovia e farta energia elétrica.

No momento, a exploração mineral na região não é muito significativa, destacando-se a água mineral e os materiais de construção.

O Estado do Espírito Santo vem se firmando como grande produtor nacional de pedras ornamentais, tanto para exportação, como para consumo interno.

Cachoeiro de Itapemirim é o principal pólo nacional desse setor, para onde converge toda a produção regional, de mármore e de granito, que é, então, beneficiada e polida para utilização no mercado interno ou exportada através do porto de Vitória.

7.1.1 Materiais de Construção

As pedreiras, em número de 29, situam-se nos municípios de Alfredo Chaves, Guarapari, Anchieta, Piúma, Iconha, Itapemirim e Rio Novo do Sul, mais precisamente em Coroa da Onça, Bom Será, Afonso Muritioca, Fazenda Aghá Pequeno, Santa Rita, Cachoeira do Meio, Venezuela, Alto Mundo Novo, Alto Tocaia, Iconha, Assunta, Fazenda Barra da Lagoa, Nova Esperança, Simpatia, Fundão, Monte Urubu e próximo ao rio Caco de Pote. A produção delas não é regular, sendo a maior parte restrita a materiais de construção, utilizados para o calçamento urbano, construção civil e conservação e pavimentação de estradas. Geralmente são exploradas por meio rudimentar, em regime de garimpagem e somente duas possuem licenciamento.

O material lavrado engloba granito, granodiorito, enderbito, charnockito e rochas gnáissicas.

As pedreiras, quando ativas, aproveitam quase que exclusivamente os matacões, devido à maior facilidade de operação, produzindo principalmente paralelepípedos e meios-fios destinados principalmente às prefeituras de Alfredo Chaves, Rio Novo do Sul, Piúma e Iconha.

Na localidade de Santa Rita estão inseridas duas pedreiras de granito pertencentes a Aline Brandão de Mello, que, em 1989, proporcionaram uma produção de 6.000 unidades de paralelepípedos, correspondendo a 13,33m^3. A reserva avaliada é da ordem de 6.000m^3.

Em Monte Urubu está localizada uma pedreira de gnaisse, cuja produção era totalmente voltada para a manutenção de enrocamento do quebra-mar no porto da SAMARCO. Em 1989, a produção foi de 230m^3. No momento está paralisada aguardando renovação da licença, e a reserva calculada com avaliação de afloramento é de aproximadamente 4.997.000m^3.

Na localidade de Taquaruçu, município de Vargem Alta, ocorrem rochas graníticas em forma de matacões rolados, compondo depósitos de tálus. Os matacões apresentam-se com diâmetros e formas variados, pouco fraturados e maciços. São representados por um granito de textura equigranular média, cor cinza, homogêneo, contendo na composição quartzo, feldspato, biotita, anfibólios e opacos. Os matacões desse sítio deverão ser comercializados como rochas ornamentais, e apresentam uma reserva explotável de 40.546,6m^3.

7.1.2 Conchas Calcárias

Esses depósitos situam-se na lagoa das Ostras, nas proximidades de Guarapari, e têm como acesso principal a estrada do Kubitschek. São acumulações naturais que se originaram no interior da lagoa e em suas margens. Estão associados a sedimentos recentes depositados em ambiente lagunar aberto, compostos fundamentalmente por argila cinza, consistente, sobre a qual se acumularam os depósitos conchíferos, pois aí havia condições favoráveis para o desenvolvimento e a multiplicação de moluscos.

As minas de concha calcária mostram-se com duas formas de depósitos: uma de coroas, que são os depósitos de lagoa; e outra de mangue.

As coroas possuem uma morfologia geralmente alongada, uma vez que estão posicionadas ao longo de canais. Apresentam superfície plana com bordas abruptas em direção ao canal, e são desprovidas da cobertura de lama, pois o movimento das marés recolhe toda a argila em suspensão e deposita o material mais grosseiro, composto fundamentalmente por fragmentos de conchas, areia de conchas ou areia de quartzo.

Os depósitos de coroas receberam as designações de Coroa das Conchas, do Coito, Saco, do Meio, do Lameirão ou Manjo e do Dr. Carlos.

O depósito conchífero, nos locais de mangue, mostra-se coberto por um solo lodoso, mole, de coloração preta e odor fétido, que periodicamente é alagado pelas oscilações da maré. A cobertura possui uma espessura que oscila de zero a 1,80m, podendo-se avaliar uma espessura média de 0,50m, em geral sem conchas. Imediatamente abaixo dessa cobertura estéril encontra-se o horizonte conchífero, associado com argila cinza e areia em geral de granulação fina. Os depósitos conchíferos nesses locais alcançam uma espessura máxima de 2,90m e teor de 0,104t/m^3. Também ocorrem com 1m de espessura de concha e um teor de 0,492t/m^3.

As análises das amostras de conchas apresentaram os seguintes teores médios: P.F. = 35,73%, R.I. = 18,29%, CaO = 44,53%, MgO = 0,27% e Fe_2O_3 = 0,56%.

Os trabalhos de avaliação revelaram para a área uma reserva total de 577.000t de concha, sendo 427.000t de reserva medida e 150.000t de reserva indicada.

7.1.3 Água Mineral

No momento é o bem mineral mais lucrativo e de maior atividade na área. Provém de quatro fontes distintas (sendo três localizadas em São José do Frade, junto à BR-101, km 401), denominadas Fonte São José do Frade (Água São José do Frade), classificada como água mineral natural; Fonte São Camilo e Fonte Santa Inês (Água do Frade), classificadas como águas minerais hipotermais; na fonte e outra situada na fazenda Itacurussá, município de Iconha, com a mesma classificação das últimas.

A água das fontes da localidade de São José do Frade surgem de fraturas na rocha sã, gnáissica, a mais de 50m de profundidade. As fontes São Camilo, Santa Inês e São José do Frade são consideradas como pertencentes a uma mesma província hidromineral, por possuírem características muito semelhantes.

As fontes São Camilo e Santa Inês são providas de poços tubulares que produzem respectivamente vazões médias de 15.600l/h e 6.850l/h.

A fonte da fazenda Itacurussá possui uma vazão de 1.200l/h.

As análises bacteriológicas das águas dessas fontes mostraram condições normais para o consumo, isto é, padrões bacteriológicos de potabilidade. Também foi feito o espectrograma dos resíduos de evaporação, que acusou somente elementos normais.

A seguir, é mostrado o quadro II.7.1, que indica a composição química e as características físico-químicas de cada fonte.

O mercado consumidor das águas minerais do Frade e São José do Frade estende-se do norte do Rio de Janeiro ao sul da Bahia.

Quadro II.7.1 – Composição química e características físico-químicas de cada fonte.

Parâmetros		Fontes		
		São Camilo	Santa Inês	Faz. Itacurussá
Composição Química (g/l)	Bicarbonato de cálcio	0,0505	0,0469	0,0081
	Bicarbonato de magnésio	0,0277	0,0511	0,0072
	Bicarbonato de sódio	0,1418	0,1066	0,0049
	Cloreto de sódio	0,0285	0,0272	0,0091
	Cloreto de potássio	0,0032	0,0069	0,0006
	Nitrato de potássio			0,0034
	Sulfato de cálcio	0,0921	0,0779	
Características Físico-Químicas	pH a 25°C	7,5	7,5	6,2
	Temperatura da água na fonte	25°C	26°C	26°C
	Condutividade elétrica a 25°C	0,005ohms/cm	0,0046ohms/cm	0,00055ohms/cm
	Resíduo de evaporação a 180°C	0,3040g/l	0,2740g/l	0,0475g/l

7.1.4 Monazita, Ilmenita, Zirconita e Rutilo

Os depósitos desses minerais, as chamadas areias pesadas ou negras, situam-se nas localidades de Parati, praias de Maimbá e Ubaia, onde ocorrem associados como constituintes das areias negras. São recobertos por camadas de solo com menos de 30cm de espessura.

A lavra era realizada a céu aberto em paleopraias, com desmonte feito por trator até aproximadamente 5m de profundidade e usava-se uma bomba de sucção no rebaixamento do lençol freático para trabalhar as camadas mineralizadas mais profundas. O material extraído era

colocado pela pá carregadeira nos caminhões que o levavam até a usina de concentração.

Os trabalhos de lavra nessas áreas estão paralisados desde 1988 até os dias de hoje. A seguir é apresentado o quadro II.7.2, indicando as reservas medidas, teor médio e as produções de cada área no ano de 1987. Cabe salientar que os lantanídeos da areia de composição monazítica encontram-se expressos como TR (terras-raras).

Quadro II.7.2 – Reservas medidas, teor médio e as produções de cada área.

Áreas	Reservas Medidas (t)	Teor Médio	Produção Bruta de Areias com Minerais Pesados (t)	Produção Beneficiada de Concentrado de Minerais Pesados (t)
Praia de Maimbá	Monazita63 Ilmenita2863 Zirconita291 Rutilo 16	60% Tr_2O_3 56% TiO_2 65% ZrO_2 94% TiO_2	30298	
Praia de Ubaia	Monazita415 Ilmenita5447 Zirconita237 Rutilo 91	60% Tr_2O_3 56% TiO_2 65% ZrO_2 94% TiO_2	7851	2769
Parati	Monazita130 Ilmenita1321 Zirconita428 Rutilo 26	60% Tr_2O_3 56% TiO_2 65% ZrO_2 94% TiO_2	24000	

7.1.5 Areia Quartzosa

Os quartzitos da localidade de Ouro, no limite ocidental da folha, são compostos por grãos de quartzo de elevada pureza, que poderão ser usados para fabricação de vidros e fundição de peças.

As areias quartzosas são oriundas dos quartzitos intercalados nos paragnaisses, pela fácil desagregação daqueles.

Os trabalhos de pesquisa revelaram uma reserva medida de areia quartzosa da ordem de 1.239.000m^3, com teor de 0,56% de Fe_2O_3, a maior parte situada na Folha Cachoeiro de Itapemirim. A espessura média do minério é de 1,61m.

O método de lavra empregado é a céu aberto, e o trabalho de exploração é manual, pois o material apresenta-se inconsolidado e a produção ainda é pequena.

O transporte da areia quartzosa é processado por caminhões, entretanto toda a faixa de ocorrência dessas areias é cortada pela ferrovia Rio de Janeiro–Vitória.

A produção bruta de areia quartzosa em 1989 foi muito pequena, de apenas 66m^3.

Foram realizadas análises químicas de 12 amostras de areias quartzosas, mas são mostradas apenas duas delas (quadro II.7.3), a de maior e menor teor de sílica:

7.1.6 Turfa

A turfa é uma fonte de energia que pode substituir o combustível fóssil como fonte geradora de calor e ser utilizada em altos-fornos.

Os depósitos de turfa situam-se nos municípios de Rio Novo do Sul e Itapemirim, mais precisamente nas localidades de Capim Angola e Idoleano.

Em Capim Angola ocorrem duas turfeiras denominadas Vila Gouveia e Santa Helena. O depósito Vila Gouveia localiza-se em um vale secundário da planície aluvial do Rio Novo, possuindo uma disposição alongada na direção norte-sul. O depósito Santa Helena distribui-se de forma irregular, circundando uma colina, ramificando-se segundo a drenagem e tendo continuidade para SW e SE em direção ao vale central.

Em Idoleano acham-se localizados outros depósitos de turfa distribuídos de maneira dispersa na planície.

Os contatos dessas turfeiras processam-se com sedimentos aluviais, sendo a seqüência típica desses depósitos representada por (do topo para a base): turfa, argila cinza com troncos decompostos e argila arenosa, passando a uma areia fina a média.

Esses sedimentos recentes são depositados em ambiente lacustre, situado às margens do eixo central dos vales. As condicionantes para a formação desses depósitos de turfa são os cursos inferiores de rios com áreas pantanosas ou brejos.

O tipo turfáceo possui um aspecto pastoso, de baixa viscosidade, com coloração variando entre o castanho-claro e o escuro, mostrando ainda estrutura vegetal preservada. É comum nas turfeiras a presença de galhos e troncos decompostos, distribuídos de maneira dispersa. Também nas zonas limites das mesmas há a presença de lentes de argila.

Os estudos realizados nos depósitos de Capim Angola revelaram uma densidade aparente da turfa, em base seca, de 111kg/m^3, e uma reserva medida total de turfa em base seca da ordem de 114.531t, correspondendo a 24.157t cubadas na turfeira Vila Gouveia e a 90.531t na turfeira Santa Helena. A espessura média ponderada do depósito Vila Gouveia foi de 1,26m, com um teor médio de cinza 19,79%, enquanto o depósito Santa Helena apresentou uma espessura média ponderada de 1,71m e um teor médio

Quadro II.7.3 – Análises químicas de areias quartzosas.

Parâmetros Químicos	Amostras	
	Furo 28	Furo 29
Perda ao fogo	1,89%	0,08%
SiO_2	93,50%	98,90%
Al_2O_3	0,20%	0,02%
Fe_2O_3	2,27%	0,38%
CaO	0,88%	0,00%
MgO	0,74%	0,47%

Furo 28 – Areia escura de Vargem Alta.
Furo 29 – Areia quartzosa de Vargem Alta.

de cinza de 18,07%. A umidade média total para um conjunto de 76 amostras analisadas, não incluindo os 0,30m de horizonte superficial, foi de 88,54%, com limites entre 71,60 e 98,00%. O poder calorífico superior médio das turfeiras Vila Gouveia e Santa Helena, obtido graficamente, é de 4.400 Kcal/kg.

Em Idoleano, os trabalhos de pesquisa executados nos depósitos turfáceos revelaram uma reserva medida de aproximadamente 416.000t, e um teor de cinzas médio de 18,52%.

7.1.7 Grafita

No limite das folhas Piúma e Domingos Martins, próximo ao Córrego Solidão, situado na localidade de Alto Baía Nova, foi detectada, com os trabalhos de mapeamento, uma ocorrência mineral de grafita mostrando indícios de exploração. O acesso à mesma é feito somente a pé.

A grafita ocorre concentrada sob a forma de lentes e bolsões no gnaisse kinzigítico, bem como apresenta-se também disseminada na rocha, na forma de diminutas palhetas. As lentes dispõem-se como *boudins*, mostrando superfícies de escorregamento, e são muito irregulares.

7.2 Aspectos Ambientais

As atividades de exploração dos bens minerais na Folha Piúma são de pequena repercussão no meio ambiente.

Na extração de granito, granodiorito, enderbito, charnockito e rochas graníticas, o impacto sobre o meio ambiente praticamente inexiste, pois os trabalhos de lavra situam-se em áreas afastadas e despovoadas, como também não removem estéril e rejeito em volumes significativos e que possam provocar o assoreamento de cursos d'água.

As recuperações de algumas áreas serão realizadas após o esgotamento das jazidas, aplainando-se as mesmas e plantando pastos ou arborizando.

Na exploração das áreas com conchas calcárias pretende-se utilizar os rejeitos provenientes da explotação para aterrar a faixa de mangue destruído pela retirada do minério, com a recomposição das margens da lagoa.

Nas áreas lavradas de areias contendo minerais pesados, foi feita uma recomposição utilizando o estéril do local e o rejeito proveniente da concentração gravimétrica, com o preenchimento das escavações deixadas pela mineração. A camada superficial de solo, que foi retirada no início da lavra, é utilizada novamente para sua recomposição e uso na agropecuária. O nível de poeira nessas áreas de exploração é desprezível, pois as cavas feitas pela lavra do material são pequenas e rasas, e o material extraído é formado essencialmente por areias quartzosas médias.

Capítulo 8
Metalogenia

por
Nicola Signorelli e
Carlos Alberto Heineck

8.1 Introdução

Através do cadastro de recursos minerais, foram catalogadas 12 ocorrências minerais correspondentes a nove substâncias minerais, conforme discriminado na legenda da carta metalogenética-previsional e sintetizado na tabela II.8.1.

Embasados em indícios indiretos (geoquímicos, geofísicos e petrológicos) e dados de campo, foram selecionadas oito áreas para prospecção e/ou exploração mineral relacionadas a ambiências geológicas, favoráveis à concentração de bens minerais.

Tabela II.8.1 – Recursos minerais e respectivos contextos geológicos.

Substância Mineral	Número de Ocorrências	Contexto Geológico
Granito	03	Maciços intrusivos, enderbitos e ortognaisses
Água Mineral	02	Fraturas em rochas gnáissicas
Concha Calcária	01	Depósitos de concheiros naturais em ambiente lagunar aberto
Areia Industrial	01	Quartzitos friáveis intercalados no sillimanita-biotita-gnaisse quartzoso (Pps2)
Monazita, ilmenita, zirconita e rutilo	03	Areias (paleopraias) do Grupo Barreiras
Turfa	02	Zonas pantanosas, mangues (ambiente de transição) e planícies aluvionares.

8.2 Panorama Metalogenético

O potencial metalogenético da Folha Piúma mostra-se diversificado e associado às várias unidades geológicas mapeadas. Com base em dados de campo, através dos indícios diretos e indiretos (geoquímicos e geofísicos), definiu-se nos litótipos das unidades Pps1 (gnaisses aluminosos) e Pps2 (sillimanita-biotita-gnaisses quartzosos) – pertencentes ao Complexo Paraíba do Sul, intrusivas tardi- a pós-transcorrentes, intrusivas pós-transcorrentes e formações superficiais – , um total de oito áreas potenciais, as quais compreendem mineralizações de: granitos como rochas ornamentais, turfa e argila, areias "negras" (monazita, ilmenita, zirconita e rutilo), areia industrial, areia como material de construção, conchas calcárias e ouro. Essas áreas estão relacionadas na legenda da carta metalogenética-previsional e encontram-se descritas neste capítulo, em itens específicos referentes às respectivas unidades litoestratigráficas.

Além dos indícios diretos, utilizados ou não na limitação de áreas previsionais, também foram lançadas na carta metalogenética-previsional anomalias geoquímicas, geofísicas e litogeoquímicas, e dados de análises mineralógicas, ainda que consideradas insuficientes para uma seleção de outras áreas potencialmente mineralizadas.

8.2.1 Complexo Paraíba do Sul

8.2.1.1 Gnaisses Aluminosos (Pps1)

São caracterizados litologicamente por uma seqüência metassedimentar composta de gnaisses aluminosos, níveis quartzíticos e rochas calcissilicáticas subordinadas com ambiente de deposição provavelmente marinho profundo distal, com baixa energia, redutor, e revelando como protólitos rochas sedimentares imaturas do tipo grauvacas e lamitos, geralmente muito pouco carbonáticas.

Toda esta faixa de predominância de gnaisses aluminosos possui uma tendência à geração de grafita na fácies anfibolito alto. Assim, na localidade de Alto Baía Nova, próximo ao córrego Solidão, observam-se vestígios de trabalhos de garimpagem onde o produto principal extraído era a grafita. Este bem mineral aparece em forma de lentes e bolsões no seio de gnaisses aluminosos (Pps1).

Dentre as anomalias geoquímicas registradas neste contexto merecem atenção as de S (1.800 e 8.000ppm), Zn (334ppm) e Cu (328ppm), em rochas, e de W (240ppm) e Au (quatro pintas) em concentrados de minerais pesados.

Apesar da anomalia de Zn (334ppm) em rocha, a perspectiva do potencial para mineralização desse elemento é muito fraca, pois os níveis de rochas calcissilicáticas são pouco espessos, evidenciando uma sedimentação carbonática pouco desenvolvida na área desse domínio. Uma outra hipótese, tal como a aventada para as rochas da mesma ambiência e faciologia metamórfica na Folha Cachoeiro de Itapemirim, envolve a possibilidade de mineralizações do tipo Broken Hill.

Petrograficamente, as amostras deste domínio revelam incipientes alterações hidrotermais por carbonatação e muscovitização, mostrando a atuação de processos de remobilização; entretanto a existência de jazimentos auríferos é limitada, pois o alto grau metamórfico em que foram deformadas essas rochas impossibilita a concentração primária de ouro em termos econômicos.

No rio Itumirim, próximo ao limite com a Folha Domingos Martins foram detectadas quatro pintas de ouro em concentrado de bateia.

A análise mineralógica de concentrado de bateia revelou a ocorrência de pirita e barita, sugerindo a presença de processos hidrotermais nesse contexto.

Nesse domínio estão inseridas partes das áreas mineralizadas/previsionais (VIIb e VIII) para ouro. Os indícios geoquímicos inseridos nas mesmas provavelmente estão condicionados às zonas de cisalhamento que limitam as duas seqüências de paragnaisses (Pps1 e Pps2) – área VIIb – e os gnaisses granulíticos, da Unidade Pps1 – área VIII – , ou, então, podem estar presentes nessas áreas filões hidrotermais de quartzo aurífero onde, juntamente com a pirita e outros sulfetos, se depositaria o ouro a partir de soluções ascendentes portadoras desses elementos.

8.2.1.2 Sillimanita-Biotita-Gnaisses Granatíferas – Pps2

Correspondem a uma seqüência metavulcano-sedimentar onde a parte sedimentar é representada por sillimanita-biotita-gnaisse quartzoso, quartzito e rocha calcissilicática, e a parte vulcânica por anfibolito. Nesse domínio ocorrem também intercalações de ortognaisses plutônicos calcialcalinos.

Essa seqüência foi depositada em ambiente marinho plataformal, proximal, pois há uma maior incidência de níveis quartzíticos do que no domínio Pps1. O tratamento químico das rochas inseridas nesta seqüência caracterizou um ambiente tectônico dos tipos arco vulcânico e margem continental ativa, e, como protólitos, rochas sedimentares como grauvacas, associadas a basaltos toleíticos.

Nesse domínio foi definida uma área mineralizada/previsional (área IV; vide mapa anexo), reservada à exploração de areia industrial (areias quartzosas) oriundas dos quartzitos intercalados nos sillimanita-biotita gnaisses quartzosos (Pps2).

Esse domínio abrange também partes das áreas mineralizadas/previsionais (VIIa e VIIb) para ouro, ambas relacionadas provavelmente à zona de cisalhamento com *trend* NE-SW que limita as seqüências de paragnaisses (Pps1 da Pps2), e a seqüência Pps2 dos ortognaisses (Pγ1b). Próximo à localidade de Virgínia Nova, no ribeirão Concórdia, foi detectada uma anomalia geoquímica para ouro (uma pinta) em concentrado de bateia, localizada na área VIIa, que pode indicar também remobilizações auríferas hidrotermais, provocadas pelo fluxo térmico gerado pelo corpo de rocha diorítica aflorante nas proximidades. Também foi detectada uma pinta e 1,7ppm de ouro na localidade de Rio Novo de Matilde, mais precisamente no córrego Rio Novo (área VIIb). Uma outra hipótese que pode ser atribuída para a origem do ouro seria uma possível ocorrência de zonas quartzosas com ouro e/ou sulfetos.

Estudos petrográficos de algumas amostras reforçam ainda mais as evidências de fenômenos hidrotermais nesse domínio, porém de forma incipiente, sugeridas pelas alterações como sericitização e muscovitização.

Destacam-se ainda anomalias de Cu (104ppm) e S (1.000 e 1.200ppm) em rocha e Cr (205ppm) em concentrado de bateia, esta última no rio Santa Maria, próximo a Ibitiruí, podendo indicar uma possível ocorrência de rochas máfico-ultramáficas nas proximidades. Nesse domínio de paragnaisses foi constatada a presença de indícios de sillimanita associada aos quartzitos intercalados nessa seqüência, podendo constituir pequenas concentrações residuais, e que, por ser um mineral refratário, merece especial atenção para uma possível delimitação de área, com maior ocorrência do mesmo para a sua exploração.

8.2.2 Intrusivas Sin- a Tardi-tangenciais

8.2.2.1 Ortognaisses Porfiroblásticos – Pγ1

São granitóides sin- a tardi-tangenciais, de composição quartzo-monzodiorítica a granítica, com variações para monzonítica, granodiorítica e tonalítica, constituindo um corpo de dimensão batolítica, com foliação de baixo ângulo, posicionado concomitantemente à deformação tangencial e afetado por cisalhamento de alto ângulo.

Os dados modais quando plotados no diagrama Q-A-P de Lameyre & Bowden (1982), figura II.8.1, localizam-se em geral, no campo da série calcialcalina, médio (a alto) K. Essas rochas são de caráter, em geral, metaluminoso, calcialcalino e com diopsídio normativo.

Levando-se em consideração os teores de elementos como Ba, CaO, Rb, Th, Sr, Zr, Zn, Nb, e comparando-os com os parâmetros de Ramsay (1986), essas rochas podem ser classificadas como plutonitos ricos em cálcio e especializados.

Aplicando-se o diagrama de El Bouseily & El Sokkary (1975), figura II.8.2, as amostras desses granitóides

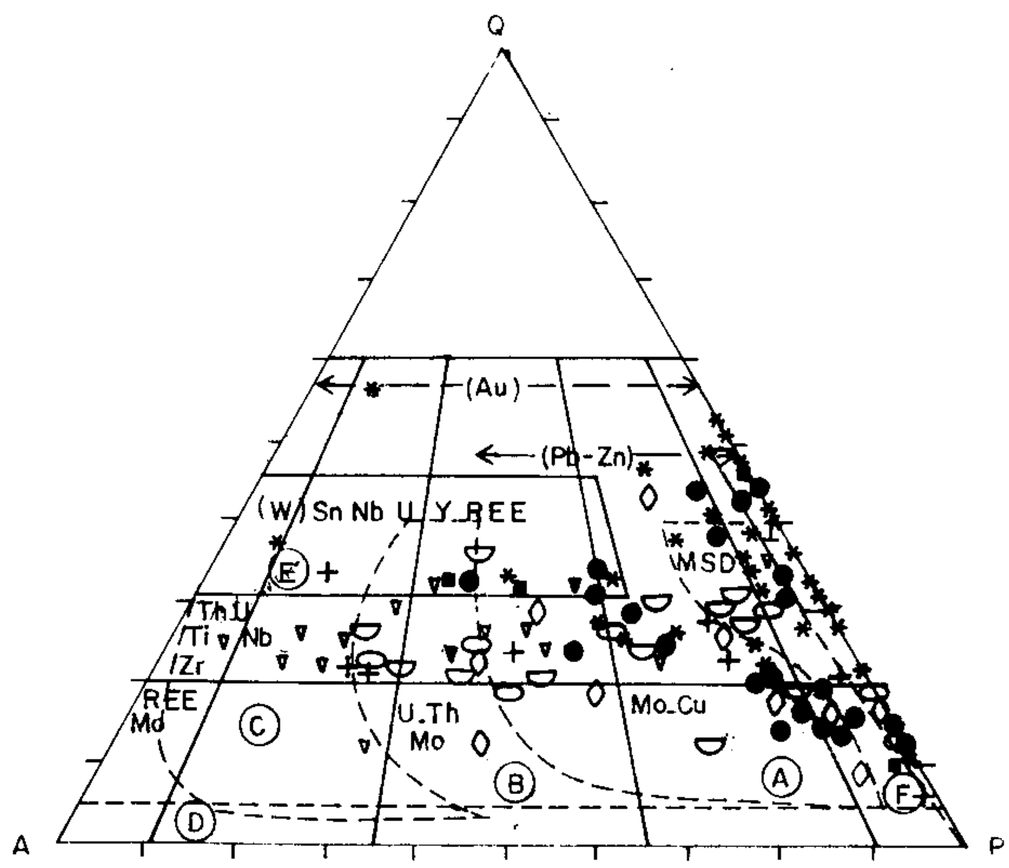


Figura II.8.1 – Mineralizações associadas às séries graníticas no diagrama Q-A-P, segundo Lameyre *et al.* (1982), (▽) granitóides porfiroblásticos, (●) granitóides tonalíticos, (▪) granitóides granatíferos, (*) gnaisses granulíticos, (+) maciço Alfredo Chaves, (◊) maciço Iconha, (⬭) maciço Rio Novo do Sul e (▿) Rochas intrusivas pós-transcorrentes. A= campo da série calcialcalina, B = campo da série monzonítica, C = campo da série alcalina aluminosa, D = campo da série alcalina supersaturada, E = campo dos granitóides de fusão crustal ou mobilizados leucograníticos, F = campo da série toleítica, MSD = depósitos de sulfetos maciço.

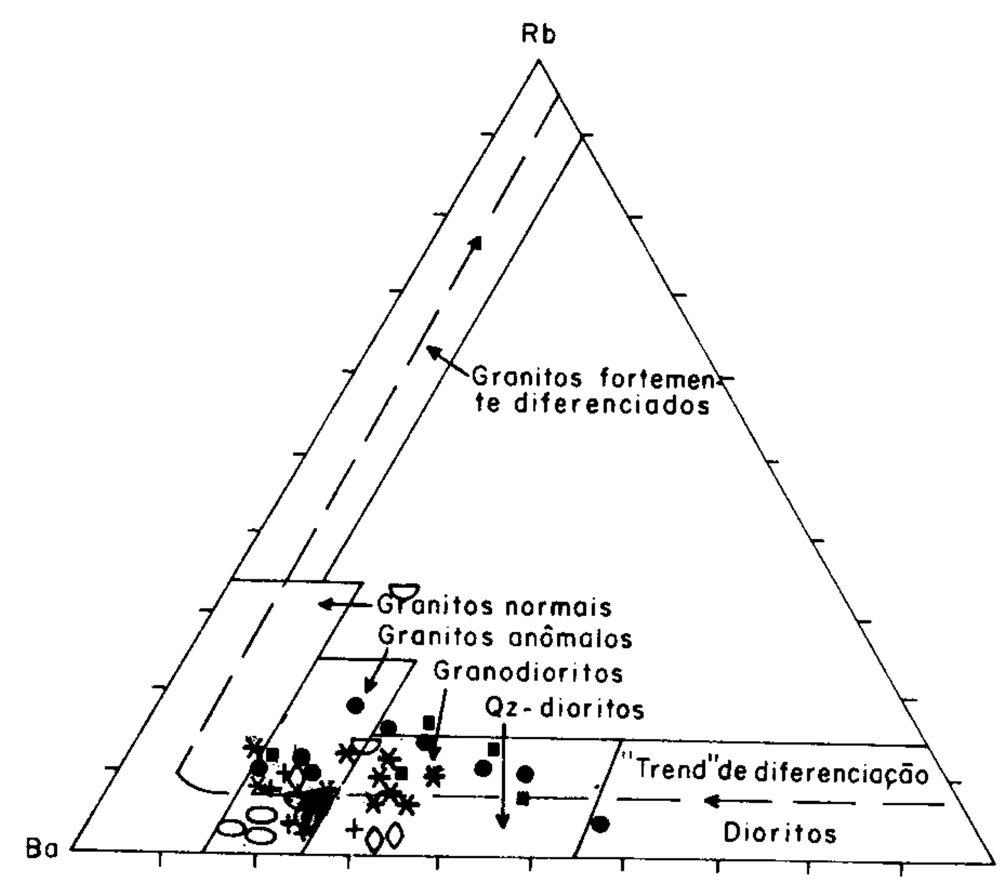


Figura II.8.2 – Diagrama de especialização metalogenética aplicado às rochas dos maciços Alfredo Chaves (+), Iconha (◊), Rio Novo do Sul (⬭), dos granitóides granatíferos (▪), porfiroblásticos (▽), tonalíticos (●) e dos gnaisses granulíticos (*), segundo El Bouseily & El Sokkary (1975).

plotam-se duas no campo dos granitos anômalos, uma no campo dos granitos diferenciados e uma no limite dos campos dos granitos anômalos com o dos granodioritos/quartzo-dioritos.

Esse tipo de granitóide apresenta perspectivas metalogenéticas para Mo, Cu, Pb, Zn, Au, (U-Th), isto é, mineralizações associadas a granitos do tipo I; entretanto, a incipiente alteração hidrotermal nessas rochas, representada por sericitização e cloritização, reduz as perspectivas.

Utilizando-se o diagrama MnO-Y, de Baldwin *et al.* (1982), figura II.8.3, verifica-se que esses granitóides são realmente não-produtivos.

Na Folha Piúma, onde ocorrem esses granitóides, não foram indicadas áreas potencialmente mineralizadas; entretanto, locaram-se no mapa os valores anômalos referentes a dados litogeoquímicos, como: P_2O_5 (19.000ppm) e S (1.000ppm).

A geofísica revela nesse contexto um relevo fortemente magnético, mostrando a coincidência total da anomalia magnética com a área cartografada desse granitóide.

8.2.2.2 Ortognaisses Tonalíticos – Pγ1b

São granitóides sin- a tardi-tangenciais, foliados, que ocorrem distribuídos na folha, como corpos estratóides de dimensões até batolíticas, concordantes com a foliação gnáissica regional e encontram-se afetados por cisalhamento de alto ângulo.

As rochas desse domínio, plotadas no diagrama Q-A-P modal, mostram um *trend* médio-K. Quimicamente, são granitóides metaluminosos, calcialcalinos, do tipo I, aos quais podem estar associadas mineralizações de Mo, Cu, Pb, Zn e Au. Contudo o diagrama MnO-Y, de Baldwin *et al.* (1982), revela que esses granitóides são não produtivos.

No diagrama da figura II.8.3, as amostras desses granitóides se dispõem quatro no campo dos granitos anômalos, três no campo dos granodioritos/ quartzo-dioritos, uma no campo dos dioritos e uma no campo dos granitos diferenciados.

Em termos de anomalias detectadas através da prospecção geoquímica e da litogeoquímica, destacam-se as de As (11ppm) em sedimentos de corrente, Au (1,0ppm) e Cr (370ppm) em concentrados de bateia, e finalmente, F (3.100ppm) em rocha.

A presença de Cr em concentrado de bateia possivelmente estaria relacionada a ocorrências de rochas máficas (anfibolitos) inseridas neste contexto.

O ouro detectado em concentrado de bateia neste domínio foi incluído na área previsional VIIa para ouro, podendo o mesmo estar condicionado à zona de cisalhamento que limita o ortognaisse (Pγ1b) dos paragnaisses (Pps2).

A atividade hidrotermal nesse domínio é incipiente, sendo confirmada pelas alterações hidrotermais nas rochas como carbonatação, cloritização, muscovitização e sericitização.

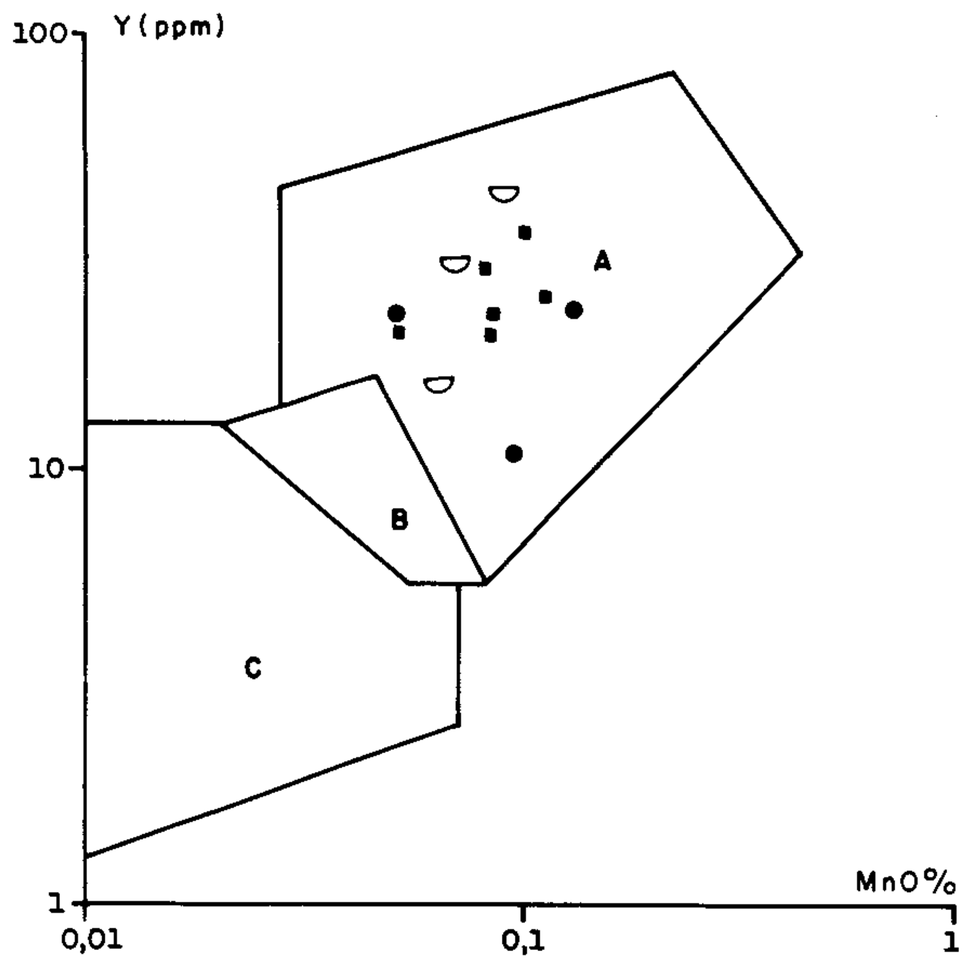


Figura II.8.3 – Diagrama de co-variação MnO-Y para discriminação de intrusões porfiríticas não produtivas (A), subprodutivas (B) e produtivas (C) dos granitóides granatíferos (▪), porfiroblásticos (▽) e tonalíticos (●), segundo J.A. Baldwin & J.A. Pearce (1982).

8.2.2.3 Ortognaisses Graníticos – Pγlc

São granitóides sin- a tardi-tangenciais, gerados por espessamento crustal durante a tectônica tangencial com participação de voláteis, resultantes da fusão parcial a total dos gnaisses aluminosos, constituindo na Folha Piúma um corpo de dimensão batolítica. Esses granitóides possuem uma composição modal predominantemente tonalítica (figura II.8.1) e quimismo calcialcalino, peraluminoso, com coríndon normativo. Nesse contexto estão inseridos granada-biotita-gnaisse e biotita-gnaisse.

No diagrama Ba-Rb-Sr, de El Bouseily & El Sokkary (1975), figura II.8.2, as amostras dos ortognaisses granatíferos plotam duas no campo dos granitos anômalos, três no campo dos granodioritos/quartzo-dioritos e uma no campo dos granitos diferenciados.

Utilizando-se o diagrama de Takahashi *et al.* (1980) constata-se que a maioria das amostras desse domínio se dispõem no campo dos granitóides tipo S.

As amostras desses granitóides mostram, na sua maioria, valores das anomalias de európio maiores que 0,7, indicando, segundo Shen Jili & Liu Jiayuan (1985), rochas com potencial de mineralização para Cu, Mo, Pb, Zn, Au e Ag. A prospecção geoquímica revelou apenas uma anomalia de Pb (4.100ppm) em concentrado de bateia. Já a geofísica mostra um relevo magneticamente suave para esses granitóides.

No diagrama Q-A-P modal de Lameyre *et al.* (1982), figura II.8.1, observa-se que as amostras desses granitóides granatíferos plotam no campo com potencial para mineralizações de Sn (W), U, TR, Y e Nb. Entretanto, no diagrama da figura II.8.3, essas amostras plotam-se no campo das intrusões porfiríticas não-produtivas.

A análise mineralógica de concentrado de bateia detectou a presença de pirita, aventando processos hidrotermais mais tardios nesse contexto.

A análise petrográfica das rochas desse domínio mostrou apenas alterações incipientes por sericitização, carbonatação e muscovitização. Não foi individualizada área mineralizada/ previsional nesse domínio.

8.2.2.4 Ortognaisses Granulíticos – Pγgl/Pγglt

Estão situados próximos da costa, numa faixa de direção NE-SW e também como pequenos corpos estreitos e alongados. Esses gnaisses são sin-a tardi-tangenciais e mostram-se afetados mormente por cisalhamento de alto ângulo.

No diagrama Q-A-P modal (figura II.8.1) esses gnaisses plotam nos campos das séries calcialcalinas, baixo (a médio) K. O quimismo é calcialcalino, peraluminoso, com coríndon normativo, e situaram-se em ambiente de arco vulcânico.

No diagrama ternário Ba-Rb-Sr, criado por El Bouseily & El Sokkary (1975), figura II.8.2, a maioria das amostras plotam-se no campo dos granodioritos/quartzo-dioritos.

Utilizando-se os parâmetros de Shen Jili & Liu Jiayuan (1985), isto é, somatório de TR < 189ppm, CaO > 1,5%, Eu/Eu* em geral 0,7 >, Yb/La < 0,12 e ID < 75, esses gnaisses podem ser classificados como granitóides do tipo transicional, aos quais podem associar-se mineralizações de Cu, Mo, Pb, Zn, Au, Ag e tungstênio pórfiro. Contudo, o nível crustal de geração e colocação dos mesmos, a 20-30km de profundidade, certamente inibiu o desenvolvimento de sistemas porfiríticos, em que pese a evidência de assimilação de encaixantes.

A análise mineralógica de concentrado de bateia mostrou a presença de pirita, indicando provavelmente processos hidrotermais presentes, mas a atividade hidrotermal não é muito acentuada, sendo marcada pela ocorrência de minerais de alteração, tais como carbonato, muscovita, sericita e clorita.

No diagrama de Lameyre *et al.* (1982), figura II.8.1, observa-se que as amostras desse domínio plotam no campo que indica um potencial para mineralizações de Cu e Mo.

A prospecção geoquímica revelou anomalias de Mo (6ppm) e As (11ppm) em sedimentos de corrente; já a litogeoquímica registrou valores anômalos para Zn (423ppm) e Th (88ppm).

A geofísica nesse contexto dos gnaisses granulíticos apresenta um relevo magnético medianamente perturbado e marcado por *trends* típicos de zona de cisalhamento de alto ângulo.

Apesar dos valores anômalos detectados pela geoquímica e pela litogeoquímica, não foi individualizada qualquer área mineralizada/previsional neste domínio,

devido à ausência de ocorrências minerais e o elevado grau metamórfico dessas rochas; porém pode-se indicar um aproveitamento comercial das mesmas através da exploração como material de construção.

A área mineralizada/previsional VIII para Au engloba parte desse domínio, onde as anomalias detectadas pela geoquímica situam-se num *trend* NE-SW, possivelmente condicionadas à zona de cisalhamento que limita os gnaisses granulíticos dos gnaisses aluminosos (Pps1).

8.2.3 Intrusivas Tardi a Pós-transcorrentes – $\in\gamma 3/\in$

São granitóides gerados a profundidades superiores a 30km; de granulação média, grosseira e porfirítica; isotrópicos; localmente com foliações de fluxo magmático e/ou de cisalhamento, constituídos de rochas ácidas e intermediárias.

As amostras analisadas estão distribuídas nos maciços de Rio Novo do Sul, Iconha e Alfredo Chaves. Esses maciços possuem um relevo geofísico fortemente magnético, responsável por geração de anomalias magnéticas circulares ou elípticas.

O quimismo tem caráter metaluminoso e calcialcalino. No diagrama Q-A-P modal (figura II.8.1), a maioria das amostras desses maciços dispõem-se no campo da série calcialcalina, médio a alto-K, e posicionaram-se em ambiente margem de placa/arco magmático. São granitos do tipo I.

Verifica-se no diagrama de El Bouseily & El Sokkary (1985), figura II.8.2, que a maior parte das amostras desses maciços plotam-se no campo dos granitos anômalos e não denotam especializações.

No diagrama de Baldwin *et al.* (1982), figura II.8.4, as amostras desses maciços se dispõem no campo das intrusões porfiríticas não produtivas.

Os altos teores de Ba (1.420 a 5.880ppm), Sr (380 a 1.270ppm), Zr (380 a 940 ppm) e TiO_2 (0,53 a 2,1%), altas razões Ba/Rb (8,04 a 42,20), Li (9 a 52ppm), Rb (77 a 220ppm), Y (10 a 54ppm) e baixas razões Rb/Sr (0,06 a 0,52) e Y/Ba (0,004 a 0,02) permitem classificar os maciços graníticos no grupo dos granitóides não especializados, segundo Ramsay, 1986.

Utilizando-se o diagrama de Lameyre *et al.* (1982), figura II.8.1, para mineralizações associadas às séries graníticas, verifica-se que as amostras desse contexto plotam no campo com potencial para mineralização de Cu, Mo, Pb e Zn.

A litogeoquímica revelou anomalias de F (3.200ppm) em biotita-granito, Pb (404ppm) em allanita-quartzo-diorito, Li (85ppm) e Ba (5880ppm) em metaquartzo-diorito, Pb (623ppm) e Zn (531ppm) em xenólito de rocha diorítica, Pb (261ppm) e Zn (993ppm) em microclina granito.

Foram estudadas as lâminas das rochas pertencentes a esta unidade, onde verificou-se que 25% delas apresentaram alterações hidrotermais, tais como sericitização, epidotização, muscovitização e carbonatação.

As áreas mineralizadas/previsionais Ia a Io (vide mapa anexo) são indicadas para a exploração desses granitos como rochas ornamentais. São granitos dos tipos comercializados como "róseos" e "cinzas".

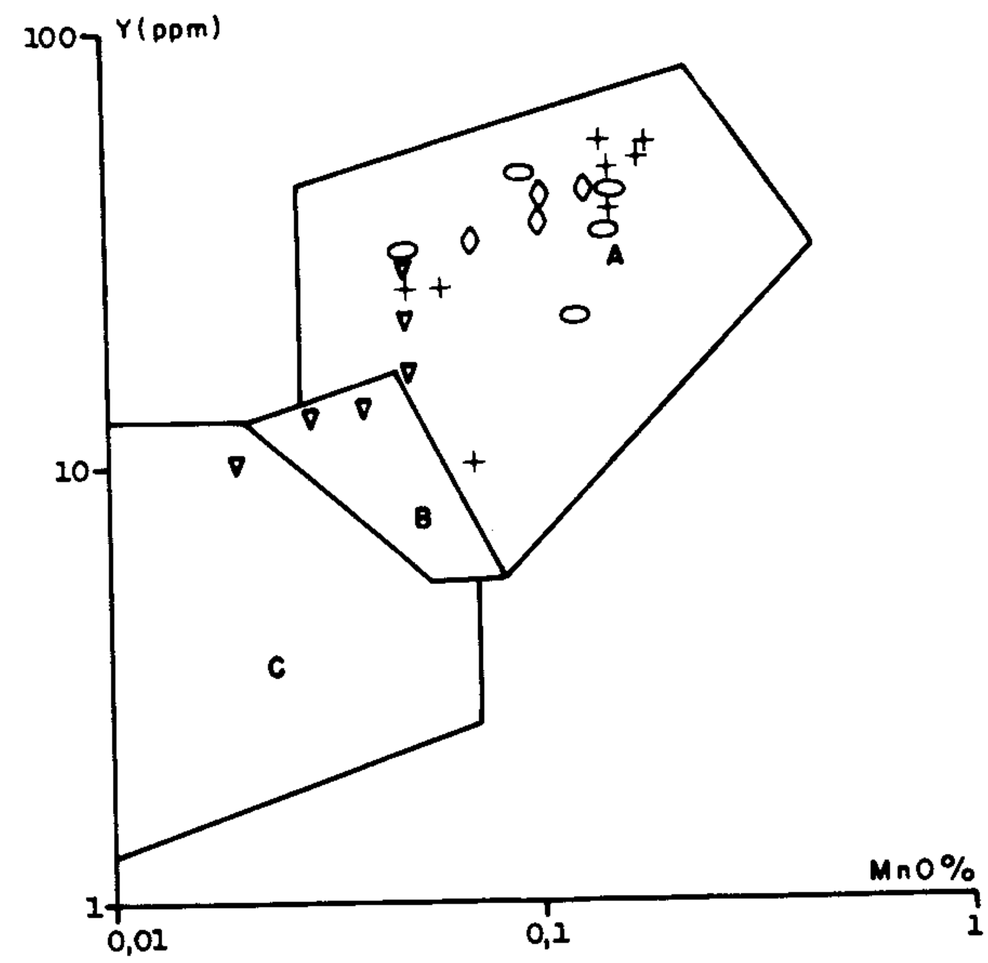


Figura II.8.4 – Diagrama de co-variação MnO-Y para discriminação de intrusões porfiríticas não produtivas (A), subprodutivas (B) e produtivas (C) dos maciços Alfredo Chaves (+), Iconha (◊), Rio Novo do Sul (○) e das rochas intrusivas pós-transcorrentes (▽) segundo J. A. Baldwin & J.A. Pearce (1982).

8.2.4 Intrusivas Pós-transcorrentes – $O\gamma 4$

São rochas intrusivas, de granulação média, isotrópicas, que ocorrem na forma de diques e pequenos corpos intrusivos tardios.

São constituídos de granitos alcalinos com alto-K.

Utilizando-se o diagrama Q-A-P modal (figura II.8.1) de Lameyre *et al.* (1982), verifica-se que as amostras desses diques e corpos plotam-se, na sua maioria, no campo da série alcalina aluminosa, com expectativa para mineralizações de U, Th, TR e Mo. São peraluminosos, calcialcalinos e se colocaram em período pós-transcorrente.

Com base em parâmetros como o teor em CaO (1,3 a 2,3%), razões F/Cl (2,2 a 5,7), Yb/La (0,001 a 0,003) e Ce/Y (8,28 a 9,68), essas rochas são classificadas como transicionais e analisadas juntamente com outros dados como baixos teores de Li (11 a 51ppm), Rb (190 a 270ppm), Y (13 a 29ppm), Y/Ba (0,006 a 0,01), Rb/Ba (0,10 a 0,19), Ba (1.260 a 2.160ppm), Sr (290 a 540ppm), Zr (220 a 850) e Ba/Rb (5,04 a 9,81), podendo ser classificadas como granitóides não especializados, do tipo precursor de mineralizações de Au-Mo-Cu.

As amostras desse contexto exibem características de granitóides crustais, confirmadas por parâmetros como anomalias negativas de európio (0,399 a 0,493), somatórios

de terras-raras (696 a 1.061ppm), F (750 a 2.300ppm) e coríndon normativo, provavelmente pela contaminação de material supracrustal. Nesses tipos de granitóides há uma perspectiva de concentrações de W, Sn, Nb, U, Y, TR e Ta.

A prospecção geoquímica não revelou anomalias nesse contexto, como também o mapa geofísico não mostra contrastes magnéticos desses corpos.

Foram delimitadas áreas metalogenética-previsionais nos corpos mais expressivos (áreas Ip a Iv) visando à exploração dos mesmos para utilização como rochas ornamentais.

No diagrama de Baldwin *et al.* (1982), figura II.8.4, as amostras desses diques e corpos plotam três no campo das intrusões porfiríticas não produtivas, duas no campo das subprodutivas e apenas uma no campo das produtivas.

Os corpos desse domínio se colocaram a nível de mesozona, caracterizada pela formação de minerais em geral hidratados, com sistema termal desenvolvido; apesar de as dimensões desses corpos serem pequenas, são suficientes para convecção de fluidos.

As alterações hidrotermais nas rochas desse domínio é bem marcante, pois de 21 lâminas estudadas, 10 mostraram alterações como carbonatação, muscovitização, sericitização e cloritização.

8.2.5 Grupo Barreiras – Tb

É composto de sedimentos argilosos, argilo-arenosos e arenosos, inconsolidados e de coloração variegada, representando segundo Amador (1982), uma seqüência continental Cenozóica (Terciária). Nesse domínio do Grupo Barreiras foram definidas duas áreas mineralizadas/previsionais (áreas IIIa e IIIb; vide mapa anexo) sugeridas para exploração de ilmenita, monazita, zirconita e rutilo, pois são nesses sedimentos e nas areias de praia que estão concentradas as principais fontes desses minerais pesados – Amador (1982); isto é, esses minerais são originados da desagregação de granitos, gnaisses granulíticos e gnaisses aluminosos, e se concentraram nos sedimentos do Grupo Barreiras, que são portadores das primeiras concentrações de minerais pesados. O material desagregado do Barreiras através da ação das ondas seria reconcentrado.

8.2.6 Sedimentos Litorâneos – Qm

São depósitos de areia bem selecionada, de granulação média, representando principalmente antigos cordões litorâneos. Nesse contexto foi caracterizada uma área mineralizada/previsional (área V; vide mapa anexo), situada nas imediações da Lagoa Sete Pontas, indicada para a exploração de areia destinada a construção civil.

8.2.7 Sedimentos Aluvionares – Qa

Esses depósitos são constituídos de material que varia em granulometria, desde cascalho – localmente matacões – até areia muito fina a argila inconsolidada. Em algumas faixas de aluviões é comum ocorrer áreas recobertas por sedimentos turfáceos.

Nesses depósitos foram definidas áreas mineralizadas/previsionais (áreas IIa a IIc; vide mapa anexo), reservadas à exploração de turfa e argila. A existência de depósitos turfáceos nas localidades de Capim Angola e Idoleano, fez com que se indicassem novas áreas não só para turfa como também para argila, situadas nas faixas das aluviões dos rios Novo e Muqui do Norte e dos córregos Santa Helena e Vargem Grande, com zonas pantanosas, mangues (ambiente de transição) e planícies aluvionares.

A seqüência típica dos depósitos turfáceos nessa região, do topo para a base, é a seguinte: turfa, argila cinza com troncos decompostos e argila arenosa, passando a uma areia fina a média. A análise mineralógica do concentrado de bateia revelou a presença de minerais pesados, como ilmenita, monazita, zircão e rutilo. A maior incidência entre eles é para a ilmenita (>25% em média do peso do concentrado), seguida da monazita (10-15%), zircão (± 3%) e rutilo (<1%).

Nos leitos dos rios que atravessam as regiões graníticas e gnáissicas, é freqüente a presença de zircão, acompanhado de ilmenita, monazita e rutilo. Esses depósitos fluviais, contudo, não possuem volumes suficientemente grandes para garantir a exploração.

PARTE III

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Capítulo 1
Conclusões

por
Wilson Luís Féboli (item 1.1), Adolfo Alves de Souza e Cláudio José Marques de Souza (item 1.2), Edson Lopes Barreto (item 1.3) e Nicola Signorelli (item 1.4)

As informações obtidas nos trabalhos de campo, tratadas analiticamente e representadas em diversos tipos de mapas, permitiu chegar às seguintes conclusões:

1.1 Geologia

Foram caracterizados dois domínios no Complexo Paraíba do Sul: o primeiro constituído por metassedimentos com intercalações de rochas calcissilicáticas; o segundo representado por uma seqüência metavulcano-sedimentar também com níveis calcissilicáticos.

O vulcanismo associado do Complexo Paraíba do Sul tem natureza toleítica a calcialcalina, sendo representado por rochas de origem basáltica a andesítica. Pelos discriminantes tectônicos, foi gerado em ambiente de arco-de-ilhas.

As rochas plutônicas foram agrupadas em três domínios principais: intrusivas sin- a tandi-tangenciais, sin- a tardi-transcorrentes e pós-transcorrentes.

Os granitóides sin- a tardi-tangenciais têm composição tonalítica a granítica e afinidade calcialcalina. Apresentam grande variação quanto à saturação em alumina, devido às complexidades de suas gêneses, plotando tanto no campo dos granitos I quanto no dos S. Foram posicionados em ambientes pré a sin-colisional.

Os granitóides tardi- a pós-transcorrentes têm caráter metaluminoso e afinidade calcialcalina. Nos gráficos que discriminam ambientes tectônicos esses granitóides plotam-se nos campos dos granitos sin-colisionais e de soerguimentos pós-colisionais.

Os granitóides pós-transcorrentes têm quimismo calcialcalino, são peraluminosos e plotam no campo dos granitos S (devido à forte contaminação crustal). O posicionamento tectônico é tardio em relação ao ciclo orogênico.

Todas essas intrusivas são bastante similares em seu quimismo, surgerindo um processo contínuo de geração de magmas. Assim, o magmatismo iniciou-se com um vulcanismo basáltico a andesítico e plutonismo limitado, seguido do plutonismo sin-colisional a tardi-transcorrente com eventos de anatexia parcial a total, culminando com as intrusões pós-transcorrentes. Os sedimentos do Grupo Barreiras são imaturos, evidenciando transporte curto e rápido, e provenientes de rocha intemperizada *in situ*. Foram depositados em planície de inundação com a formação de lagoas que, durante o entulhamento, propiciaram a deposição dos níveis argilosos.

Os sedimentos recentes recobrem considerável extensão da área mapeada, principalmente na região costeira. Fornecem material tanto para a construção civil como para a industrialização através das diversas cerâmicas existentes na região.

1.2 Geoquímica

O elemento P e seus minerais correspondentes, apatita, xenotímio e monazita, encontram-se distribuídos aleatoriamente em toda área da folha, não podendo ser diagnosticada sua filiação petrogenética e metalogênica.

A elevação dos teores de Zn, verificada em algumas estações, provavelmente foi devida a adubação química. Excluindo a zona III, a elevação dos teores do Pb deve ter sido provocada pela captura desse elemento na rede cristalina de grãos de feldspatos alcalinos. O elemento Cr freqüentemente faz parte da composição química de minerais como a magnetita ou espinélio, não tendo sido detectada a cromita que constitui o principal mineral de um depósito mineral cromífero.

As áreas favoráveis a mineralizações auríferas são as correspondentes à zona de cisalhamento (NE-SW), além das estações anômalas 1 e 2, onde foram detectadas partículas ou pintas de Au. As outras estações com anomalias de Au de 1ª ordem também devem ser investigadas.

As áreas de exposição das rochas pertencentes à unidade Pps2 (quadrante NW) foram insuficientemente amostradas, o mesmo acontecendo em relação aos granulitos.

No âmbito da faixa litorânea, sob o domínio do Grupo Barreiras e formações quaternárias, a coleta de sedimentos de corrente e concentrados de bateia apresentou problemas devidos às condições ambientais adversas:

canais artificiais de drenagem, deposição de detritos orgânicos e turfa nos perfis dos rios, áreas pantanosas e drenos inundados.

1.3 Geofísica

A interpretação aeromagnetométrica, apoiada no mapa geológico, identificou os traços estruturais predominantes na área da folha, as zonas de cisalhamento e as relações dos corpos intrusivos com os movimentos transcorrentes. Nesta folha, as intrusões são tanto sin- a tardi-tangenciais, visto que as respostas magnéticas desses corpos são formas alongadas na direção dos cisalhamentos, em geral, NE-SW, como tardi a pós-transcorrentes, cujas anomalias são arredondadas e bastante pronunciadas.

A elevada altura de vôo do levantamento magnético ressaltou fontes excepcionais pela sua alta susceptibilidade magnética, e estruturas regionais de grandes dimensões, em geral profundas. A área sobrevoada em blocos, a diferentes altitudes, dificulta a determinação cartesiana das fontes magnéticas. Deste modo, os lineamentos e as unidades magnéticas, exceto as de alta atividade, não exibem relação nítida com os registros geológicos mapeados.

A ausência de levantamentos aerogamaespectrométricos limitou consideravelmente a contribuição da geofísica ao levantamento geológico, como detecção de litologias, processos metamórficos, alteração supergênica, contatos, entre outras estruturas nem sempre acessíveis aos demais métodos de investigação.

1.4 Metalogenia

A análise metalogenética/previsional executada na Folha Piúma favoreceu a individualização de oito áreas importantes para a prospecção mineral, baseada em fatos geológicos, geoquímicos e geofísicos. Essas áreas mineralizadas são as seguintes:

– as áreas Ia a Iv constituem alvos para a explotação de rochas ornamentais. São rochas graníticas, isotrópicas e pertencentes a maciços e corpos tardi- a pós-transcorrentes;

– as áreas IIa a IIc são caracterizadas pela presença de turfa e argila. Ocorrem em zonas pantanosas, mangues e planícies aluvionares. A explotação da turfa visa seu uso como combustível, em substituição ao carvão mineral e a argila para cerâmica.

– as áreas IIIa e IIIb constituem áreas para a exploração de monazita, ilmenita, zirconita e rutilo. Esses minerais pesados ocorrem como constituintes das areias negras.

– a área IV é indicada para a exploração de areia industrial, proveniente da desagregação dos quartzitos intercalados nos sillimanita-biotita-gnaisses quartzosos.

– a área V é recomendada para à explotação de areia destinada à construção civil. São areias bem selecionadas, de granulação média, e que representam depósitos transicionais, principalmente paleocordões litorâneos.

– a área VI é caracterizada pela presença de concheiros naturais associados a sedimentos recentes depositados em ambiente lagunar aberto. A explotação dos mesmos objetiva sua utilização na ração animal.

– as áreas VIIa e VIIb são indicadas por conterem estações anômalas de geoquímica para ouro, em concentrado de bateia, com valor máximo de 1,7 ppm (área VIIb). Essas anomalias podem estar condicionadas a zona de cisalhamento e a veios quartzosos.

– a área VIII é individualizada, por conter estações anômalas de geoquímica para ouro em concentrados de bateia. Os indícios geoquímicos estão condicionados provavelmente a zona de cisalhamento, veios de quartzo e periferia de rocha granitóide, pós-transcorrente.

Capítulo 2
Recomendações

por
Wilson Luis Féboli (item 1.1), Adolfo Alves de Souza e Cláudio José Marques de Souza (item 1.2), Edson Lopes Barreto (item 1.3) e Nicola Signorelli (item 1.4)

2.1 Geologia

O levantamento realizado resultou em novas expectativas do ponto de vista econômico, persistindo, ainda, alguns problemas de ordem científica.

Assim, sugere-se um mapeamento de maior detalhe (1:25.000) no extremo noroeste da folha, onde aflora a seqüência metavulcano-sedimentar do Complexo Paraíba do Sul, com o objetivo de definir e avaliar as áreas fontes e de concentrações auríferas.

A área Pré-Cambriana é bastante propícia a trabalhos de tese no campo da Geologia Estrutural, para identificação de todas as zonas de cisalhamento e seus respecivos movimentos relativos. Levantamentos geofísicos detalhados poderiam ajudar a compreender a compartimentação tectônica regional.

2.2 Geoquímica

A área prioritária para prospecção detalhada de Au é, sem dúvida, a Zona I, sugerindo também outras áreas menores, onde foram detectadas anomalias de 1ª ordem de ouro.

As anomalias de Pb, B + Be + Sn da Zona III constituem alvos suceptíveis à uma prospecção complementar.

As estações anômalas 1 e 9, provavelmente assentadas em áreas de ocorrência de pegmatitos ricos em pedras semipreciosas, devem ser investigadas.

As rochas granulíticas e da seqüência metavulcano-sedimentar Paraíba do Sul, cujas áreas de ocorrência foram insuficientemente amostradas, carecem também de uma prospecção complementar.

Finalmente, a faixa litorânea, onde ocorrem as maiores concentrações de minerais detríticos, tais como monazita, ilmenita, zirconita, rutilo e elementos de terras-raras, poderá ser adequadamente prospectada.

2.3 Geofísica

Recomenda-se para a Folha Piúma um aerolevantamento simultaneamente magnético e gamaespectrométrico. Nesse caso, a altura de vôo não pode exceder a 150m, devido ao alcance dos raios gama. Essa altura também é adequada à magnetometria. Direção das linhas de vôo, N45°W ou N-S, com espaçamento de 1km. A vantagem desse levantamento é a obtenção de cinco dados distintos: intensidade de campo magnético total, canais dos radioelementos (U, Th e K) e contagem total, cujo processamento forneceria:

a) um conjunto de mapas: susceptibilidade magnética, gradiente vertical, continuação para baixo ou para cima, redução ao pólo ou ao equador e outros; obtenção do espectro de potência que fornece a profundidade média das fontes magnéticas;

b) outro conjunto de mapas dos radioelementos e de suas relações;

c) perfis empilhados magnetométricos e gamaespectrométricos;

d) modelamento magnético automático de grande número de anomalias que, detectadas a partir de leituras obtidas em amostragem fina, é de alta confiabilidade,

e) mapas radiométricos, coloridos pelo ploter *Applicon*, que fornecem, através da combinação das cores primárias, em um único mapa, as proporções dos radioelementos na área levantada.

2.4 Metalogenia

Recomenda-se estudos específicos nos maciços de rochas granitóides tardi- a pós-transcorrentes Rio Novo do Sul e Iconha, etc., visando a exploração desses granitóides como rochas ornamentais.

Mapeamento geológico de detalhe nas duas zonas de cisalhamento de alto ângulo, uma que limita os sillimanita-biotita-gnaisses quartzosos dos ortognaisses tonalíticos e a outra limitando os gnaisses granulíticos dos gnaisses aluminosos, objetivando as possíveis mineralizações de ouro condicionada às mesmas.

Sugere-se um levantamento geológico detalhado na área de ocorrência de grafita, situada no limite das Folhas Piúma e Domingos Martins, próximo ao córrego Solidão, na localidade de Alto Baía Nova, visando a descoberta de

depósitos com potenciais metalogenéticos e prospectivos.

Na unidade dos sillimanita-biotita-gnaisses quartzosos, é grande a incidência de lentes de quartzitos grossos, puros, bem recristalizados e de fácil desagregação , que podem ser estudados para o seu aproveitamento na utilização da indústria do vidro, refratários, etc. Recomendam-se estudos detalhados nos sedimentos do Grupo Barreiras e aluviões da costa, visando a descoberta de depósitos de areias contendo minerais pesados (monazita, ilmenita, zirconita e rutilo) e argilas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUE, J. J. & BRIMHALL, G. H. Granites of the batholiths of California: products of local assimilation and regional – scale crustal contamination. *Geology*, 15: 63-6, jan. 1987.

ALMEIDA, F. F. M. de; AMARAL, G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. The Precambrian Evolution of the South America Cratonic Margin South of Amazon River. In: NAIRN, A. E. M & STELLI, F. G. (ed). *The ocean basins and margins*. New York, Plenum, 1973, v.1, p.411-46.

ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. In: *SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE*, 8, Campina Grande, 1977. *Atas*... Campina Grande, Soc. Bras. Geol., 1977. p.363-91.

AMADOR, E. S. "O Barreira Pleistocênico no Estado do Espírito Santo e seu relacionamento com depósitos de minerais pesados". In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 32., Salvador, 1982. *Anais*... Salvador, Soc. Bras. Geol., 1982, v. 4., p. 1462-73.

AMADOR, E. S. "Depósitos relacionados à unidade inferior do Grupo Barreiras no Espírito Santo". In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 32, Salvador, 1982. *Anais*... Salvador, Soc. Bras. Geol., 1982, v. 4, p. 1451-61.

BALDWIN, J. A. & PEARCE, J. A. Discrimination of productive and nonproductive porphyritic intrusions in the Chilean Andes. *Economic Geology*, 77: 664-74, 1982.

BARKER, F. & ARTH, J. G. Generation of trondhjemitic – tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemite – basalt suites. *Geology*, 4 (10): 596-600, 1976.

BATCHELOR, R. A. & BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, Amsterdam, 48: 43-55, 1985.

BAYER, P.; HORN, H.; LAMMERER, B.; SCHIMIDT-THOME, R.; WEBER-DIEFENBACH, K.; WIEDEMANN, C. M. The Brasiliano Mobile Belt in Southern Espírito Santo (Brazil) and its Igneous Intrusions. *Zbl. Geol. Palaeont, (9/10): 1429-39, jun. 1986.*

BAYER, P.; SCHMIDT-THOME, R.; WEBER-DIEFENBACH, K.; HORN, A. H. Complex concentric granitoid intrusions in the coastal mobile belt, Espírito Santo, Brazil: Santa Angélica Pluton – An example. *Geol. Rdsch.*, Stuttgart, 67:357-72, 1987.

BOSUM, W.; HAGEN, D.; MOLLAT, H. *Relatório de reconhecimento geológico-geoquímico Guandu-Castelo, Minas Gerais-Espiríto Santo*. s.n.t, 1974. 52p. mapas. Tradução de Maria C. C. Jinno. (Relatório inédito DNPM/CGBA).

BOWMAN, A. N. *Mine data sheets and metallogenic study*; Forbes 1:250.000 metallogenic Map. S.1 Geological Survey of New South Wales, 1977. 1 mapa anexo.

BOWMAN, A. N. & STEVENS, B. P. O. The philosophy, design and applications of the New South Wales Geological Survey's Metallogenic Mapping Programs. *Journal of the Geological Survey of Australia*, 25 (3): 121-40, jun. 1978, il.

BRANCO, P. C. A. Principais depósitos minerais; conceitos, metodologia e listagem. In: SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D. de A.; DERZE, G. R.; ASMUS, A. E. (Coord.). *Geologia do Brasil*. Brasília, DNPM, 1984. 501p. il.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. *Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória*; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. 775p. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).

BRUNO, E. M. *Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais;* Folha SE. 24-Y-C – Colatina, escala 1:250.000. Belo Horizonte, s.ed, 1985. 77p. (Relatório inédito-DNPM/CPRM).

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES – BRGM. Service Geologique Nationel. *Carte Metallogenique des Massifs des Vosges et de la Foret Noire*, 1975. Escale 1:400.000.

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES – BRGM & ORGANIZATION DES NATIONS UNIES POUR L'EDUCATION, LA SCIENCE ET LA CULTURE – UNESCO. *Carte Metallogenique de L'Europe*, 1968-1970, escala 1:2.500.000. s.n.t.

CHAOQUN, Y. On specialization of granitoids of different genetic types of South China. In: *THE CRUST – the significance of granites-gneisses in the lithosphere.* Athens, Theophrastus Publ., 1985, p. 365-87.

CONDIE, K. C. Archean magmatism and crustal thickening. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84 (9):2981-92, 1973.

CONDIE, K. C. & HUNTER, D. R. Trace element geochemistry of Archean granitic rocks from the Barberton region, South Africa. *Earth and Planetary Science Letters*, Amsterdam, 29: 389-400, 1976.

DEBON, F. & Le FORT, P. A chemical mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of The Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 73(1): 135-49, 1983.

ESPANHA. Ministerio de Industria. Plan Nacional de la Mineria; Programa Nacional de Investigación Minera; mapa metalogenético. 5.1., 1972. 157p. il.

EVENSEN, N. M.; HAMILTON, P. J.; O'NIONS, R. K. Rare-earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42: 1199-212. 1978.

FÉBOLI, W. L. Projeto Cachoeiro de Itapemirim – Folha Domingos Martins, escala 1:100.000. Belo Horizonte, s. ed. 1990. 173p. (relatório inédito DNPM/CPRM).

FONSECA, M. J. G.; SILVA, Z. C. G.; CAMPOS, D. A.; TOSATTO, P. Texto Explicativo da *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo; Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SG.23).* Brasilia, DNPM, 1979. 240p.

FONTES, C. Q.; NETTO, C.; COSTA, M. R. A.; BALTAZAR, O. F.; SILVA, S. L.; VIEIRA, V. S. *Projeto Jequitinhonha;* relatório final. Belo Horizonte, DNPM/CPRM, 1978. 12 V. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2787).

GARCIA, M. O. Criteria for the identification of ancient volcanic arcs. *Earth Sciences Reviews*, Amsterdam, 14:147-65.

GILLIGAN, L. B. *Mine data sheets to accompany metallogenic map Camberra 1:250.000 sheet.* s.1. Geological Survey of New South Wales, 1975, 297p. + 1 mapa.

GOLDSCHMIDT, V. M. Geochemistry. London, Oxford University Press, 1958. 730p.

GUILD, P. W. *Preliminary metallogenic map of North America: a numerical listing of deposits.* s.1. Geological Survey, 1981. 12p. (Geological Survey Circular, 858-A).

GUIMARÃES, I. G. Integração petrográfica de rochas da faixa Costeira da Folha Piúma, Espírito Santo. Belo Horizonte, Convênio CPRM/CVRD, 1991. 2 vol., 37p. (relatório interno).

HAGEN, D.; MOLLAT, H.; ULRICH, H. J. Relatório de reconhecimento geológico-geoquímico e geofísico Cachoeiro – Mucurici, Espírito Santo. s. n. t., 1975. 66p. mapas. Tradução de Maria C. C. Jinno. (Relatório inédito DNPM/CGBA).

HANSON, G. N. The application of trace elements to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 38:26-43, 1978.

HARALYI, N. L. E. & HASUI, Y. "Compartimentação geotectônica do Brasil Oriental com base na informação geofísica". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. *Anais...*, Salvador, Soc. Bras. Geol., 1982a, v.1, p.374-85.

HARALYI, N. L. E. & HASUI, Y. The Gravimetric Information and the Archean – Proterozoic Structural Framework of Eastern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, São Paulo, 12(1/3): 160-6, mar/set. 1982. (Anais do ISAP).

HARRIS, N. B. W.; PEARCE, J. A.; TINDLE, A. G. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: COWARD, M. P. & RIES, A. C. (eds). *Collision tectonics.* Oxford, Blackwell, 1986. p. 67-81, il. (Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 19).

HASUI, Y. The Mantiqueira Province; Archean Structure and Proterozoic evolution. *Rev. Bras.Geoc.*, São Paulo, 12(1/3): 167-71. mar/set. 1982 (Anais do ISAP).

HASUI, Y. & OLIVEIRA, M. A. F. Província Mantiqueira – Setor Central. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (coord.). O Pré – Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Bluecher, 1984. p.308-34.

HAWKES, H. E. & WEBB, J. S. Geochemistry in mineral exploration. New York e Evanston, Harper & Row Publishers, 1962. 415p.

HENDERSON, P. General Geochemical Properties and abundances of the rare earth elements. In: HENDERSON, P. (ed.) *Rare Earth Element Geochemistry.* Amsterdam, Elsevier, 1984, p. 1-32. (Developments in Geochemistry, 2).

IRVINE, T. N. & BARAGAR, W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, Ottawa, 8(5): 523-48, 1971.

JILI, SHEN & JIAYUAN, LIU. REE Geochemical characteristics of the two types of granitoid in Jiangxi Province and their metallogenic implication. *In: THE CRUST – The significance of granites – gneisses in the lithosphere*, Athens, Theophrastus, 1985. p.345-64.

KING, L. *A Geomorfologia do Brasil Oriental.* Rio de Janeiro, IBGE, 1975. 265p. il. [Separata da Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 18(2), abr/jun. 1956].

KITAISKI, E. Minerales utiles y su prospección. Moscou, Editorial Paz, s.d. 239p.

KRAUSKOPF, K. Introdução à Geoquímica. São Paulo, Polígono e Ed. da USP, 1972, 2 vol.

LAMEGO, A. R. "Análise tectônica e morfológica do sistema da Mantiqueira". In: Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia, 2, Petrópolis, 1946. *Anais...*, Rio de Janeiro, 1946, V.B, p. 247-326.

LAMEGO, A. R. *A faixa costeira de Vitória.* Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1949. 68p. est., mapa (Boletim, 128).

LAMMERER, B. Short Notes on a Strutural Section Through the Ribeira Mobile Belt (Minas Gerais and Espírito Santo, Brazil), *Zbl. Geol. Palaeont.* Teil I., Stuttgart, (7/8): 719-28, 1987.

LA ROCHE, H. de. Comportement géochimique différentiel de Na, K et Al dans les formations volcaniques et sédimentaires: un guide pour l'étude des for-

mations métamorphiques et plutoniques. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 267(D): 39-42. Jui. 1968.

LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1 – R2 diagram and major-element analyses – its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, Amsterdam, 29(3/4): 183-210, june, 1980.

LE BAS, M. J.; LE MAITRE, R. W.; STRECKEISEN, A.; ZANETTIN, B. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Jour. Petrol.*, 27(3):745-50, jun. 1986.

LEONARDOS Jr, O. H. & FYFE, W. S. Ultrametamorphism and melting of a continental margin: the Rio de Janeiro region. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 45:201-14, 1974.

LEVINSON, A. A. Introduction to exploration geochemistry. Wilmette, Applied Publ. Ltd., 1974. 614p.

LIANDRAT, E. Mapa Geológico da Folha de Vitória. *Rev. Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, 34 (2):120-30, abr/jun. 1972.

LIMA, M. I. C.; SILVA, J. M. R.; SIGA JR., O. Geologia. In: PROJETO RADAMBRASIL. Folha SD.24. Salvador; Geologia. Rio de Janeiro, 1981, 624p. (Levantamento de Recursos Naturais, 24), p. 25-192.

MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M. W.; GONZALES, S. R.; SCHENINI, C. A.; SANTOS NETO, A.; PALMEIRA, R. C. B.; PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W.; CASTRO, H. E. F. Geologia. In: BRASIL – Ministério das Minas e Energia. *PROJETO RADAMBRASIL, Folhas SF.23/24, Rio de Janeiro/Vitória*; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, MME, 1983. p.27-304 (Levantamento de Recursos Naturais, 32).

MASCARENHAS, J. F. "A geologia do centro-leste do Estado da Bahia". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1973. *Anais*..., Aracaju, Soc. Bras. Geol., 1973, 1:35-66.

MASON, B. Princípios de Geoquímica. São Paulo, Polígono e Ed. da USP, 1972.

MATSON, C. R. Part 1: *Mine data sheets to accompany metallogenic map. Dubbo 1:250.00 sheet*. Part 2: a metallogenic study of Dubbo 1:250.000 sheet. s.1. Geological Survey of New South Wales, 1975. + 3 mapas anexos.

MIYASHIRO, A. The Troodos ophiolitic complex was probably formed at an island arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19:218-24, 1973.

MIYASHIRO, A. Classification, characteristics and origin of ophiolites. *Journal of Geology*, 83:249-81, 1975a.

MIYASHIRO, A. Volcanic rock series and tectonic setting. *Ann. Rev. Earth Sci.*, p. 251-9, 1975b.

MIYASHIRO, A. & SHIDO, F. Tholeiitic and calc-alkalic series in relation to the behaviors of titanium, vanadium, chromium and nickel. *Am. Jour. Sci.*, 275(1):265-77, 1975.

MOINE, B. & LA ROCHE, H. Nouvelle approche du probleme de l'origine des amphibolites à partir de leur composition chimique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 267(D):2084-7. 1968.

MOISEENKO, V. G. & FATYANOV, I. I. Geochemistry of gold. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 21, Montreal, 1972. Harpell's Press Cooperative, Jardennale, Quebec, Section 10, Geochemistry, 1972, p. 159-65.

OFFMAN, R. A. & WEBER-DIEFENBACH, K. Two zoned complexes in the Iconha region, Espírito Santo, Brazil: a geochemical characterization of an intrusive series. *Zbl. Geol. Palaeont.*, Teil I, Stuttgart, (5/6):903-16, nov. 1989.

ORLOVA, A. V. & SHATALOV, C. T. Principes Methodíques de l'etáblissement des Cartes Metallogeniques et des Cartes de Prevision des Regions Miniéres. Trad. M. Markovic. Paris, BRGM, 1960. 24p.

PADILHA, A. V.; BRANDALISE, L. A.; VIANA, H. S.; SOUZA, E. C.; GOMES, R. V. Colisão no sudeste de Minas Gerais, Cinturão de Empurrão da Mantiqueira. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, 1990. Boletim de Resumos, p. 340, 1990.

PEARCE, J. A.; HARRIS, N.B.W; TINDLE, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4): 956-983, 1984.

PETRO, W. L.; VOGUEL, T. A.; WILBAND, J. T. Major element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries. *Chemical Geology*, Amsterdam, 26:217-35, 1979.

PIMENTEL, M. M. & FUCK, R. A. Origem e evolução das rochas metavulcânicas e metaplutônicas da região de Arenópolis (Go). *Rev. Bras. Geoc.*, São Paulo, 17(1):2-14, mar. 1987.

RAMSAY, C. R. Specialized felsic plutonic rocks of the Arabian Shield and their precursors. *Journal of African Earth Sciences*, 4: 153-68, 1986.

RAMSAY, C. R.; ODELL, J.; DRYSDALL, A. R. Felsic plutonic rocks of the Midyan region, Kingdom of Saudi Arabia-II. Pilot study in chemical classification of Arabian granitoids. *Journal of African Earth Sciences*, 4: 79-85, 1986.

RANKAMA, K. & SAHAMA, T. G. Geochemistry. The University of Chicago Press, 1968.

RAPELA, C.W. & CAMINOS, R. Geochemical characteristics of the Upper Paleozoic magmatism in the Eastern sector of the North Patagonian Massif. *Rev. Bras. Geoc.*, São Paulo, 17(4): 535-43, dez. 1987. (Proceedings of the ISGAM).

ROESLER, H. J. & LANGE, H. *Geochemical Tables*. Amsterdam, Elsevier, 1972. 468p.

ROSIER, G. F. Pesquisas geológicas na parte oriental do Estado do Rio de Janeiro e na parte vizinha do Estado de Minas Gerais. *B. DNPM/DGM*, Rio de Janeiro, (222): 1-40, 1965.

ROUTHIER, P. *Les Gisements metalliféres*. Paris, Masson, 1963. Tomos 1 e 2.

SÁ, J. H. S. *Mapa metalogenético da Bahia, escala 1:1.000.000*. Salvador, SME, 1982. 62p. il.

SCHOBBENHAUS, C. (coord.) *Geologia do Brasil*; texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área

oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM, 1984. 501 p., il.

SHAW, D. M. The origin of the Apsley gneiss, Ontario. *Canad. J. Earth Sci.*, 9(1): 18-35. 1972.

SILVA, J. M. R.; LIMA, M. I. C.; VERONESE, V. F.; RIBEIRO JR. N.; ROCHA, R. M.; SIGA JR, O. Geologia. In: *PROJETO RADAMBRASIL; Folha SE.24 – Rio Doce*. Rio de Janeiro, 1987. 544 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 34).

SILVA, J. N. & FERRARI, P. G. *Projeto Espírito Santo;* relatório final. Belo Horizonte, s. ed. 1976. (Relatório inédito DNPM/CPRM).

SIQUEIRA, L. P. de. "A legenda das cartas metalogenéticas regionais do Brasil". In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro. *Anais...*, Rio de Janeiro, Soc. Bras. Geol., 1984. v.2, p.458-3.

SIQUEIRA, L. P. & DALTON DE SOUZA, J. *Legenda parcial para uso nas cartas metalogenéticas 1:250.000*; dados e metalogênese. Salvador, CPRM, 1982. 13p. (Rel. Interno).

SLUITNER, Z. & WEBER-DIEFENBACH, K. Geochemistry of charnoenderbitic granulites and associated amphibolitic gneisses in the coastal region of Espírito Santo, Brazil. *Zbl. Geol. Palaeont.* Teil I, Stuttgart, (5/6):917-31, nov. 1989.

SOELLNER, F.; LAMMERER, B.; WEBER – DIEFENBACH, K.; HANSEN, B. T. The Brasiliano orogenesis; age determinations (Rb-Sr and U-Pb) in the coastal mountain region of Espírito Santo, Brazil. *Zbl. Geol. Palaeont.* Teil I, Stuttgart, (7/8): 729-41, set. 1987.

SOELLNER, F.; LAMMERER, B.; WEBER – DIEFENBACH, K. Brasiliano age of a charnoenderbitic rock suite in the Complexo Costeiro (Ribeira Mobile Belt), Espírito Santo/Brazil: Evidence from U-Pb geochronology on zircons. *Zbl. Geol. Palaeont.* Teil I, Stuttgart, (5/6):933-45, nov. 1989.

SPRY, A. *Metamorphic Textures*. New York, Pergamon Press, 1974.

STANTON, R. L. *Ore Petrology*. New York, McGraw-Hill, 1972. 713p. il.

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

STRECKEISEN, A. How should charnockitic rocks be named? *(Centenaire de la Société Géologique de Belgique)*. Géologie des Domaines Cristallins, Liége, 1974, p.349-60.

SUSZCZYNSKI, E. F. *Mapa metalogenético do Brasil*; notícia explicativa da legenda. Brasília, DNPM, 1973. 17p.

TAKAHASHI, M. ARAMAKI, S.; ISHIHARA, S. Magnetite series/ Ilmenite series vs. I-type/S-type granitoids. *Mining Geology*. (8): 13-28, 1980. *(Special Issue)*

WACRENIER, P. R. & ROUVEYROL, P. T. Thémes de recherche liés à la prospection des Gisements; 1er partie. Chronique de la Recherche Miniére, *BRGM*, (473): 3-10, mai-june, 1977.

WEBER, K. Metamorphism and crustal rheology implications for the structural development of the continental crust during prograde metamorphism. In: DAWSON, J. B., CARSWELL, J. B.; HALL, J.; WEDEPOHL, K. H. *The Nature of the Lower Continental Crust. s.n.t, 1986. p.95-106. (Geological Society Special Publication n. 24).*

WENRONG, H. & HONGNIAN, Z. Characteristics of petrochemistry of the different genetic types of granites in the Fujian, China. In: *THE CRUST – The significance of granites gneisses in the litosphere*. Athens, Theophrastus Pub., 1985, p. 319-44.

WRIGHT, J. B. A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis. *Geological Magazine*, Cambridge, *4*: 370-84, 1969.

VIEIRA, V. S. *Estudos de Ouro; Prospecto Faixa Guarapari – Vitória*. Belo Horizonte, s.ed., 1980. perf. geol., graf., tab. (Rel. Interno da CPRM).

APÊNDICES

Súmula de Dados de Produção

1. Mapeamento Geológico

Área Trabalhada (km^2)	2.200
Afloramentos descritos	1.010
Amostras coletadas	805
Análises petrográficas	241

2. Geofísica

Interpretação de dados aeromagnetométricos (km^2)	2.200

3. Geoquímica (Prospecção e Litoquímica)

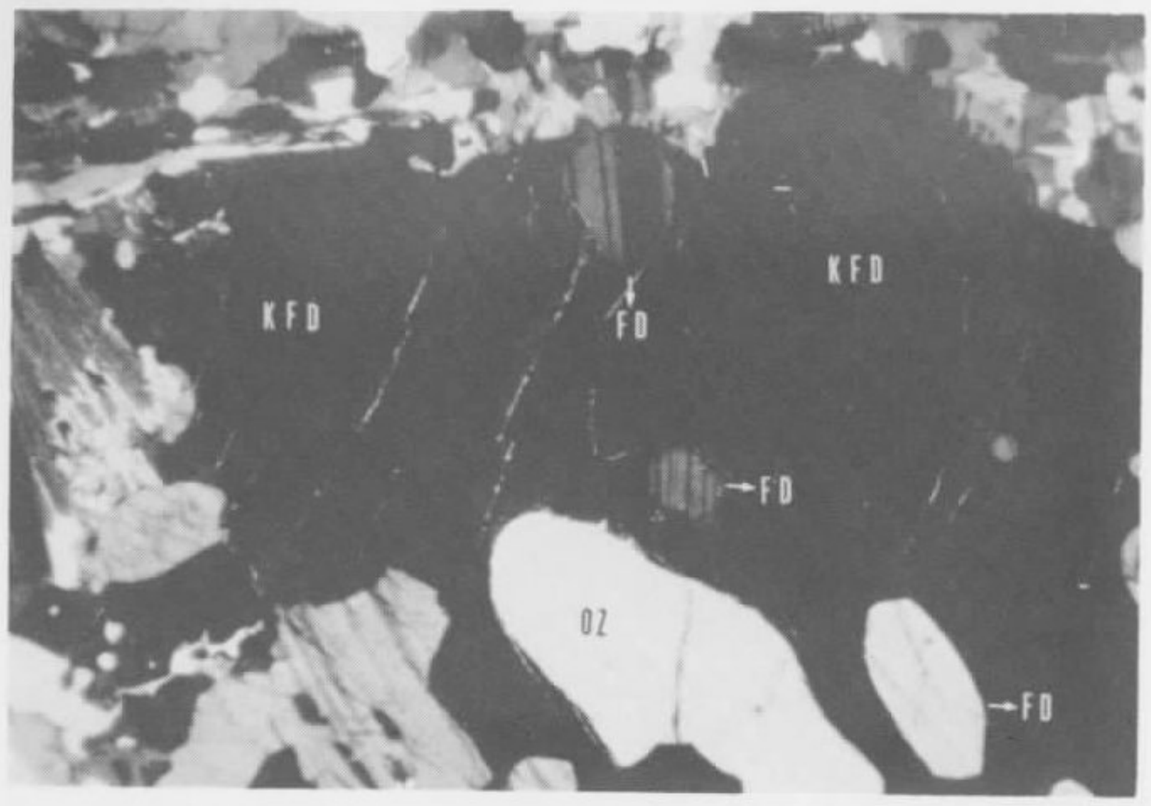
3.1. Amostragem

Sedimento de corrente	158
Concentrado de minerais pesados	72
Rocha	75

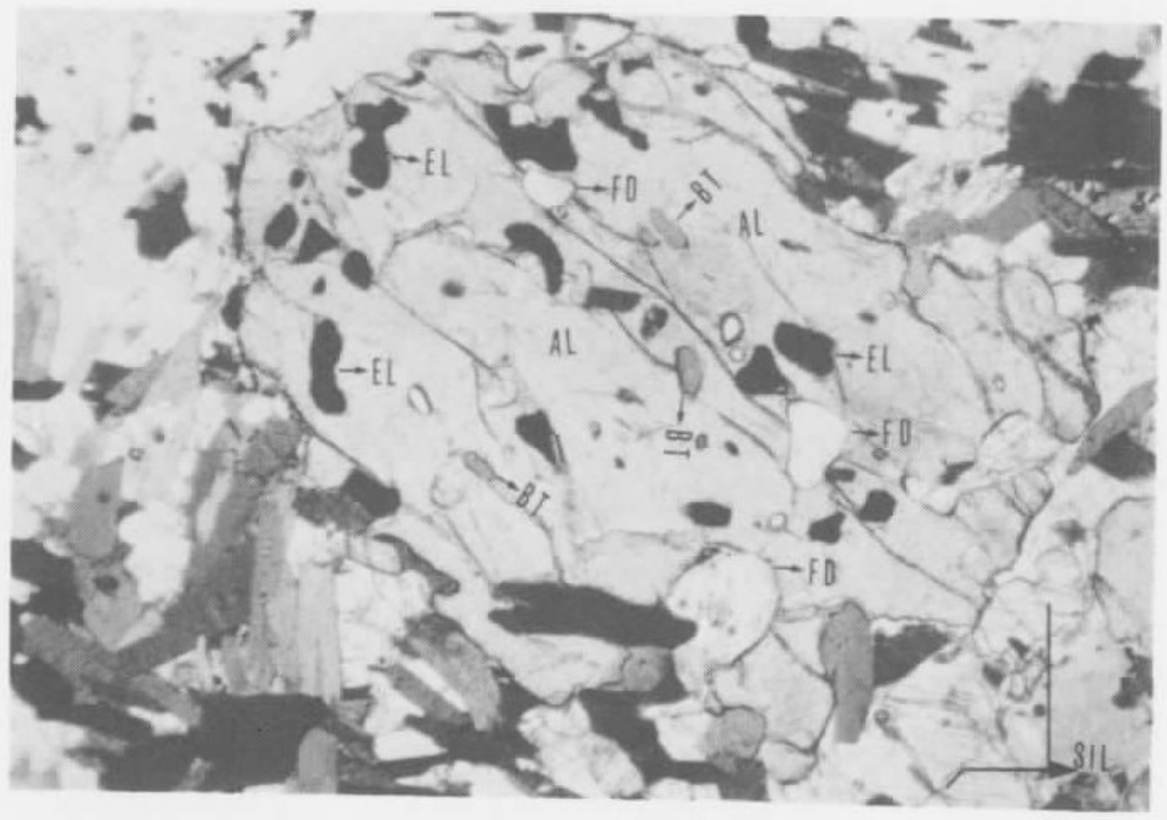
3.2. Determinações Analíticas

Espectrografia de emissão	6.863
Espectrografia de absorção atômica	3.664
Fluorescencia de raios – X	983
Eletrodo de íon específico	72
Via úmida	300
Espectrometria de plasma	660
Fluorimetria	50
Colorimetria	112
Sublimação	56
Análise Mineralógica	27

ILUSTRAÇÕES FOTOGRÁFICAS



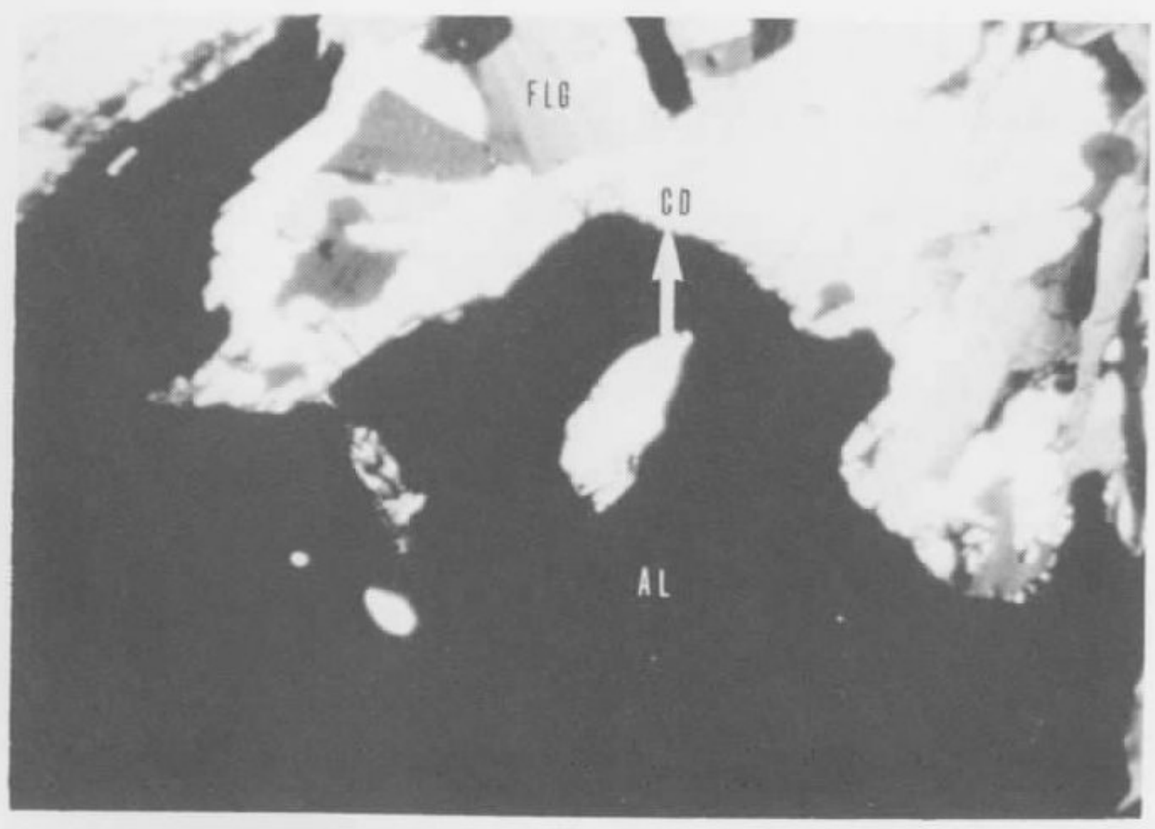
Fotomicrografia II.2.1



Fotomicrografia II.2.2

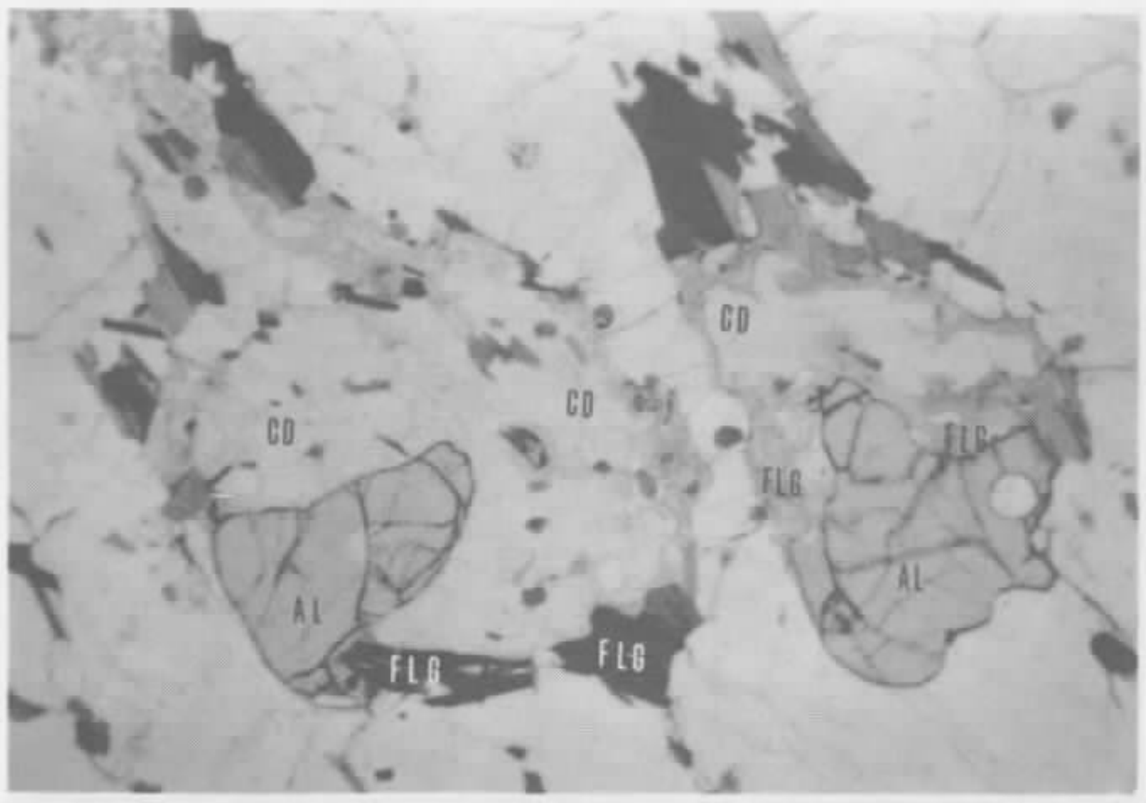
Fotomicrografia II.2.3

Fotomicrografia II.2.4

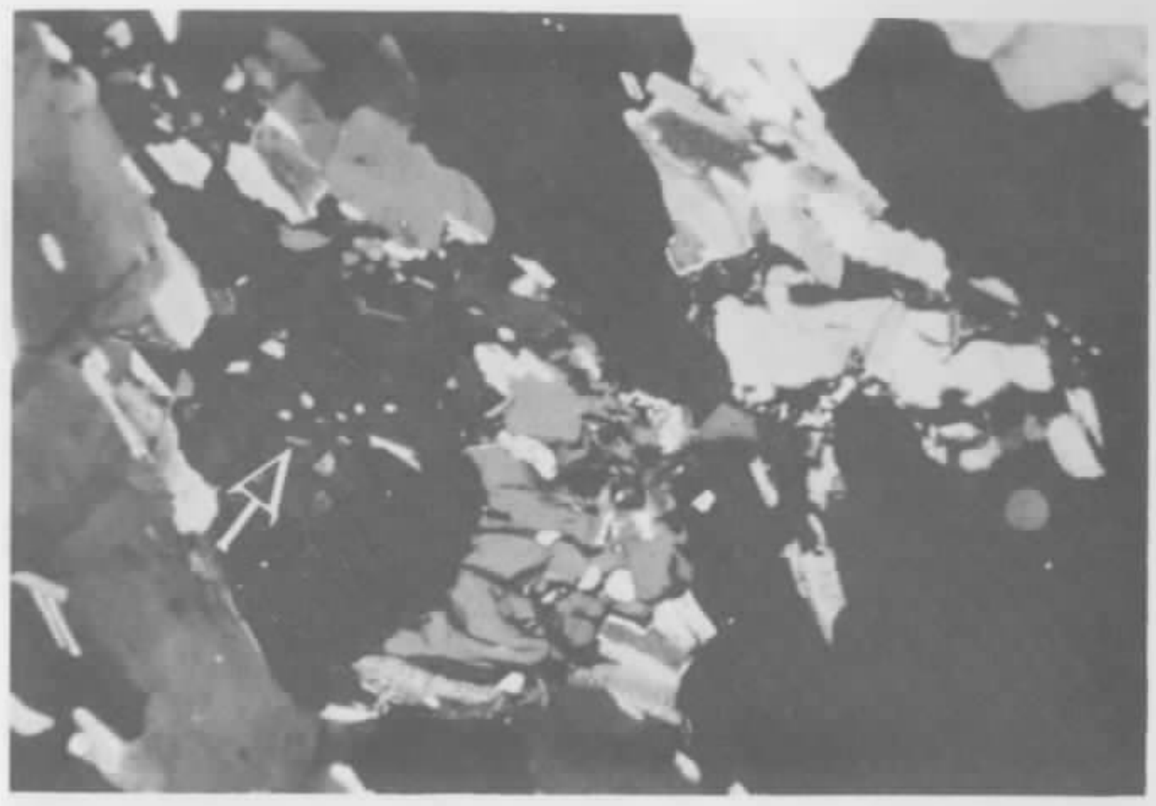


Fotomicrografia II.2.5

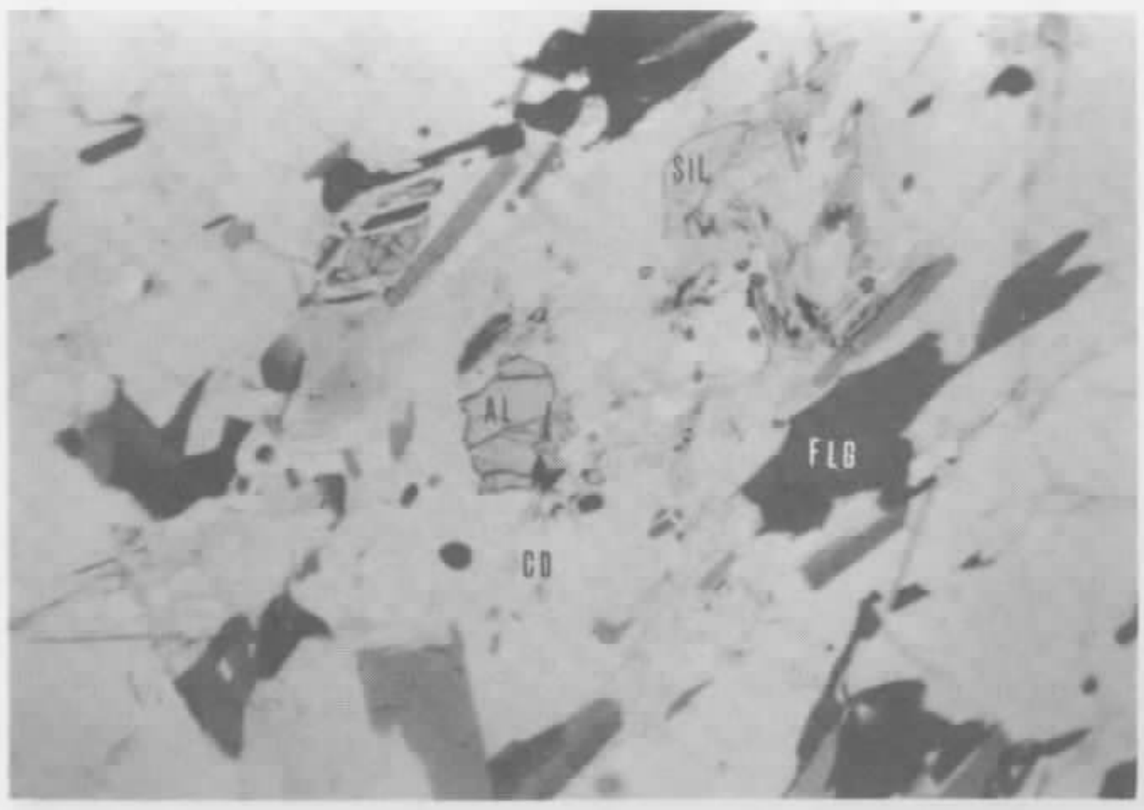
Fotomicrografia II.2.1 – Porfiroblasto de K-feldspato com inclusões de plagoclásio e quartzo (estação HR-184, LP-33x). **Fotomicrografia II.2.2** – Almandina anédrica poiquiloblástica com inclusões de biotita, espinélio e feldspato (estação HR-508, LN-33x). **Fotomicrografia II.2.3** – Sillimanita euédrica, seção basal, micropórfiro-poiquilítica, biotita e K-feldspato (estação HR-508, LN-33x). **Fotomicrografia** II.2.4 – Ortopiroxênio relicto em biotita (estação HR-508, LP-133x). **Fotomicrografia II.2.5** – Almandina com limites de reação com cordierita (estação HR-184, LP-33x).



Fotomicrografia II.2.6

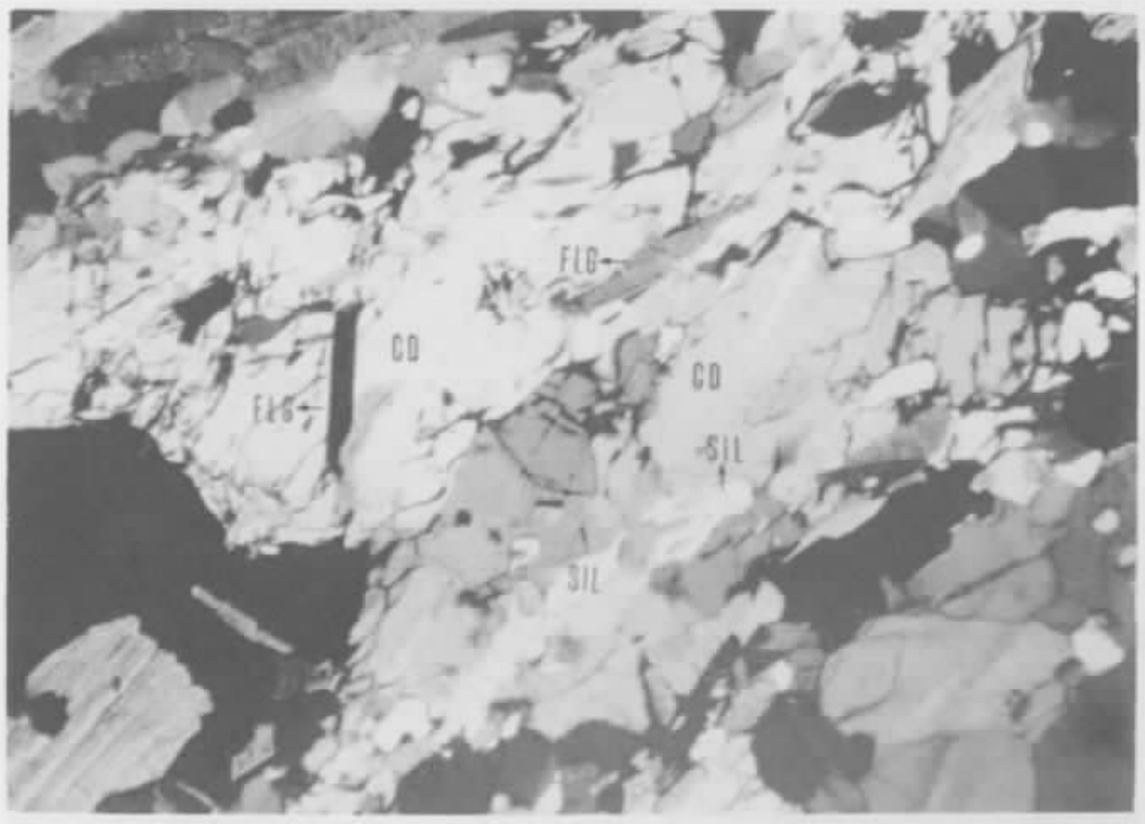


Fotomicrografia II.2.7



Fotomicrografia II.2.8

Fotomicrografia II.2.9



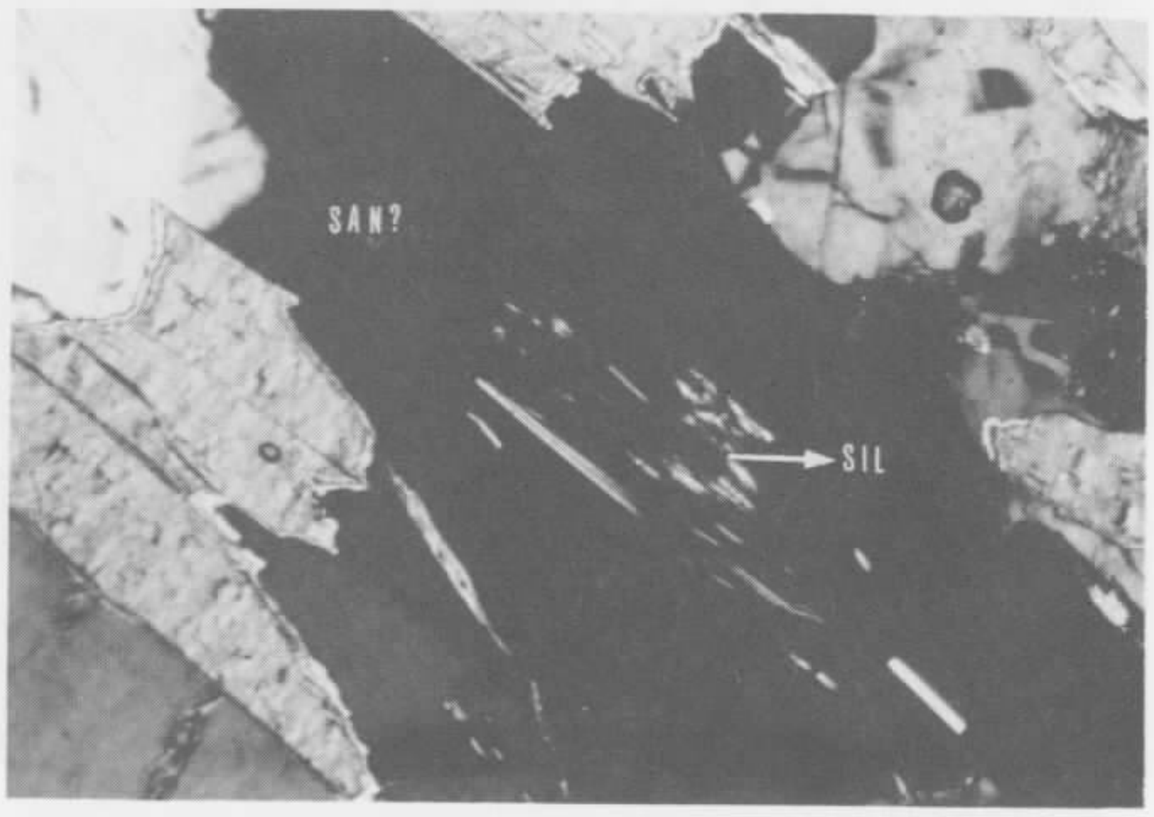
Fotomicrografia II.2.10

Fotomicrografia II.2.6 – Dois grãos de almandina com contatos de reação, um com cordierita e outro com biotita. Gel de composição indeterminada predominantemente no contato entre biotita e cordierita. Intercrescimento simplectítico de cordierita com mineral indeterminado (provável eutectóide). (estação HR-184, LN-33x). **Fotomicrografia II.2.7** – Idem foto anterior. O intercrescimento simplectítico de cordierita com quartzo é melhor observado nesta foto (estação HR-184, LP-33x). **Fotomicrografia II.2.8** – Almandina inclusa em cordierita com limites de reação; sillimanita com limites curvilíneos. (estação HR-184, LN-33x). **Fotomicrografia II.2.9** – Idem foto anterior (LP-33x). **Fotomicrografia II.2.10** – Cordierita com inclusões de sillimanita e flogopita. Limites sinuosos e curvilíneos entre sillimanita e cordierita, incluindo baía de corrosão na sillimanita. Limites sinuosos e retilíneos entre flogopita e cordierita. (estação HR-184, LP-33x).

Fotomicrografia II.2.11

Fotomicrografia II.2.12

Fotomicrografia II.2.13

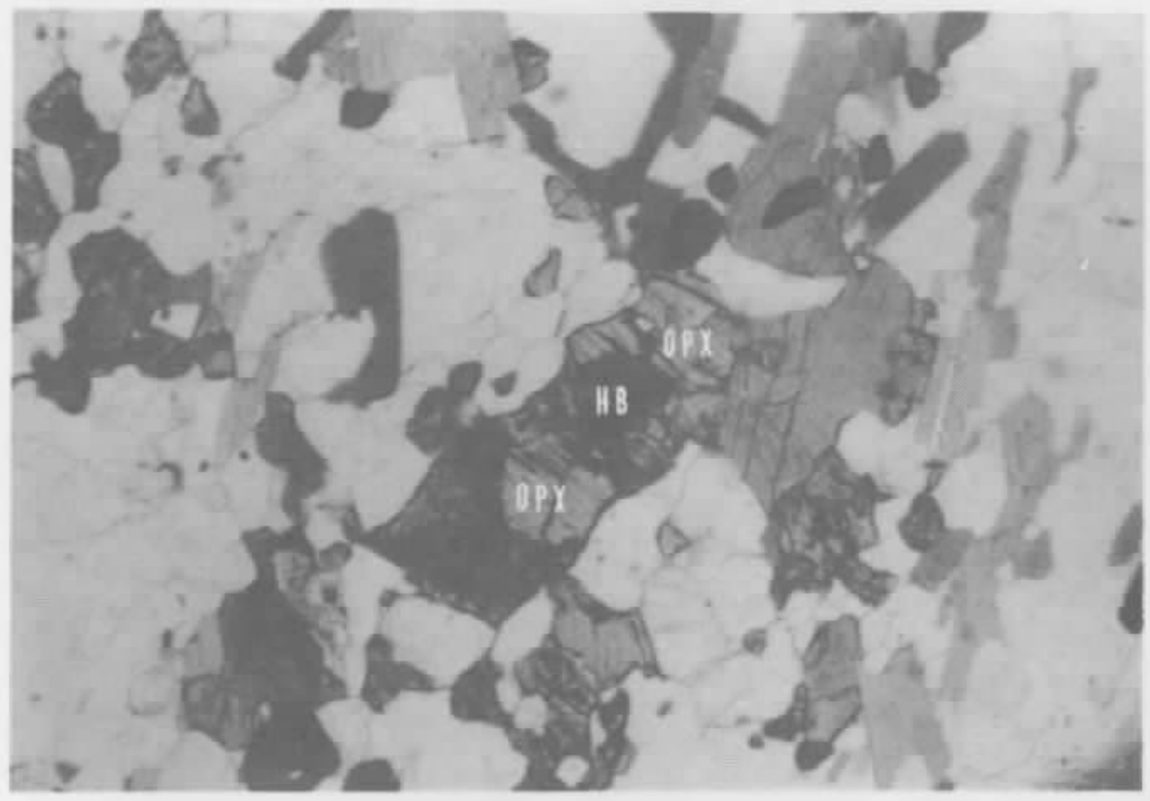


Fotomicrografia II.2.14

Fotomicrografia II.2.15

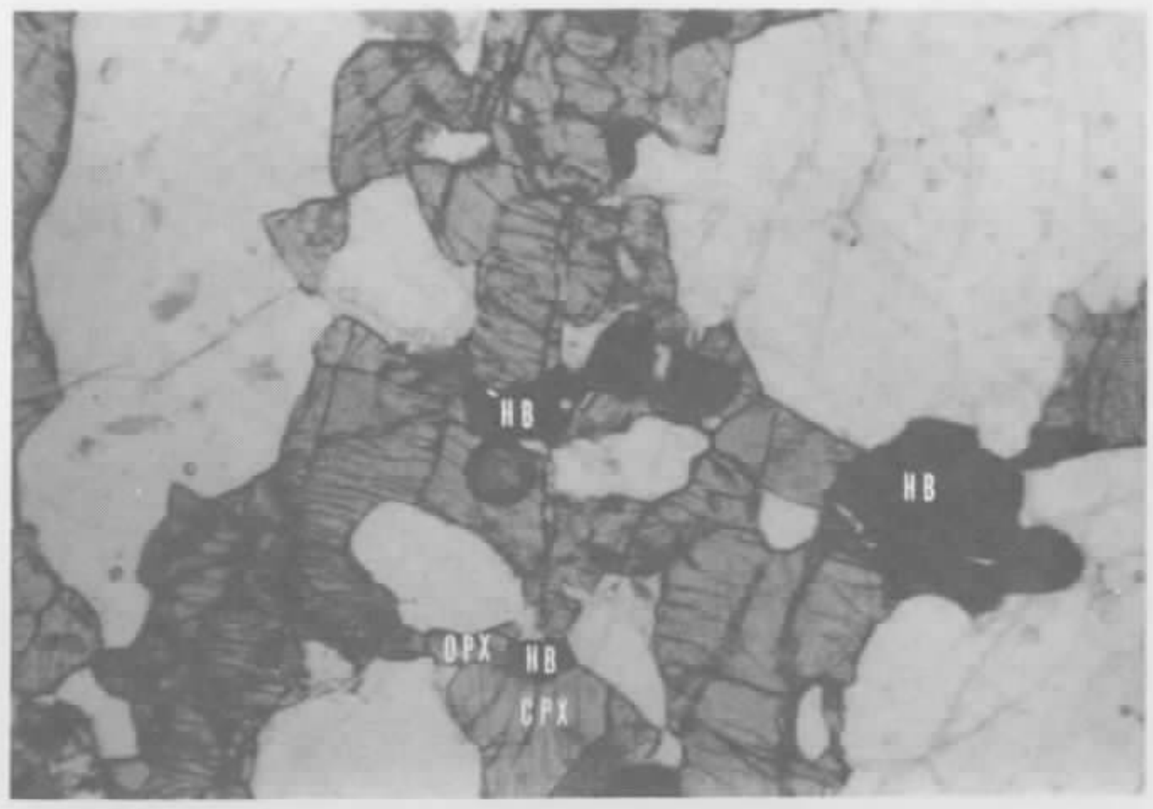
Fotomicrografia II.2.11 – Almandina envolta por cordierita (contato de reação entre ambos). Intercrescimento simplectítico (possível eutectóide) de cordierita com mineral indeterminado. A grosso modo o intercrescimento é sub-radial à almandina. Inclusões de flogopita na cordierita (estação HR-184, LP-33x). **Fotomicrografia II.2.12** – K-feldspato (sanidina), biotita e cordierita com inclusões de sillimanita (tipo simplectita). Estação HR-639, LP-33x. **Fotomicrografia II.2.13** – Cordierita com inclusões de sillimanita (tipo simplectita). Estação HR-639, LP-133x. **Fotomicrografia II.2.14** – Inclusões de sillimanita na sanidina (estação HR-639, LP-133x. **Fotomicrografia II.2.15** – Ortopiroxênio (provavelmente reliquiar) incluso em hornblenda subédrica (estação HR-73, LN-133x).

Fotomicrografia II.2.16

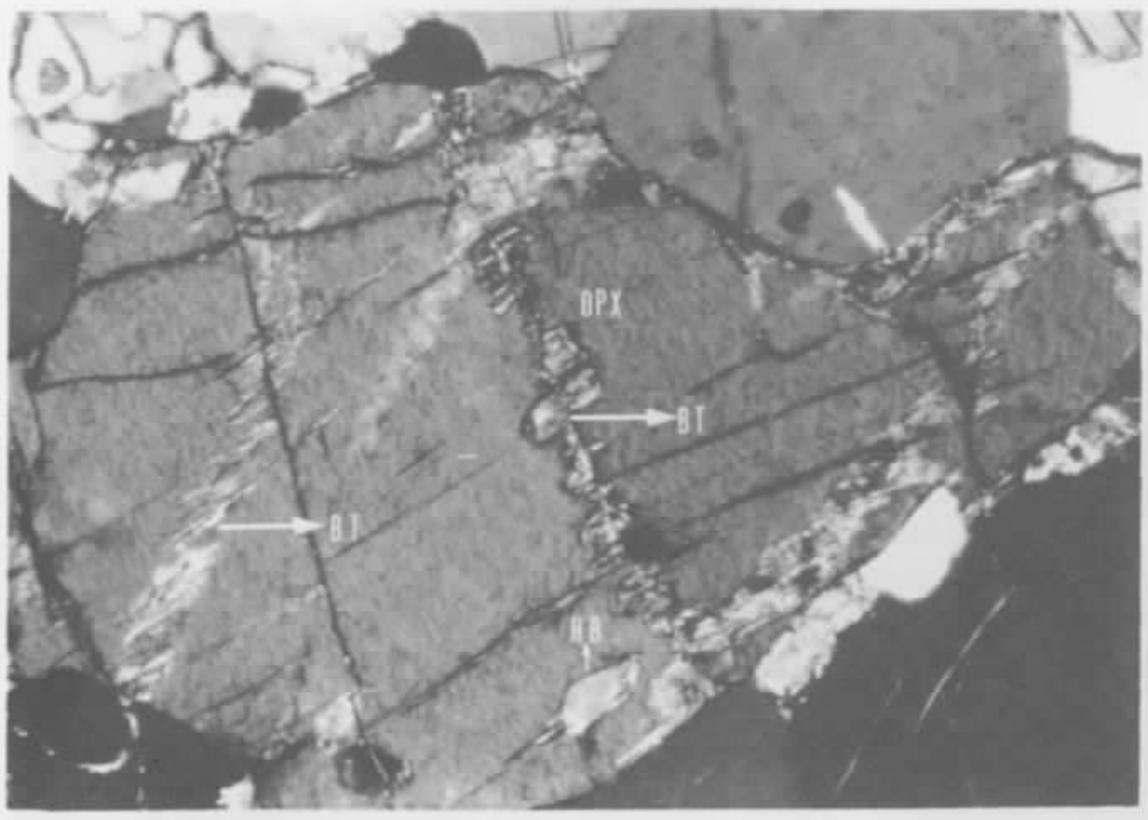


Fotomicrografia II.2.17

Fotomicrografia II.2.18



Fotomicrografia II.2.19



Fotomicrografia II.2.20

Fotomicrografia II.2.16 – Hornblenda com tendência euédrica inclusa no ortopiroxênio (estação HR-73, LP-133x). **Fotomicrografia II.2.17** – Hornblenda inclusa em ortopiroxênio (estação HR-230, LN-53x). **Fotomicrografia II.2.18** – Ortopiroxênio reliquiar em hornblenda (estação HR-230, LN-133x). **Fotomicrografia II.2.19** – Relações entre hiperstênio, hornblenda e clinopiroxênio (limites retilíneos a curvilíneos). Estação HR-401, LN-33x). **Fotomicrografia II.2.20** – Processo de biotitização do ortopiroxênio segundo fraturas e clivagens. É o estágio mais recente de formação de mineral (hidratação). Inclusa no ortopiroxênio a hornblenda (provavelmente reliquiar). Estação HR-73, LP-133x.

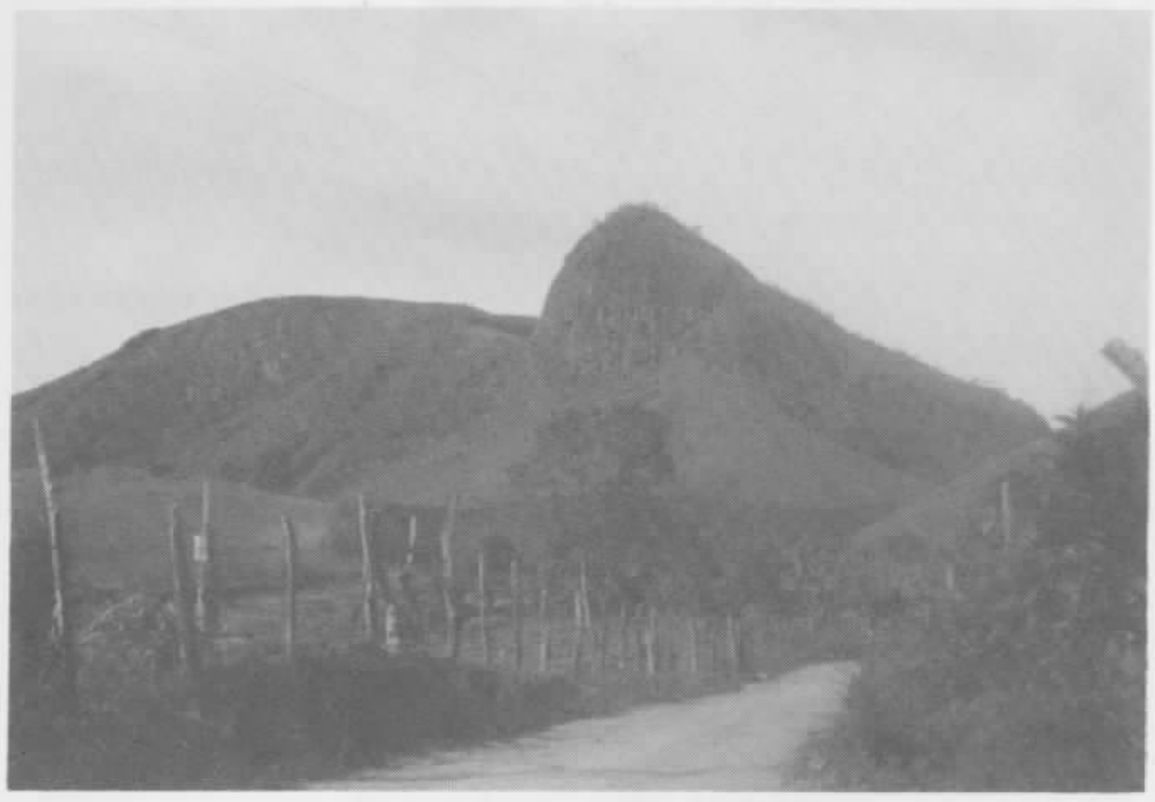


Foto II.2.1

Foto II.2.2

Foto II.2.3

Foto II.2.4

Foto II.2.5

FOTO II.2.1 – Morfologia de morros tipo "pão de açúcar" com grandes caneluras, apresentada pelos ortognaisses que afloram nas vizinhanças de Palmital (Pγ1). **FOTO II.2.2** – Ortognaisse granítico porfiroblástico (Pγ1) com xenólito de rocha dioritica a quartzo-diorítica. Estrada Rio Novo do Sul – Iconha, localidade de Palmital (WL-163). **FOTO II.2.3** – Contato entre o Complexo Paraiba do Sul (unidade Pps2qtx) e o ortognaisse tipo Cachoeiro (PY1a) através de falha de empurrão. Localidade de Pombal de Cima. **FOTO II.2.4** – Morfologia de morros tipo "pão de açúcar" do ortognaisse tonalítico (PY1b). Estrada Duas Barras – Rodeio. **FOTO II.2.5** – Faixas de gnaisse aluminoso (Pps1) em gnaisse granulítico. Ilha dos Franceses (HR-839).

Foto II.2.6

Foto II.2.7

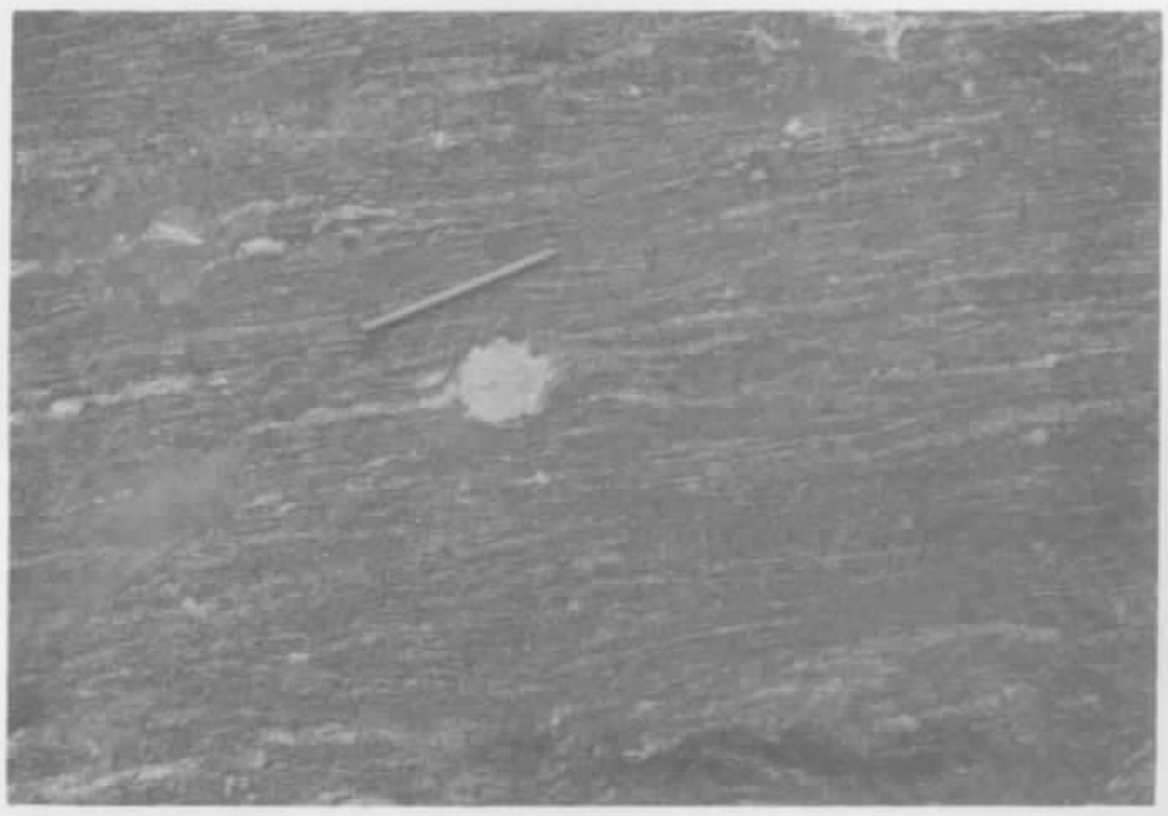


Foto II.2.8

Foto II.2.9

Foto II.2.10

FOTO II.2.6 – Dique concordante de anfibolito em gnaisse granulítico. Apresenta atitude verticalizada devido ao cisalhamento de alto ângulo. Praia de Irirí (HR-86). **FOTO II.2.7** – Dique discordante de anfibolito em gnaisse granulítico. Praia de Irirí (HR-86). **FOTO II.2.8** – Cristal de feldspato porfiroblástico exibindo movimento de rotação devido a cisalhamento dúctil. Localidade de Emboacica (HR-768). **FOTO II.2.9** – Zona de cisalhamento transcorrente com movimento em sentido horário, em gnaisses granulíticos. Praia de Santa Helena, Irirí (HR-747). **FOTO II.2.10** – Idem foto anterior.

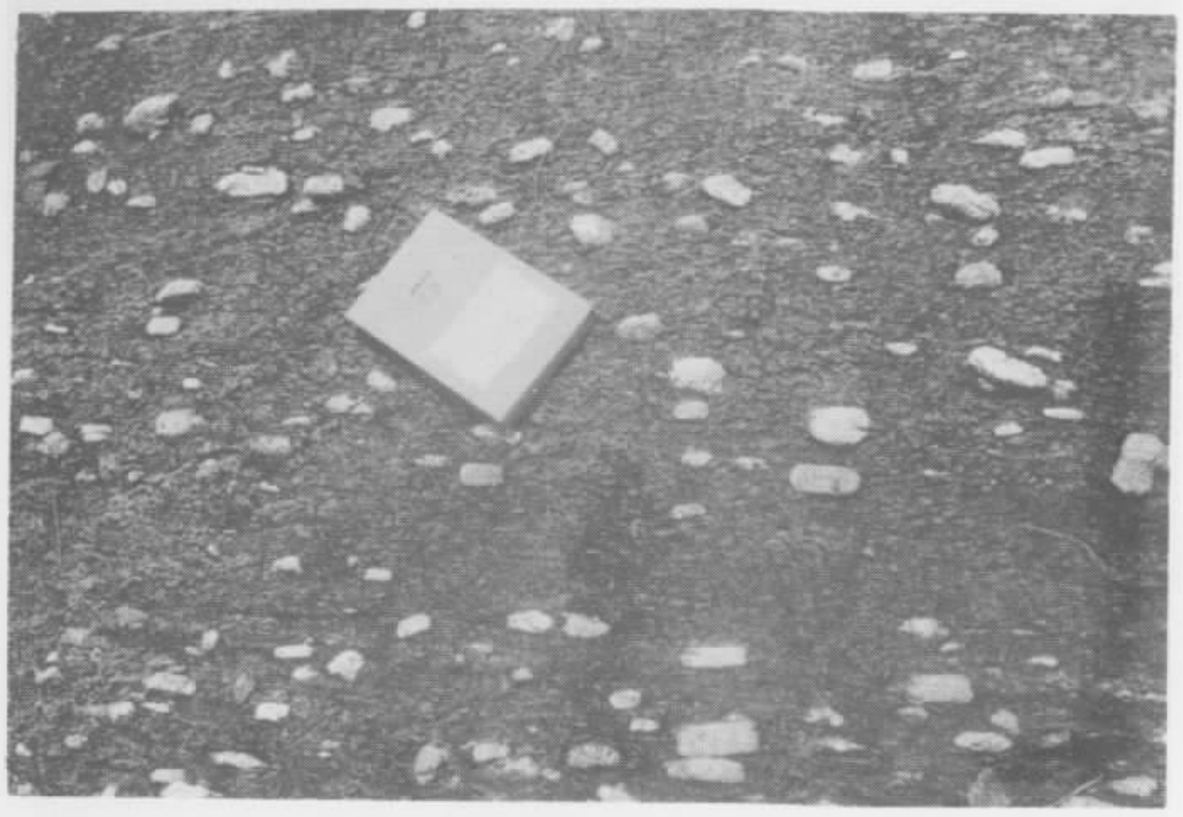


Foto II.2.11

Foto II.2.12

Foto II.2.13

Foto II.2.14

FOTO II.2.11 – Intensa feldspatização observada, localmente, nos gnaisses granulíticos. Baixo Pongal (HR-758). **FOTO II.2.12** – Maciço Intrusivo Rio Novo do Sul, montanhas do Frade e da Freira. Vistas da BR-101. **FOTO II.2.13** – Rocha granítica com mosaicos de rocha diorítica. Córrego de Areia. **FOTO II.2.14** – Maciço de Iconha: xenólito de rocha diorítica semi-digerido por granito. Próximo a Iconha (HR-742).

Foto II.2.15

Foto II.2.16

Foto II.2.17

Foto II.2.18

FOTO II.2.15 – Aspecto do Grupo Barreiras mostrando a fase I sobre a fase FOTO II. Terminal de Ubú. **FOTO II.2.16** – Porções ferruginosas (limonitizadas) do sedimento Barreiras. Terminal de Ubú. **FOTO II.2.17** – Aspectos dos terraços aluviais da Folha Piuma, com estratificações cruzadas acanaladas, "drapes" e grandes cruzadas constituindo barras ou diques marginais. Estrada Jabaquara - Anchieta (HR-161). **FOTO II.2.18** – Idem foto anterior.

Folhas Concluídas

Disponíveis para consulta

NA.20-X-B/	Uriracoera [2]
NA.21-V-A	Conceição do Maú [2]
NA.20-X-D	Boa Vista [2]
NA.20-Z-B	Caracaraí [2]
NB.20-Z-B e	
NB.21-Z-A/	Monte Roraima [2]
NB.20-Z-D/	Vila Surumu/ [2]
NB.21-Y-C	Rio Maú [2]
NA.21-Z-B	Rio Citaré [2]
NA.22-V-B/	Rio Oiapoque [2]
NB.22-Y-D	Cabo Orange [2]
NA.22-V-D	Lourenço [2]
NA.22-Y-A	Serra do Tumucumaque [2]
NA.22-Y-B	Rio Araguari [2]
NA.22-Y-D	Macapá [2]
SA.21-X-B	Rio Maicuru [2]
SA.24-Y-A	Parnaíba [2]
SA.24-Y-B	Acarau [2]
SA.24-Y-C	Granja [2]
SA.24-Y-D	Sobral [2]
SA.24-Z-C	Fortaleza [2]
SB.22-X-C	Rio Itacaiúnas [2]
SB.22-X-D	Marabá [2]
SB.22-Z-A	Rio Paraopebas [2]
SB.24-V-A	Piripiri [2]
SB.24-V-B	Quixadá [2]
SB.24-V-C	Crateús [2]
SB.24-V-D	Quixeramubim [2]
SB.24-X-A	Aracati [2]
SB.24-X-C	Morada Nova [2]
SB.24-Y-A	Valença do Piauí [2]
SB.24-Y-B	Iguatu [2]
SB.24-Y-C	Picos [2]
SB.24-Y-D	Juazeiro do Norte [2]
SB.24-Z-A	Souza [2]
SB.24-Z-B	Caicó [2]
SB.24-Z-D	Patos [2]
SB.25-Y-A	Cabedelo [2]
SB.25-Y-C	João Pessoa [2]
SC.20-V-C	Abunã [2]
SC.20-V-D	Ariquemes [2]
SC.20-Y-B	Alto Jamari [2]
SC.20-Y-D	Serra dos Uopianes [2]
SC.20-Z-A	Rondônia [2]
SC.20-Z-B	Rio Branco [2]
SC.20-Z-C	Presidente Médici [2]
SC.20-Z-D	Pimenta Bueno [2]
SC.21-Z-B	Vila Guarita [2]
SC.22-X-D	Miracema do Norte [2]
SC.22-Z-B	Porto Nacional [2]
SC.22-Z-D	Gurupi [2]
SC.23-X-D	São Raimundo Nonato [2]
SC.23-Y-C	Natividade [2]
SC.23-Z-B	Xique-Xique [2]
SC.23-Z-D	Barra [2]
SC.24-V-A	Paulistana [2]
SC.24-V-B	Salgueiro [2]
SC.24-X-A	Floresta [2]
SC.24-X-B	Garanhuns 2
SC.24-X-C	Paulo Afonso [2]
SC.24-X-D	Santana do Ipanema [2]
SC.24-Y-A	Mirangaba [2]
SC.24-Z-A	Jeremoabo [2]
SC.24-Z-B/D	Aracaju/Estância [2]
SC.24-Z-C	Tobias Barreto [2]
SC.25-V-A	Recife [2]
SC.25-V-C	Maceió [2]
SD.20-V-B	Príncipe da Beira [2]
SD.20-X-A	Pedras Negras [2]
SD.20-X-B	Vilhena [2]
SD.20-X-C	Ilha do Sossego [2]
SD.20-X-D	Pimenteiras [2]
SD.21-Y-C	Mato Grosso [2]
SD.21-Y-D	Barra do Bugres [2]
SD.22-X-A	Araguaçu [2]
SD.22-X-B	Alvorada [2]
SD.22-X-C	São Miguel do Araguaia [2]
SD.22-Y-D	Barra do Garças [2]
SD.22-Z-A	Mozarlândia [2]
SD.23-V-A	Arraias [2]
SD.23-V-C	Campos Belos [2]
SD.23-X-A	Barreiras [2]
SD.23-X-C	Santa Maria da Vitoria [2]
SD.23-Y-A	São João d'Aliança [2]
SD.23-Z-A	Manga [2]
SD.23-Z-B	Guanambi [2]
SD.24-V-A	Seabra [2]
SD.24-V-B	Itaberaba [2]
SD.24-V-D/	Jequié/ [2]
SD.24-X-C	Jaguaribe [2]
SD.24-X-A	Salvador [2]
SD.24-Y-B/	Ilhéus/ [2]
SD.24-Z-A	Itacaré [2]
SD.24-Y-C	Rio Pardo [2]
SD.24-Y-D/	Itapetinga/ [2]
SD.24-Z-C	Canavieiras [2]
SE.21-V-D-V	Morraria do Ínsua [1]
SE.21-Y-B-II	Lagoa de Mandioré [1]
SE.21-Y-B-III	Amolar [1]
SE.23-V-A	Unaí [2]
SE.23-V-C	Paracatu [2]
SE.23-V-D	João Pinheiro [2]
SE.23-X-A	Montes Claros [2]
SE.23-X-B	Araçuaí [2]
SE.23-X-C	Pirapora [2]
SE.23-X-D	Capelinha [2]
SE.23-Y-A	Patos de Minas [2]
SE.23-Y-B	Três Marias [2]
SE.23-Y-C	Uberaba [2]
SE.23-Y-D	Bom Despacho [2]
SE.23-Z-A	Curvelo [2]
SE.24-V-C	Teófilo Otoni [2]
SE.24-Y-A	Governador Valadares [2]
SE.24-Y-C	Colatina [2]
SF.21-V-B	Baía Negra [2]
SF.21-X-A	Miranda [2]
SF.23-V-A-II.2	Rio São Lourensinho [7]
SF.23-V-A-III.1	Itanhaem [7]
SF.23-V-A-III.2	Mangagua [7]
SF.23-Y-A-V.4	Campinas [7]
SF.23-Y-A-VI.3	Valinhos [7]
SF.23-Y-C-II.2	Indaiatuba [7]
SF.23-Y-C-II.4	Cabreúva [7]
SF.23-Y-C-III.1	Jundiaí [7]
SF.23-Y-C-III.2	Atibaia [7]
SF.23-Y-C-III.3	Santana do Parnaíba [7]
SF.23-Y-C-III.4	Guarulhos [7]
SF.23-Y-C-V.2	São Roque [7]
SF.23-Y-C-V.4	Juquitiba [7]
SF.23-Y-C-VI.1	Itapecerica da Serra [7]
SF.23-Y-C-VI.2	São Paulo [7]
SF.23-Y-C-VI.3	Imbu-Guaçu [7]
SF.23-Y-C-VI.4	Riacho Grande [7]
SF.23-Y-D-I.1	Piracaia [7]
SF.23-Y-D-I.2	Igaratá [7]
SF.23-Y-D-I.3	Itaquaquecetuba [7]
SF.23-Y-D-I.4	Santa Isabel [7]
SF.23-Y-D-II.3	Jacareí [7]
SF.23-Y-D-IV.1	Suzano (Mauá) [7]
SF.23-Y-D-IV.2	Mogi das Cruzes [7]
SF.23-Y-D-IV.3	Santos [7]
SF.23-Y-D-IV.4	Bertioga [7]
SF.23-Y-D-V.1	Salesópolis [7]
SF.23-Y-D-V.2	Pico do Papagaio [7]
SF.23-V-A	Franca [2]
SF.23-V-B	Furnas [2]
SF.23-V-C	Ribeirão Preto [2]
SF.23-V-D	Varginha [2]
SF.23-X-A	Divinópolis [2]
SF.23-X-B	Ponte Nova [2]
SF.23-X-C	Barbacena [2]
SF.23-X-D	Juiz de Fora [2]
SF.23-Y-A	Campinas [2]
SF.23-Y-B	Guaratinguetá [2]
SF.23-Y-C	São Paulo [2]
SF.23-Y-D	Santos [2]
SG.22-X-A	Telêmaco Borba [2]
SG.22-X-B/	Itararé/ [2]
SG.22-X-C	Ponta Grossa [2]
SG.22-X-D/	Curitiba/ [2]
SG.23-V-C	Cananéia [2]
SG.23-V-A	Iguape [2]
SG.22-Z-D	Florianópolis [2]
SH.21-Z-D	Bagé [2]
SH.21-Z-B	São Gabriel [2]
SH.22-X-B	Criciúma [2]
SH.22-Y-D/	Pelotas/ [2]
SH.22-Z-C	Mostarda [2]
SI.22-V-A/	Jaguarão/ [2]
SI.22-V-B	Rio Grande [2]

Memória Técnica

- Mapas de serviço disponíveis para cópias heliográficas (*)
- Disquetes de computador com análises químicas, petrográficas, mineralógicas etc (*)
- Sistema de Informações Geológicas do Brasil – SIGA (**)
- Bases de Dados:

GEOB e GTM	– Bibliografia
META	– Ocorrências Minerais
AFLO	– Descrição de Afloramento
PETR	– Análises Petrográficas
SIGEO	– Projetos de Geologia, Geoquímica, Geofísica
SISON	– Dados de Sondagem
DOTE	– Acervo Bibliográfico da CPRM
PROJ	– Carteira de Projetos da CPRM

Locais de Acesso: (*) DNPM: Brasília e Distrito Regional; (**)Brasília e Distritos Regionais e CPRM: Rio de Janeiro

Folhas Concluídas

Disponíveis para consulta

NA.20-X-B/	Uriracoera [2]
NA.21-V-A	Conceição do Maú [2]
NA.20-X-D	Boa Vista [2]
NA.20-Z-B	Caracaraí [2]
NB.20-Z-B e	
NB.21-Z-A/	Monte Roraima [2]
NB.20-Z-D/	Vila Surumu/ [2]
NB.21-Y-C	Rio Maú [2]
NA.21-Z-B	Rio Citaré [2]
NA.22-V-B/	Rio Oiapoque [2]
NB.22-Y-D	Cabo Orange [2]
NA.22-V-D	Lourenço [2]
NA.22-Y-A	Serra do Tumucumaque [2]
NA.22-Y-B	Rio Araguari [2]
NA.22-Y-D	Macapá [2]
SA.21-X-B	Rio Maicuru [2]
SA.24-Y-A	Parnaíba [2]
SA.24-Y-B	Acarau [2]
SA.24-Y-C	Granja [2]
SA.24-Y-D	Sobral [2]
SA.24-Z-C	Fortaleza [2]
SB.22-X-C	Rio Itacaiúnas [2]
SB.22-X-D	Marabá [2]
SB.22-Z-A	Rio Paraopebas [2]
SB.24-V-A	Piripiri [2]
SB.24-V-B	Quixadá [2]
SB.24-V-C	Crateús [2]
SB.24-V-D	Quixeramubim [2]
SB.24-X-A	Aracati [2]
SB.24-X-C	Morada Nova [2]
SB.24-Y-A	Valença do Piauí [2]
SB.24-Y-B	Iguatu [2]
SB.24-Y-C	Picos [2]
SB.24-Y-D	Juazeiro do Norte [2]
SB.24-Z-A	Souza [2]
SB.24-Z-B	Caicó [2]
SB.24-Z-D	Patos [2]
SB.25-Y-A	Cabedelo [2]
SB.25-Y-C	João Pessoa [2]
SC.20-V-C	Abunã [2]
SC.20-V-D	Ariquemes [2]
SC.20-Y-B	Alto Jamari [2]
SC.20-Y-D	Serra dos Uopianes [2]
SC.20-Z-A	Rondônia [2]
SC.20-Z-B	Rio Branco [2]
SC.20-Z-C	Presidente Médici [2]
SC.20-Z-D	Pimenta Bueno [2]
SC.21-Z-B	Vila Guarita [2]
SC.22-X-D	Miracema do Norte [2]
SC.22-Z-B	Porto Nacional [2]
SC.22-Z-D	Gurupi [2]
SC.23-X-D	São Raimundo Nonato [2]
SC.23-Y-C	Natividade [2]
SC.23-Z-B	Xique-Xique [2]
SC.23-Z-D	Barra [2]
SC.24-V-A	Paulistana [2]
SC.24-V-B	Salgueiro [2]
SC.24-X-A	Floresta [2]
SC.24-X-B	Garanhuns 2
SC.24-X-C	Paulo Afonso [2]
SC.24-X-D	Santana do Ipanema [2]
SC.24-Y-A	Mirangaba [2]
SC.24-Z-A	Jeremoabo [2]
SC.24-Z-B/D	Aracaju/Estância [2]
SC.24-Z-C	Tobias Barreto [2]
SC.25-V-A	Recife [2]
SC.25-V-C	Maceió [2]
SD.20-V-B	Príncipe da Beira [2]
SD.20-X-A	Pedras Negras [2]
SD.20-X-B	Vilhena [2]
SD.20-X-C	Ilha do Sossego [2]
SD.20-X-D	Pimenteiras [2]
SD.21-Y-C	Mato Grosso [2]
SD.21-Y-D	Barra do Bugres [2]
SD.22-X-A	Araguaçu [2]
SD.22-X-B	Alvorada [2]
SD.22-X-C	São Miguel do Araguaia [2]
SD.22-Y-D	Barra do Garças [2]
SD.22-Z-A	Mozarlândia [2]
SD.23-V-A	Arraias [2]
SD.23-V-C	Campos Belos [2]
SD.23-X-A	Barreiras [2]
SD.23-X-C	Santa Maria da Vitoria [2]
SD.23-Y-A	São João d'Aliança [2]
SD.23-Z-A	Manga [2]
SD.23-Z-B	Guanambi [2]
SD.24-V-A	Seabra [2]
SD.24-V-B	Itaberaba [2]
SD.24-V-D/	Jequié/ [2]
SD.24-X-C	Jaguaribe [2]
SD.24-X-A	Salvador [2]
SD.24-Y-B/	Ilhéus/ [2]
SD.24-Z-A	Itacaré [2]
SD.24-Y-C	Rio Pardo [2]
SD.24-Y-D/	Itapetinga/ [2]
SD.24-Z-C	Canavieiras [2]
SE.21-V-D-V	Morraria do Ínsua [1]
SE.21-Y-B-II	Lagoa de Mandioré [1]
SE.21-Y-B-III	Amolar [1]
SE.23-V-A	Unaí [2]
SE.23-V-C	Paracatu [2]
SE.23-V-D	João Pinheiro [2]
SE.23-X-A	Montes Claros [2]
SE.23-X-B	Araçuaí [2]
SE.23-X-C	Pirapora [2]
SE.23-X-D	Capelinha [2]
SE.23-Y-A	Patos de Minas [2]
SE.23-Y-B	Três Marias [2]
SE.23-Y-C	Uberaba [2]
SE.23-Y-D	Bom Despacho [2]
SE.23-Z-A	Curvelo [2]
SE.24-V-C	Teófilo Otoni [2]
SE.24-Y-A	Governador Valadares [2]
SE.24-Y-C	Colatina [2]
SF.21-V-B	Baía Negra [2]
SF.21-X-A	Miranda [2]
SF.23-V-A-II.2	Rio São Lourensinho [7]
SF.23-V-A-III.1	Itanhaem [7]
SF.23-V-A-III.2	Mangagua [7]
SF.23-Y-A-V.4	Campinas [7]
SF.23-Y-A-VI.3	Valinhos [7]
SF.23-Y-C-II.2	Indaiatuba [7]
SF.23-Y-C-II.4	Cabreúva [7]
SF.23-Y-C-III.1	Jundiaí [7]
SF.23-Y-C-III.2	Atibaia [7]
SF.23-Y-C-III.3	Santana do Parnaíba [7]
SF.23-Y-C-III.4	Guarulhos [7]
SF.23-Y-C-V.2	São Roque [7]
SF.23-Y-C-V.4	Juquitiba [7]
SF.23-Y-C-VI.1	Itapecerica da Serra [7]
SF.23-Y-C-VI.2	São Paulo [7]
SF.23-Y-C-VI.3	Imbu-Guaçu [7]
SF.23-Y-C-VI.4	Riacho Grande [7]
SF.23-Y-D-I.1	Piracaia [7]
SF.23-Y-D-I.2	Igaratá [7]
SF.23-Y-D-I.3	Itaquaquecetuba [7]
SF.23-Y-D-I.4	Santa Isabel [7]
SF.23-Y-D-II.3	Jacareí [7]
SF.23-Y-D-IV.1	Suzano (Mauá) [7]
SF.23-Y-D-IV.2	Mogi das Cruzes [7]
SF.23-Y-D-IV.3	Santos [7]
SF.23-Y-D-IV.4	Bertioga [7]
SF.23-Y-D-V.1	Salesópolis [7]
SF.23-Y-D-V.2	Pico do Papagaio [7]
SF.23-V-A	Franca [2]
SF.23-V-B	Furnas [2]
SF.23-V-C	Ribeirão Preto [2]
SF.23-V-D	Varginha [2]
SF.23-X-A	Divinópolis [2]
SF.23-X-B	Ponte Nova [2]
SF.23-X-C	Barbacena [2]
SF.23-X-D	Juiz de Fora [2]
SF.23-Y-A	Campinas [2]
SF.23-Y-B	Guaratinguetá [2]
SF.23-Y-C	São Paulo [2]
SF.23-Y-D	Santos [2]
SG.22-X-A	Telêmaco Borba [2]
SG.22-X-B/	Itararé/ [2]
SG.22-X-C	Ponta Grossa [2]
SG.22-X-D/	Curitiba/ [2]
SG.23-V-C	Cananéia [2]
SG.23-V-A	Iguape [2]
SG.22-Z-D	Florianópolis [2]
SH.21-Z-D	Bagé [2]
SH.21-Z-B	São Gabriel [2]
SH.22-X-B	Criciúma [2]
SH.22-Y-D/	Pelotas/ [2]
SH.22-Z-C	Mostarda [2]
SI.22-V-A/	Jaguarão/ [2]
SI.22-V-B	Rio Grande [2]

Memória Técnica

- Mapas de serviço disponíveis para cópias heliográficas (*)
- Disquetes de computador com análises químicas, petrográficas, mineralógicas etc (*)
- Sistema de Informações Geológicas do Brasil – SIGA (**)
- Bases de Dados:

GEOB e GTM	– Bibliografia
META	– Ocorrências Minerais
AFLO	– Descrição de Afloramento
PETR	– Análises Petrográficas
SIGEO	– Projetos de Geologia, Geoquímica, Geofísica
SISON	– Dados de Sondagem
DOTE	– Acervo Bibliográfico da CPRM
PROJ	– Carteira de Projetos da CPRM

Locais de Acesso: (*) DNPM: Brasília e Distrito Regional; (**)Brasília e Distritos Regionais e CPRM: Rio de Janeiro

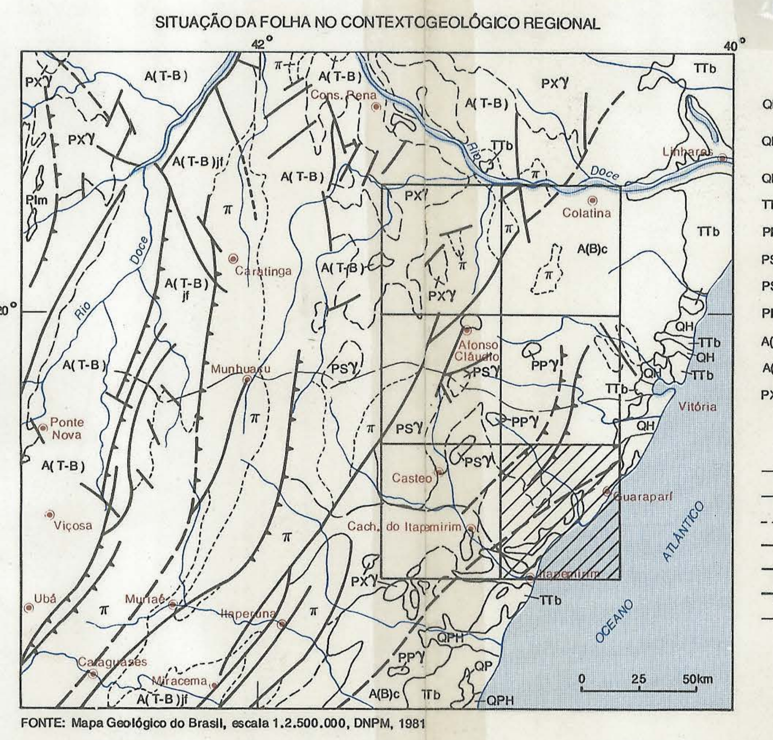
Ex.03
011984
Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais SUREG/BH - BIBLIOTECA -

CARTA GEOLÓGICA
FOLHA PIÚMA, SF.24-V-A-VI
ESCALA 1:100.000 – DNPM, 1992

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PIÚMA — SF.24-V-A-VI

SITUAÇÃO DA FOLHA NO CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

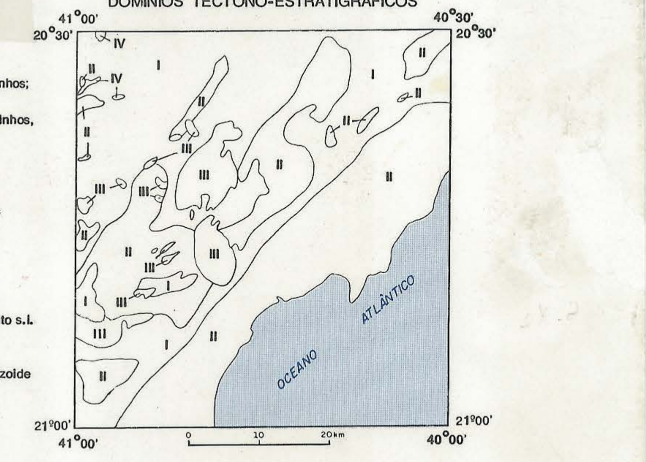


QH – Aluviões fluviais, depósitos marinhos; eólicos
QPH – Aluviões fluviais, depósitos marinhos, deltáicos e eólicos
QP – Sedimentos arenosos
TTb – Grupo Barreiras
PPγ – Granitóide sin e pós-tectônicos
PSγ – Granitóide sintectônico
PSe – Complexo Embu
Plm – Supergrupo Minas
A(B)C – Complexo costeiro; π charnoquito s.l.
A(T-B)jf – Complexo Juiz de Fora
PXγ – Granitóide comumente quartzoide porfiroblástico

Contato definido
Contato aproximado
Contato litológico
Falha definida
Falha aproximada
Falha de empurrão
Perfil Gravimétrico

FONTE: Mapa Geológico do Brasil, escala 1.2.500.000, DNPM, 1981

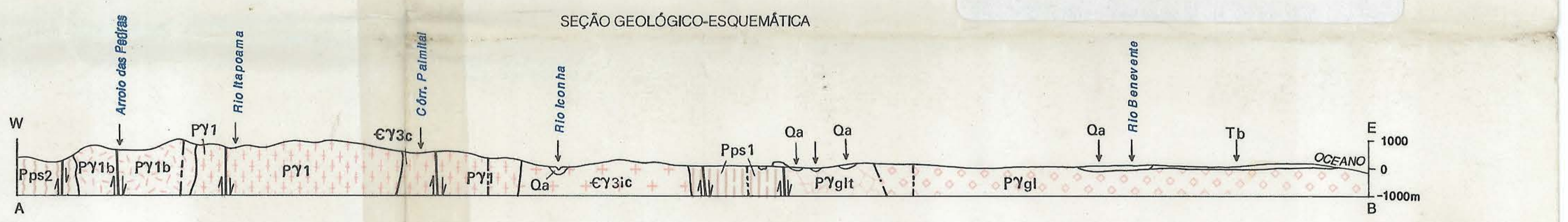
DOMÍNIOS TECTONO-ESTRATIGRÁFICOS



I – Complexo Paraíba do Sul
II – Intrusivas sin-a tardi tanditangenciais
III – Intrusivas tardi-a pós-transcorrentes
IV – Intrusivas pós-transcorrentes

Projeto: Cachoeiro de Itapemirim
Carta geológica folha Piuma SF.24-V-A-VI, escala 1:100.000
Piuma folha SF.24-V-A-VI estado do Espírito Santo: texto explicativo
Ex. 3
Registro: 05438

SEÇÃO GEOLÓGICO-ESQUEMÁTICA



COBERTURAS SEDIMENTARES RECENTES

U. Cronogeológica / U. Litoestratigráfica	Simbologia	Dados geocronológicos	Rochas	Deformação metamorfismo	Litoambiência magmatismo	Potencialidade mineral
Fanerozóico – Cenozóico – Quaternário – Depósitos sedimentares	Qa	–	Qa – Sedimentos aluvionares – cascalho fino a grosso, com areia; areia com seixos, areia fina a grossa, areia argilosa, argila arenosa e argila.	–	–	Ouro, areia, argila e turfa
	Qm		Qm – Sedimentos litorâneos – predominância de areia fina a grossa, bem selecionada, localmente monazítica, constituindo antigas e atuais linhas de praia e subordinadamente sedimentos fluviais, lagunares e de mangue.			monazita, ilmenita, rutilo e zirconita
Fanerozóico – Cenozóico – Terciário – Grupo Barreiras	Tb	–	Sedimentos areno-argilosos a argilo-arenosos na porção inferior; areias arcosianas e cascalhos com lentes de argila na porção superior; material ferruginoso na interfacies.	–	–	–

NÃO CONFORMIDADE

DOMÍNIO DA SUPRA-ESTRUTURA DA CROSTA INTERMEDIÁRIA

U. Cronogeológica / U. Litoestratigráfica	Simbologia	Dados geocronológicos	Rochas	Deformação metamorfismo	Litoambiência magmatismo	Potencialidade mineral
Fanerozóico – Paleozóico – Ordoviciano – Intrusivas pós-transcorrentes	Oγ4	450 Ma. *	Oγ4 – Allanita-microgranito cinza claro, fino a médio, isotrópico, às vezes hornblêndico.	–	granito tipo I cálcio-alcalino peraluminoso, tardiorogênico.	Rocha ornamental; Allanita
Fanerozóico – Paleozóico – Cambriano – Intrusivas tardi-a pós-transcorrentes	Єγ3ms, Єγ3ic (mz, dr, lgr, mz/dr, zag, mgd, dr/mz, gd, gr, bgn, gr/mz, algr, gd/qm), Єσc	515 Ma. * (U/Pb em zircão) 600 Ma. *	MACIÇO RIO NOVO DO SUL Єγ3ms – Granodiorito (gd), Granito (gr), biotita monzodiorito (mz), e dioritos (dr) cinza claro a escuro, geralmente grosseiros. Foliação de fluxo. Zonas mistas com granitos e monzodioritos associados (gr/mz); dioritos e monzodioritos (dr/mz); zona magmática (zag): granito, granodiorito e diorito magmáticos com ortognaisse.	D2 (?)	Granitóides tipo I (Ms a MD), cálcio-alcalinos a alcalinos metaluminosos, tardiorogênicos a soerguimentos pós-colisionais.	Rocha ornamental
		(Rb/Sr em rocha total)	MACIÇO ICONHA Є'γ3ic – Granodiorito/quartzo-monzodiorito (gd/qm) com monzonito/diorito (mz/dr), leucogranito (lgr), microgranodiorito (mgd) e biotita gnaisse (bgn)-"roof pendent"(?)-e subordinadamente allanita-granito (algr).			
			Єσc – Diorito Condordia-diorito de cor cinza esverdeado e granulação média.			

NÃO CONFORMIDADE

U. Cronogeológica / U. Litoestratigráfica	Simbologia	Dados geocronológicos	Rochas	Deformação metamorfismo	Litoambiência magmatismo	Potencialidade mineral
Proterozóico – Intrusivas sin a tarditangenciais	Pγ1, Pγ1a, Pγ1b, Pγ1c, Pγgl	650-580 Ma. * (U/Pb em zircão)	Pγ1 – Ortognaisse porfiroblástico quartzomonzodiorítica a granítica exibindo tênue foliação e encraves biotíticos.	D1, D2, D3 (?) Facies Anfibolito	Granitóides tipo I (MS), cálcio-alcalinos, meta a peraluminosos, pré-colisionais a fracionados do manto.	Rocha ornamental
			Pγ1a – Ortognaisse de composição granítica, granodiorítica a tonalítica, leuco a mesocrático, granulação média a grossa, localmente porfiroblástica.			
		558 ± 2 Ma. (U/Pb em zircão)	Pγ1b – Ortognaisse de composição tonalítica, cinza esbranquiçado, médio a grosso, localmente porfiroblástico; foliação gnáissica e/ou cataclástica. Encraves de hornblenda-biotita-gnaisse e de gnaisse aluminoso.			
		449 ± 5 Ma. * (K/Ar em biotita)	Pγ1c – Ortognaisse de composição granítica, granatífero, cinza claro, médio a grosso, localmente porfiroblástico.		Granitóides tipo S(CR), cálcio-alcalinos, pré-colisionais.	
	Pγglt	732 Ma.* (Rb/Sr em rocha total)	Pγgl – Ortognaisse enderbítico a tonalítico, cinza escuro a esverdeado, médio a grosso, foliação incipiente a bem pronunciada. Predominância de ortognaisse tonalítico (PγgIt).	D1, D2 Facies Granulito	Granitóides tipo I (MS), cálcio-alcalinos, metaluminosos, pré-colisionais a fracionados do manto.	Água mineral
Proterozóico – Complexo Paraíba do Sul	Pps1, Pps1qt	756 Ma. * Rb/Sr em rocha total) 817 Ma. * (Rb/Sr em rocha total)	Pps1 – Grafita-sillimanita-cordierita-granada-biotita gnaisse cinza a cinza escuro, granulação média, bandado, dobrado, localmente migmatizado. Lentes de rocha calciossilicática. Raras lentes de anfibolito. Ocorrência restrita de quartzito (Pps1qt).	Dn, D1, D2, D3 Facies Anfibolito a Granulito	Seqüência deltáica e do talude superior a inferior.	Grafita
	Pps2, Pps2qtxt	676 Ma. * (Rb/Sr em rocha total) 559 Ma. (Rb/Sr em rocha total) 670 ± 10 Ma.a 458 ± Ma.* (K/Ar em biotita)	Pps2 – Sillimanita-biotita gnaisse granatífero e biotita-hornblenda-gnaisse cinza a cinza escuro, fino a médio, bandado, localmente migmatizado, com intercalações de anfibolito e rochas calciossilicáticas. Frequentes níveis de quartzito associados a sillimanita-biotita-gnaisse granatífero de aspecto xistoso (Pps2qtxt).		Seqüência plataformal com contribuição vulcânica.	Ouro; Quartzo; Areia

Dn = Bandamento pré-transposição; D1 = Foliação de transposição (regime tangencial); D2 = Dobramentos, transcorrência; D3 = Dobramentos abertos; * = Dados geocronológicos fora da área

Contato
Contato aproximado
Contato transicional
Falha transcorrente sinistral
Falha transcorrente dextral
Falha contracional de baixo ângulo
Falha aproximada
Fratura
Zona de cisalhamento transcorrente sinistral
Zona de cisalhamento transcorrente dextral
Fotolineamentos estruturais

Antiforme normal
Antiforme provável
Antiforme normal com caimento indicado
Antiforme provável com caimento indicado
Sinforme normal com caimento indicado
Sinforme provável com caimento indicado
Sinforme provável
30 Foliação com mergulho de valor medido
Foliação com mergulho indicado
Foliação vertical

20 Lineação b com caimento medido e indicação do sentido
1 25 Lineação b com caimento medido, indicação de sentido e de geração
25 Lineação de estiramento com caimento medido e indicação do sentido de tranporte
Dique
Estação com indicação do tipo de rocha
DR – Diorito
END – Enderbito
GR – Granito
NR – Norito
Qt/sil – Quartzito à Sillimanita.
× Estação geológica

Mina em atividade
Mina paralisada
Garimpo em atividade
Garimpo abandonado
Jazida
Depósito
Ocorrência mineral
ag – água mineral
ARI – areia industrial
CHC – concha calcária
gf – grafita
GR – granito
mz – monazita
im – ilmenita
zrn – zirconita
rt – rutilo
TUR – turfa

CIDADE
Vila
Povoado e outras localidades
Estrada pavimentada
Estrada sem pavimentação, tráfego permanente
Estrada sem pavimentação, tráfego periódico
Estrada de ferro
Mineraduto subterrâneo
Curso d'água permanente
Curso d'água periódico
Lagoa permanente

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

CARTA GEOLÓGICA
FOLHA PIÚMA

ESCALA 1: 100.000

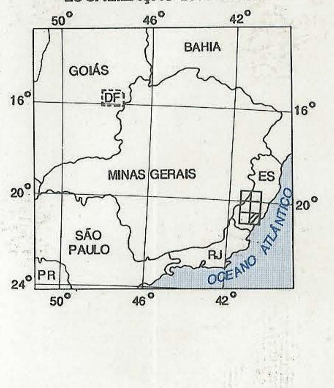
2km 0 2 4 6km

PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR

1992

Base planimétrica processada por tecnologia digital. Dados disponíveis em arquivos magnéticos, armazenados no Sistema de Informações em Recursos Naturais – SIR.
Tratamento e processamento digital a cargo da Superintendência de Planejamento, Informática e Métodos – SUPLIM/CPRM.
Coordenação geral: Carlos Alfredo Guimarães da Vinha.
Controle técnico e manutenção: Gilberto da Vinha e João Batista V. Dias Junior.
Base cartográfica gerada a partir da redução das folhas SF.24-V-A-VI-1 – Matilde, SF.24-V-A-VI-2 – Alfredo Chaves, SF.24-V-A-VI-4 – Piúma, 1º ed., IBGE, 1978, e da folha SF.24-V-A-VI-3 – Rio Novo do Sul, 2º ed., 1º Imp., IBGE, 1983, da escala 1:50.000 para 1:100.000.
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 39° W.Gr., acrescidas as constantes: 10000km e 500km, respectivamente.
Datum horizontal: Córrego Alegre – MG.
Declinação magnética do centro da folha em 1992: 22°22'W. Cresce 8' anualmente.
Dados temáticos e atualização da base planimétrica foram transferidos pelos técnicos da SUREG/BH, responsáveis pelos trabalhos de campo, visualmente, a partir da interpretação de aerofotos e imagens de satélite.
Tratamento cartográfico dos elementos da base e do tema sob a responsabilidade do Centro de Cartografia – CECAR/CPRM.
Chefia: Célio Lima de Macedo.
Planejamento cartográfico geral: Célio Lima de Macedo e Milton Brand Baptista.
Preparo da base para digitalização: Manoel Leite de Sá.
Orientação e preparo dos originais de compilação: Alba Martinho Coelho.
Especificações e revisão da execução cartográfica: Wilhelm Petter de Freire Bernard, Marília Gomes dos Santos, Carlos Alberto da Silva Copolillo e Maria Luiza Poucinho.
Digitalização da base planimétrica: COMPLASA Computação e Planejamento S/A.

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA



ARTICULAÇÃO DA FOLHA

	41°30' – 41°00'	41°00' – 40°30'	40°30' – 40°00'
20°00' – 20°30'	AFONSO CLÁUDIO SF.24-V-A-II	DOMINGOS MARTINS SF.24-V-A-III	SF.24-V-B-I
20°30' – 21°00'	CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM SF.24-V-A-V	PIÚMA SF.24-V-A-VI	SF.24-V-B-IV
21°00' – 21°30'	SF.24-V-C-II	SF.24-V-C-III	—

CPRM

O Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, sob a coordenação geral de Inácio de Medeiros Delgado, é executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, desde setembro de 1985.
Esta folha foi executada pela Superintendência Regional de Belo Horizonte, tendo sido concluída em outubro de 1991.
Responsáveis técnicos: Wilson Luís Féboli e José Heleno Ribeiro.
Supervisor: Claiton Piva Pinto.
Coordenador regional: Atahualpa Valença Padilha.
As informações cartográficas e demais dados gerados e utilizados para execução deste documento estão disponíveis em meios convencionais e magnéticos, no Sistema de Cartografia Digital – SCD e no Sistema de Informações Geológicas do Brasil – SIGA, ambos concebidos e implantados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM.

Edição patrocinada por
GERES
Grupo Executivo para Recuperação Econômica do Estado do Espírito Santo

CARTA METALOGENÉTICA/PREVISIONAL
FOLHA PIÚMA, SF.24-V-A-VI
ESCALA 1:100.000 – DNPM, 1992

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

PIÚMA

SF.24-V-A-VI

CONVENÇÕES METALOGENÉTICAS

CARACTERES DOS JAZIMENTOS

SUBSTÂNCIA MINERAL

ag – água mineral; gf – grafita; mz – monazita
rt – rutilo
ARI – areia industrial; GR – granito; zrn – zirconita
CHC – concha calcária; Im – ilmenita; TUR – turfa

MORFOLOGIA (orientada na direção dos corpos)

estratiforme; lenticular; fonte; colunar "pipe";
filoniana; irregular "amas"; indeterminada ou não conhecida

O símbolo morfológico, quando tracejado, representa jazimento subaflorante.

TEXTURA

bandada, laminada, foliada, xistosa; pegmatítica
nodular, pisolítica, oolítica; multivenulada, "stockwork", "stringer"
disseminada, rede; "boxwork", pulverulenta, terrosa
maciça, granular, brechóide

CLASSE DOS JAZIMENTOS

detríticos em pláceres
de alteração superficial
sedimentos e/ou associados a seqüências sedimentares
vulcanogênicos e/ou associados a seqüências vulcanossedimentares
ligados a rochas básico-ultrabásicas
ligados a rochas alcalinas, carbonatitos e quimberlitos
ligados a rochas granitóides
ligados a pegmatitos
filonianos-hidrotermais
metamórfico-metassomáticos

INDÍCIOS INDIRETOS DE MINERALIZAÇÕES

INDÍCIOS GEOQUÍMICOS

Valores em destaque: em ppm (Au 1,7)

Registro de Au na bateia: (Au 12pl)

Estações Anômalas

- em sedimento de corrente para arsênio (AS), molibdênio (Mo).
- em concentrado de bateia para tungstênio (W), chumbo (Pb), barita (ba), pirita (pi), ouro (Au), cromo (Cr), estanho (Sn).
- em rocha para enxôfre (S), cobre (Cu), zinco (Zn), fosfato (P205), flúor (F), tório (Th), chumbo (Pb), lítio (Li), bário (Ba).

INDÍCIOS GEOFÍSICOS

Anomalia magnética circular ou elíptica não modelada

Lineamento magnético

OUTROS INDÍCIOS

carbonatação; sericitização
muscovitização; cloritização

UNIDADES E/OU LITÓTIPOS ESPECIAIS
Unidades do Complexo Paraíba do Sul

Pps1 | Pps1qt | Pps2 | Ps2qtxt

DADOS ECONÔMICOS

TAMANHO: pequeno; médio; grande

SITUAÇÃO ATUAL: mina; jazida; ativo; garimpo (lavra rudimentar); depósito; inativo; intermitente

ÁREAS MINERALIZADAS/PREVISIONAIS

PROVÁVEL: relação entre jazimento e contexto geológico claramente definida; identificação de metalotectos comprovados e prováveis; presença de indícios diretos e indiretos de mineralizações.

POSSÍVEL: contexto geológico favorável; identificação e/ou continuidade de metalotectos prováveis e possíveis; raridade de indícios de mineralizações e presença de indícios indiretos.

POTENCIAL: contexto geológico favorável; identificação e/ou continuidade de metalotectos possíveis; presença de indícios indiretos de mineralização e ausência de indícios diretos.

CARACTERÍSTICAS

ÁREAS Ia,b,...,v – Constituem áreas reservadas à explotação de granitos, isotrópicos, como rochas ornamentais. São granitos "cinzas" e "róseos" relativos às rochas graníticas pertencentes a maciços e corpos tardi-a pós-transcorrentes. Os batólitos e stocks de maiores dimensões são também identificados por anomalias magnéticas circulares e/ou elípticas.

ÁREAS IIa,b,c – Depósitos de turfa e argila, associados a sedimentos flúvio-lacustres, com potencial para uso agrícola e/ou energético. Ocorrem principalmente em zonas pantanosas no curso inferior do rio Novo. Potencial também para argila para uso em olarias e indústrias de cerâmica.

ÁREAS IIIa,b – Depósitos de areias "negras" contendo monazita, ilmenita, zirconita e rutilo, correspondentes a pláceres praiais atuais e subatuais.

ÁREA IV – Areias quartzosas provenientes da desagregação dos quartzitos intercalados nos paragnaisses aluminosos do Complexo Paraíba do Sul.

ÁREA V – Depósitos de areia em ambiente de transição, principalmente paleocordões litorâneos, podendo ter várias aplicações, inclusive na construção civil.

ÁREA VI – Depósitos de concheiros naturais acumulados em ambiente lagunar aberto e associados a argila cinza, consistente.

ÁREAS VIIa,b – Encerram valores anômalos de Au em concentrado de bateia, com valor máximo de 1,7 ppm (Área VIIb). Esses indícios geoquímicos distribuem-se ao longo de um "trend" NE–SW e coincidem em grande parte com a zona de cisalhamento de alto ângulo que afeta as seqüências de paragnaisses aluminosos (Pps1 e Pps2) pertencentes ao Complexo Paraíba do Sul e ortognaisses (PΥ1b). Uma outra possibilidade envolve mineralizações de Au na periferia de rochas granitóides pós-tectônicas, que teriam propiciado a energia térmica para remobilizações do ouro.

ÁREA VIII – Apresenta alguns valores em concentrado de bateia para Au, com valor máximo de 0,9 ppm. Esses indícios geoquímicos alinham-se segundo um "trend" NE–SW e provavelmente estão relacionados à zona de cisalhamento que afeta gnaisses granulíticos e gnaisses aluminosos da unidade Pps1 do Complexo Paraíba do Sul. Localizadas na periferia de rochas granitóides pós-transcorrentes (maciço próximo a localidade de Amarelo, a E), tais anomalias de ouro também podem ser interpretadas como decorrentes de processos tardios de movimentação de fluidos.

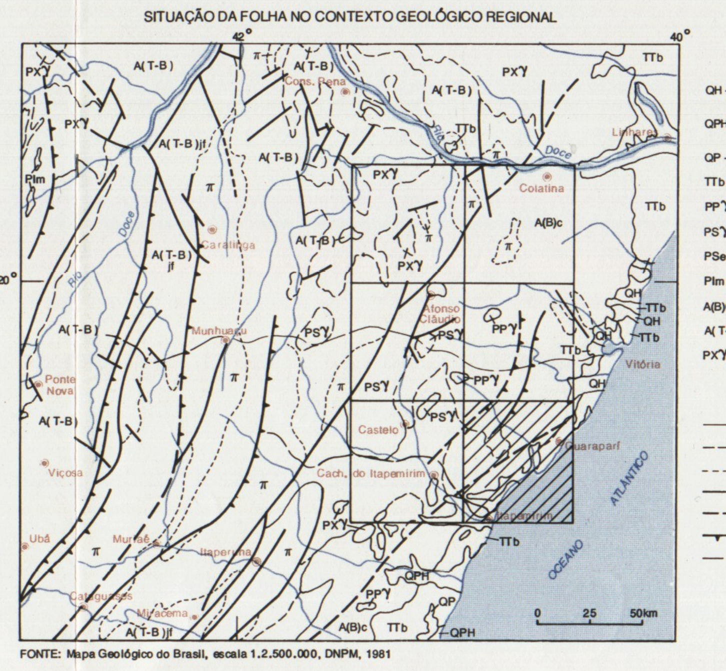
DISCRIMINAÇÃO DOS METATOTECTOS

ÁREAS	INDÍCIOS DE MINERALIZAÇÕES	METALOTECTOS COMPROVADOS	METALOTECTOS PROVÁVEIS	METALOTECTOS POSSÍVEIS
Ia–v	Granitos como rochas ornamentais: "granitos róseos e cinzas".	Rochas graníticas, isotrópicas, granulação média a grossa.	Rochas granitóides tardi-a pós-transcorrentes: Ia–v (Rio Novo do Sul, Iconha, Alfredo Chaves, etc.).	Anomalias magnéticas circulares e/ou elípticas.
IIa,b,c	Turfa e argila.	Turfeiras e argilas.	Sedimentos flúvio-lacustres.	
IIIa,b	Monazita, ilmenita, zirconita, rutilo.	Areias praias atuais e subatuais com minerais pesados.	Areias (paleopraias).	Sedimentos quaternários marinhos e transicionais.
IV	Areia industrial.	Quartzitos.	Quartzitos intercalados nos sillimanita-biotita gnaisses quartzosos do Complexo Paraíba do Sul.	Facies arenosa do Complexo Paraíba do Sul.
V	Areia bem selecionada, de granulação média.	Areias litorâneas.	Depósitos transicionais, principalmente paleocordões litorâneos.	
VI	Conchas calcárias.	Concheiros naturais, lagunares.	Sedimentos quaternários.	
VIIa,b	(Au)		Zona de cisalhamento. Seqüência meta-vulcanossedimentar do Complexo Paraíba do Sul.	Periferia de rochas granitóides tardi-a pós-transcorrentes.
VIII	(Au)		Zona de cisalhamento.	Periferia de rochas granitóides pós-transcorrentes.

LISTAGEM DE JAZIMENTOS MINERAIS

Nº DE REFERÊNCIA	SUBSTÂNCIA MINERAL	LOCAL	ROCHAS ASSOCIADAS E/OU HOSPEDEIRA	DADOS ECONÔMICOS
01	Granito	Monte Urubu	Gnaisse granulítico	Rinf = 4.997.000 m³
02	Água mineral	São José do Frade	Gnaisse fraturado	Fonte São Camilo – Vazão = 15.600 l/h; Fonte Santa Inês – Vazão = 6.850 l/h
03	Granito	Santa Rita	Gnaisse aluminoso	Rinf = 6.000 m³
04	Concha calcária	Lagoa das Ostras	Sedimentos lagunares	Rmed = 427.000t; Rind = 150.000t
05	Areia industrial	Vargem Alta/Jaciguá	Quartzito	Rmed = 1.239.000 m³
06	Água mineral	Fazenda Itacurussá	Gnaisse fraturado	Vazão = 1.200 l/h
07	Monazita, ilmenita, zirconita, rutilo	Parati	Areia praial	Rmed = 1.915t
08	Monazita, ilmenita, zirconita, rutilo	Praia de Maimbá	Areia praial	Rmed = 3.233t
09	Monazita, ilmenita, zirconita, rutilo	Praia de Ubaia	Areia praial	Rmed = 6.190t
10	Turfa	Capim Angola	Aluvião	Rmed = 114.531t
11	Turfa	Idoleano	Aluvião	Rmed = 416.000t
12	Granito	Taquaruçú	Sillimanita – biotita gnaisse quartzoso	Rmed = 40.546,6 m³
13	Grafita	Córrego Solidão	Gnaisse Aluminoso	

SITUAÇÃO DA FOLHA NO CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

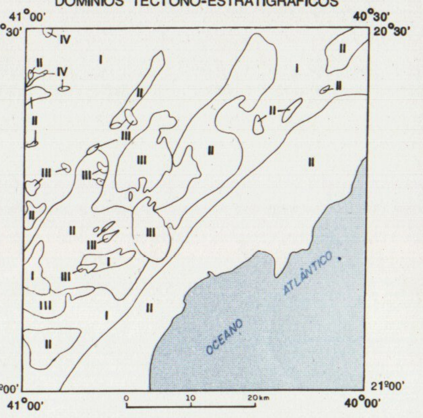


QH – Aluviões fluviais, depósitos marinhos; eólicos
QPH – Aluviões fluviais, depósitos marinhos, deltáicos e eólicos
QP – Sedimentos arenosos
TTb – Grupo Barreiras
PPΥ – Granitóide sin e pós-tectônicos
PSΥ – Granitóide sintectônico
PSe – Complexo Embu
Plm – Supergrupo Minas
A(B)C – Complexo costeiro; π charnoquito s.l.
A(T-B)jf – Complexo Juiz de Fora
PXΥ – Granitóide comumente quartzoide porfiroblástico

Contato definido; Contato aproximado; Contato litológico; Falha definida; Falha aproximada; Falha de empurrão; Perfil Gravimétrico

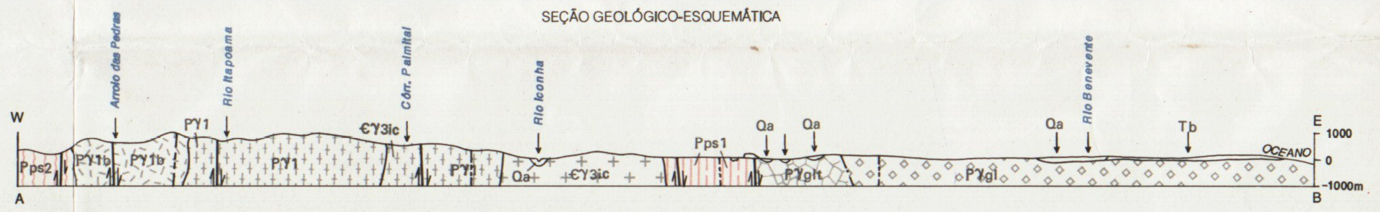
FONTE: Mapa Geológico do Brasil, escala 1.2.500.000, DNPM, 1981

DOMÍNIOS TECTONO-ESTRATIGRÁFICOS



I – Complexo Paraíba do Sul
II – Intrusivas sin-a tardi tanditangenciais
III – Intrusivas tardi-a pós-transcorrentes
IV – Intrusivas pós-transcorrentes

SEÇÃO GEOLÓGICO-ESQUEMÁTICA



COBERTURAS SEDIMENTARES RECENTES

U. CRONOGEOLÓGICA / U. LITOESTRATIGRÁFICA	SIMBOLOGIA	DADOS GEOCRONOLÓGICOS	ROCHAS	DEFORMAÇÃO METAMORFISMO	LITOAMBIÊNCIA MAGMATISMO	POTENCIALIDADE MINERAL
FANEROZÓICO – CENOZÓICO – QUATERNÁRIO – DEPÓSITOS SEDIMENTARES	Qa	–	Qa – Sedimentos aluvionares – cascalho fino a grosso, com areia; areia com seixos, areia fina a grossa, areia argilosa, argila arenosa e argila.	–	–	Ouro, areia, argila e turfa
	Qm		Qm – Sedimentos litorâneos – predominância de areia fina a grossa, bem selecionada, localmente monazítica, constituindo antigas e atuais linhas de praia e subordinadamente sedimentos fluviais, lagunares e de mangue.			monazita, ilmenita, rutilo e zirconita
TERCIÁRIO – GRUPO BARREIRAS	Tb	–	Sedimentos areno-argilosos a argilo-arenosos na porção inferior; areias arcosianas e cascalhos com lentes de argila na porção superior; material ferruginoso na interfacies.	–	–	–

NÃO CONFORMIDADE

DOMÍNIO DA SUPRA-ESTRUTURA DA CROSTA INTERMEDIÁRIA

U. CRONOGEOLÓGICA / U. LITOESTRATIGRÁFICA	SIMBOLOGIA	DADOS GEOCRONOLÓGICOS	ROCHAS	DEFORMAÇÃO METAMORFISMO	LITOAMBIÊNCIA MAGMATISMO	POTENCIALIDADE MINERAL
FANEROZÓICO – PALEOZÓICO – ORDOVICIANO – INTRUSIVAS PÓS-TRANSCORRENTES	OΥ4	450 Ma.*	OΥ4 – Allanita-microgranito cinza claro, fino a médio, isotrópico, às vezes hornblêndico.	–	granito tipo I cálcio-alcalino peraluminoso, tardiorogênico.	Rocha ornamental; Allanita
CAMBRIANO – INTRUSIVAS TARDI-A PÓS-TRANSCORRENTES	€Υ3ms, €Υ3ic, €σc (mz, dr, lgr, zag, mgd, dr/mz, gd, gr, bgn, gr/mz, algr, gd/qm)	515 Ma.* (U/Pb em zircão) 600 Ma.* (Rb/Sr em rocha total)	MACIÇO RIO NOVO DO SUL: €Υ3ms – Granodiorito (gd), Granito (gr), biotita monzodiorito (mz), e dioritos (dr) cinza claro a escuro, geralmente grosseiros. Foliação de fluxo. Zonas mistas com granitos e monzodioritos associados (gr/mz); dioritos e monzodioritos (dr/mz); zona magmática (zag): granito, granodiorito e diorito magmáticos com ortognaisse. MACIÇO ICONHA: €Υ3ic – Granodiorito/quartzo-monzodiorito (gd/qm) com monzonito/diorito (mz/dr), leucogranito (lgr), microgranodiorito (mgd) e biotita gnaisse (bgn)-"roof pendent"(?)-e subordinadamente allanita-granito (algr). €σc – Diorito Condordia-diorito de cor cinza esverdeado e granulação média.	D2 (?)	Granitóides tipo I (Ms a MD), cálcio-alcalinos a alcalinos metaluminosos, tardiorogênicos a soerguimentos pós-colisionais.	Rocha ornamental

NÃO CONFORMIDADE

U. CRONOGEOLÓGICA / U. LITOESTRATIGRÁFICA	SIMBOLOGIA	DADOS GEOCRONOLÓGICOS	ROCHAS	DEFORMAÇÃO METAMORFISMO	LITOAMBIÊNCIA MAGMATISMO	POTENCIALIDADE MINERAL
PROTEROZÓICO – INTRUSIVAS SIN A TARDITANGENCIAIS	PΥ1, PΥ1a, PΥ1b	650-580 Ma.* (U/Pb em zircão) 558 ± 2 Ma. (U/Pb em zircão)	PΥ1 – Ortognaisse porfiroblástico quartzomonzodiorítica a granítica exibindo tênue foliação e encraves biotíticos. PΥ1a – Ortognaisse de composição granítica, granodiorítica a tonalítica, leuco a mesocrático, granulação média a grossa, localmente porfiroblástica. PΥ1b – Ortognaisse de composição tonalítica, cinza esbranquiçado, médio a grosso, localmente porfiroblástico; foliação gnáissica e/ou cataclástica. Encraves de hornblenda-biotita-gnaisse e de gnaisse aluminoso.	D1, D2, D3 (?) Facies Anfibolito	Granitóides tipo I (MS), cálcio-alcalinos, meta a peraluminosos, pré-colisionais a fracionados do manto.	Rocha ornamental
	PΥ1c	449 ± 5 Ma.* (K/Ar em biotita)	PΥ1c – Ortognaisse de composição granítica, granatífero, cinza claro, médio a grosso, localmente porfiroblástico.		Granitóides tipo S(CR), cálcio-alcalinos, pré-colisionais.	
	PΥgl, PΥglt	732 Ma.* (Rb/Sr em rocha total)	PΥgl – Ortognaisse enderbítico a tonalítico, cinza escuro a esverdeado, médio a grosso, foliação incipiente a bem pronunciada. Predominância de ortognaisse tonalítico (PΥglt).	D1, D2 Facies Granulito	Granitóides tipo I (MS), cálcio-alcalinos, metaluminosos, pré-colisionais a fracionados do manto.	Água mineral
PROTEROZÓICO – COMPLEXO PARAÍBA DO SUL	Pps1, Pps1qt	756 Ma.* Rb/Sr em rocha total) 817 Ma.* (Rb/Sr em rocha total)	Pps1 – Grafita-sillimanita-cordierita-granada-biotita gnaisse cinza a cinza escuro, granulação média, bandado, dobrado, localmente migmatizado. Lentes de rocha calciossilicática. Raras lentes de anfibolito. Ocorrência restrita de quartzito (Pps1qt).	Dn, D1, D2, D3 Facies Anfibolito a Granulito	Seqüência deltáica e do talude superior a inferior.	Grafita
	Pps2, Pps2qtxt	676 Ma.* (Rb/Sr em rocha total) 559 Ma. (Rb/Sr em rocha total) 670 ± 10 Ma.a 458 ± Ma.* (K/Ar em biotita)	Pps2 – Sillimanita-biotita gnaisse granatífero e biotita-hornblenda-gnaisse cinza a cinza escuro, fino a médio, bandado, localmente migmatizado, com intercalações de anfibolito e rochas calciossilicáticas. Frequentes níveis de quartzito associados a sillimanita-biotita-gnaisse granatífero de aspecto xistoso (Pps2qtxt).		Seqüência plataformal com contribuição vulcânica.	Ouro; Quartzo; Areia

Dn = Bandamento pré-transposição; D1 = Foliação de transposição (regime tangencial); D2 = Dobramentos, transcorrência; D3 = Dobramentos abertos; * = Dados geocronológicos fora da área

Contato; Contato aproximado; Contato transicional; Falha transcorrente sinistral; Falha transcorrente dextral; Falha contracional de baixo ângulo; Falha aproximada

Fratura; Zona de cisalhamento transcorrente sinistral; Zona de cisalhamento transcorrente dextral; Fotolineamentos estruturais; Antiforme normal; Antiforme provável; Antiforme normal com caimento indicado

Antiforme provável com caimento indicado; Sinforme normal com caimento indicado; Sinforme provável com caimento indicado; Sinforme provável; Foliação com mergulho de valor medido; Foliação com mergulho indicado

Foliação vertical; Lineação b com caimento medido e indicação do sentido; Lineação b com caimento medido, indicação de sentido e de geração; Lineação de estiramento com caimento medido e indicação do sentido de tranporte; Dique

CIDADE; Vila; Povoado e outras localidades; Estrada pavimentada

Estrada sem pavimentação, tráfego permanente; Estrada sem pavimentação, tráfego periódico; Estrada de ferro; Mineraduto subterrâneo

Curso d'água permanente; Curso d'água periódico; Lagoa permanente

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

CARTA METALOGENÉTICA/PREVISIONAL
FOLHA PIÚMA

ESCALA 1: 100.000

PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR

1992

Base planimétrica processada por tecnologia digital. Dados disponíveis em arquivos magnéticos, armazenados no Sistema de Informações em Recursos Naturais – SIR.
Tratamento e processamento digital a cargo da Superintendência de Planejamento, Informática e Métodos – SUPLIM/CPRM.
Coordenação geral: Carlos Alfredo Guimarães da Vinha.
Controle técnico e manutenção: Gilberto da Vinha e João Batista V. Dias Junior.
Base cartográfica gerada a partir da redução das folhas SF.24-V-A-VI-1 – Matilde, SF.24-V-A-VI-2 – Alfredo Chaves, SF.24-V-A-VI-4 – Piúma, 1º ed., IBGE, 1978, e da folha SF.24-V-A-VI-3 – Rio Novo do Sul, 2º ed., 1º imp., IBGE, 1983, da escala 1:50.000 para 1:100.000.
Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 39° W.Gr., acrescidas as constantes: 10000km e 500km, respectivamente.
Datum horizontal: Córrego Alegre – MG.
Declinação magnética do centro da folha em 1992: 22°22'W. Cresce 8' anualmente.
Dados temáticos e atualização da base planimétrica foram transferidos pelos técnicos da SUREG/BH, responsáveis pelos trabalhos de campo, visualmente, a partir da interpretação de aerofotos e imagens de satélite.
Tratamento cartográfico dos elementos da base e do tema sob a responsabilidade do Centro de Cartografia – CECAR/CPRM.
Chefia: Célio Lima de Macedo.
Planejamento cartográfico geral: Célio Lima de Macedo e Milton Brand Baptista.
Preparo da base para digitalização: Manoel Leite de Sá.
Orientação e preparo dos originais de compilação: Alba Martinho Coelho.
Especificações e revisão da execução cartográfica: Wilhelm Petter de Freire Bernard, Marília Gomes dos Santos, Carlos Alberto da Silva Copolillo e Maria Luiza Poucinho.
Digitalização da base planimétrica: COMPLASA Computação e Planejamento S/A.

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

AFONSO CLÁUDIO SF.24-V-A-II	DOMINGOS MARTINS SF.24-V-A-III	SF.24-V-B-I
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM SF.24-V-A-V	PIÚMA SF.24-V-A-VI	SF.24-V-B-IV
SF.24-V-C-II	SF.24-V-C-III	—

CPRM

O Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, sob a coordenação geral de Inácio de Medeiros Delgado, é executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, desde setembro de 1985.
Coordenação na Superintendência Regional de Belo Horizonte: Atahualpa Valença Padilha.
Técnicos responsáveis por esta folha:
Metalogenia: Carlos Alberto Heineck e Nicola Signorelli.
Geoquímica: Cláudio José Marques de Souza e Adolfo Alves de Souza.
Geofísica: Edson Lopes Barreto
Cadastramento Mineral: Nicola Signorelli.
Para a compilação deste tema foi utilizado, como base, o mapa geológico desta folha.

Edição patrocinada por
GERES
Grupo Executivo para Recuperação Econômica do Estado do Espírito Santo